



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

**DISEÑO Y PLANIFICACIÓN DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DEL
CASERÍO EL MADRÓN Y DISEÑO DE PUENTE VEHICULAR SOBRE EL RÍO SAN JUAN DEL
CASERÍO XIMBAXUC II, DEL MUNICIPIO DE CHINIQUE DE LAS FLORES, EL QUICHÉ**

Luis Antonio Gallardo Mérida

Asesorado por el Ing. Luís Gregorio Alfaro Véliz

Guatemala, abril de 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

DISEÑO Y PLANIFICACIÓN DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DEL CASERÍO EL MADRÓN Y DISEÑO DE PUENTE VEHICULAR SOBRE EL RÍO SAN JUAN DEL CASERÍO XIMBAXUC II, DEL MUNICIPIO DE CHINIQUE DE LAS FLORES, EL QUICHÉ

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

LUIS ANTONIO GALLARDO MÉRIDA

ASESORADO POR ING. LUIS GREGORIO ALFARO VÉLIZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, ABRIL DE 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
VOCAL V	Br. Sergio Alejandro Donis Soto
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco
EXAMINADOR	Ing. Silvio Rodríguez Serrano
EXAMINADOR	Ing. Luís Gregorio Alfaro Véliz
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

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 Y PLANIFICACIÓN DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DEL CASERÍO EL MADRÓN Y DISEÑO DE PUENTE VEHICULAR SOBRE EL RÍO SAN JUAN DEL CASERÍO XIMBAXUC II, DEL MUNICIPIO DE CHINIQUE DE LAS FLORES, EL QUICHÉ

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 17 de abril del 2009.



Luis Antonio Gallardo Mérida



FACULTAD DE INGENIERÍA

UNIDAD DE EPS

Guatemala, 17 de mayo de 2012
Ref.EPS.DOC.735.05.12

Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña de Serrano
Directora Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimada Ingeniera Sarmiento Zeceña.

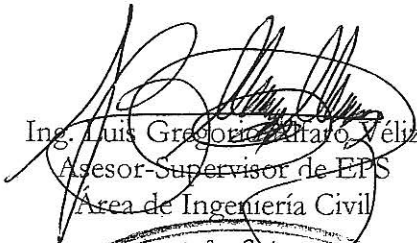
Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Luis Antonio Gallardo Mérida** de la Carrera de Ingeniería Civil, con carné No. **199720560**, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **"DISEÑO Y PLANIFICACIÓN DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DEL CASERÍO EL MADRÓN Y DISEÑO DE PUENTE VEHICULAR SOBRE EL RÍO SAN JUAN DEL CASERÍO XIMBAXUC II, DEL MUNICIPIO DE CHINIQUE DE LAS FLORES, EL QUICHÉ"**.

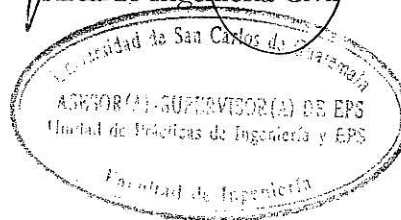
En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"


Ing. Luis Gregorio Alfaro Veliz
Asesor-Supervisor de EPS
Área de Ingeniería Civil



c.c. Archivo
LGAV/ra



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
www.ingenieria-usac.edu.gt



Guatemala,
4 de junio de 2012

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

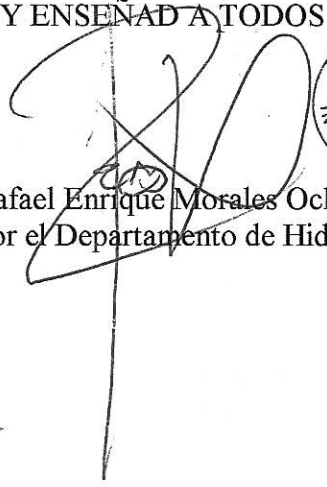
Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO Y PLANIFICACIÓN DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DEL CASERÍO EL MADRÓN Y DISEÑO DE PUENTE VEHICULAR SOBRE EL RÍO SAN JUAN DEL CASERÍO XIMBAXUC II, DEL MUNICIPIO DE CHINIQUE DE LAS FLORES, EL QUICHÉ,** desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Luis Antonio Gallardo Mérida, quien contó con la asesoría del Ing. Luis Gregorio Alfaro Véliz.

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 ENSEÑAR A TODOS


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



FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO
DE
HIDRAULICA
USAC

/bbdeb.



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

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

Universidad de San Carlos de Guatemala
FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela de Ingeniería Civil



Guatemala,
29 de octubre de 2012

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 Y PLANIFICACIÓN DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DEL CASERÍO EL MADRÓN Y DISEÑO DE PUENTE VEHICULAR SOBRE EL RÍO SAN JUAN DEL CASERÍO XIMBAXUC II, DEL MUNICIPIO DE CHINIQUE DE LAS FLORES, EL QUICHÉ**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Luis Antonio Gallardo Mérida, quien contó con la asesoría del Ing. Luis Gregorio Alfaro Véliz.

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

/bbdeb.

Mas de 134 años de Trabajo Académico y Mejora Continua





Guatemala, 31 de octubre de 2012
Ref.EPS.D.926.10.12

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 Y PLANIFICACIÓN DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DEL CASERÍO EL MADRÓN Y DISEÑO DE PUENTE VEHICULAR SOBRE EL RÍO SAN JUAN DEL CASERÍO XIMBAXUC II, DEL MUNICIPIO DE CHINIQUE DE LAS FLORES, EL QUICHÉ"** que fue desarrollado por el estudiante universitario **Luis Antonio Gallardo Mérida**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ing. Luis Gregorio Alfaro Véliz.

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"Id y Enseñad a Todos"

Inga. Sigris Ariza Calderón de León
Directora Unidad de EPS



SACdL/ra



USAC
TRICENTENARIA
 Universidad de San Carlos de Guatemala

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

Universidad de San Carlos de Guatemala
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 Escuela de Ingeniería Civil



El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Luis Gregorio Alfaro Véliz y de la Coordinadora de E.P.S. Inga. Sigrid Alitza Calderón de León De de León, al trabajo de graduación del estudiante Luis Antonio Gallardo Mérida, titulado DISEÑO Y PLANIFICACIÓN DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DEL CASERÍO EL MADRÓN Y DISEÑO DE PUENTE VEHICULAR SOBRE EL RÍO SAN JUAN DEL CASERÍO XIMBAXUC II, DEL MUNICIPIO DE CHINIQUE DE LAS FLORES, EL QUICHÉ, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

[Handwritten signature]
 Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, abril 2013

/bbdeb.

Mas de 134 años de Trabajo Académico y Mejora Continua



Universidad de San Carlos
de Guatemala

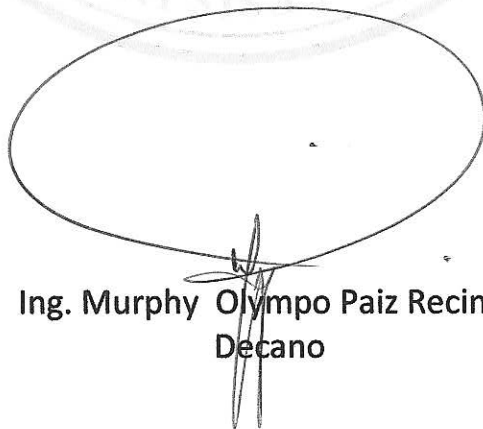


Facultad de Ingeniería
Decanato

DTG. 290.2013

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 Y PLANIFICACIÓN DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DEL CASERÍO EL MADRÓN Y DISEÑO DE PUENTE VEHICULAR SOBRE EL RÍO SAN JUAN DEL CASERÍO XIMBAXUC II, DEL MUNICIPIO DE CHINIQUE DE LAS FLORES, EL QUICHÉ,** presentado por el estudiante universitario **Luis Antonio Gallardo Mérida,** autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Decano

Guatemala, 23 de abril de 2013

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

Jesucristo	Por el amor, luz de este mundo.
Mis padres	José Luíz Gallardo y Ethelvina Mérida. Sea este logro una recompensa a sus sacrificios y esfuerzos.
Mi abuelo	Víctor Manuel Mérida (q.e.p.d.). Por su cariño e instrucción durante mi infancia.
Mi esposa	Blanca Magali Portillo. Por su apoyo para la elaboración de este trabajo de graduación.
Mis hijos	Dana, Julián y Alejandro Gallardo. Con ternura en la voz. Es el carácter y no las circunstancias, las que definen a un hombre.
Mis hermanos	Alberto, Marisela, Ana Lucía, Didier, Miguel, Estuardo y Elmer Gallardo (q.e.p.d.). <i>In memoriam</i> . En el amor fraterno, una exhortación a alcanzar sus sueños.
Mis sobrinos	Ismar, José, Junior, Maricela y Fernanda Granados. Examínenlo todo, retengan lo bueno.

AGRADECIMIENTOS A:

Jehová creador del universo	Por ser mi sustento, refugio y fortaleza para alcanzar en las condiciones más adversas este logro.
La Universidad de San Carlos de Guatemala	Alma mater y casa de aprendizaje para mi formación académica.
Facultad de Ingeniería	Por ser mi casa de sueños y descubrimiento.
Mi asesor	Ingeniero Luís Alfaro Véliz, por su apoyo incondicional en este proceso de graduación.
Ingeniero civil, compañero y amigo	Marvin Antonio López y esposa. Por el apoyo y motivación en la elaboración de este trabajo.
Licenciado en ciencias jurídicas y sociales	Gustavo Eduardo Díaz Hernández. Por el soporte con métodos rudimentarios.
Las familias Guzmán de León y López Rodríguez	Por acogerme como uno de los suyos, como muestra de mi respeto y especial aprecio.
Al pueblo de Coatepeque	Terruño que me vio nacer y hoy me ve triunfar.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS.....	IX
GLOSARIO.....	XI
RESUMEN.....	XV
OBJETIVOS.....	XVII
INTRODUCCIÓN.....	XIX
1. FASE DE INVESTIGACIÓN.....	1
1.1. Monografía del lugar.....	1
1.1.1. Origen del nombre.....	1
1.1.2. Ubicación y localización.....	1
1.1.3. Extensión territorial.....	2
1.1.4. Población.....	2
1.1.5. Clima.....	2
1.1.6. Hidrografía.....	3
1.1.7. Orografía.....	3
1.1.8. Vías de acceso.....	4
1.2. Marco económico.....	5
1.2.1. Producción agrícola.....	5
1.2.2. Producción pecuaria.....	6
1.2.3. Cobertura forestal.....	6
1.2.4. Servicios básicos.....	7
1.2.5. Artesanías.....	8
1.2.6. Agroindustria.....	9
1.2.7. Instituciones con presencia en el municipio.....	9

1.3.	Investigación diagnóstica sobre las necesidades de servicios básicos de infraestructura en las comunidades de caserío El Madrón y caserío Ximbaxuc II, del municipio de Chinique de las Flores, Quiché	9
1.3.1.	Descripción y priorización de las necesidades de la comunidad del caserío El Madrón.....	10
1.3.2.	Descripción y priorización de las necesidades de la comunidad del caserío Ximbaxuc II	10
2.	SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL	11
2.1.	Diseño y planificación del sistema de abastecimiento de agua potable del caserío El Madrón del municipio de Chinique de las Flores, Quiché	11
2.1.1.	Determinación de la fuente	11
2.1.2.	Aforo de las fuentes.....	12
2.1.3.	Calidad del agua.....	15
2.1.3.1.	Examen bacteriológico	16
2.1.3.2.	Examen físico-químico sanitario	16
2.1.4.	Condiciones de los terrenos, derechos de paso	17
2.1.5.	Levantamiento topográfico	17
2.1.5.1.	Planimetría	17
2.1.5.2.	Altimetría	18
2.1.5.3.	Medición de distancias horizontales	18
2.1.5.4.	Dibujo topográfico.....	18
2.1.6.	Diseño hidráulico	19
2.1.6.1.	Período de diseño	19
2.1.6.2.	Crecimiento de la población.....	20
2.1.6.3.	Dotación de agua	21

2.1.6.4.	Caudales de diseño	22
2.1.7.	Obras de captación	25
2.1.8.	Línea de conducción	25
2.1.9.	Caja distribuidora de caudales	30
2.1.10.	Tanque de distribución	31
2.1.10.1.	Determinación del volumen	32
2.1.10.2.	Diseño estructural del tanque	32
2.1.11.	Sistema de desinfección	37
2.1.12.	Líneas de distribución	39
2.1.13.	Diseño de red	40
2.1.14.	Obras de arte	45
2.1.14.1.	Cajas rompepresión	45
2.1.14.2.	Válvulas liberadoras de aire	45
2.1.14.3.	Válvulas de limpieza	45
2.1.15.	Conexiones domiciliarias	45
2.1.16.	Tipo de tubería y recomendaciones	46
2.1.17.	Programa de operación y mantenimiento	46
2.1.17.1.	Operación y mantenimiento de captaciones	47
2.1.17.2.	Operación y mantenimiento de la caja reunidora de caudales	48
2.1.17.3.	Operación y mantenimiento de la línea de conducción de agua	48
2.1.17.4.	Operación y mantenimiento del tanque de almacenamiento de agua	50
2.1.17.5.	Operación y mantenimiento de la red de distribución	51
2.1.18.	Vulnerabilidad y riesgo	51

2.1.18.1.	Concepto de riesgo	51
2.1.18.2.	Aplicación de la gestión de riesgos a los sistemas de abastecimiento de agua.....	54
2.1.19.	Estudio de evaluación de impacto ambiental	55
2.1.19.1.	Impacto ambiental en sistemas de agua potable.....	56
2.1.19.2.	Evaluación de impacto ambiental	57
2.1.19.3.	Responsables de la ejecución de las medidas de mitigación	60
2.1.19.4.	Plan de gestión ambiental	61
2.1.20.	Integración de costos y presupuesto	61
2.2.	Diseño de puente vehicular sobre el río San Juan del caserío Ximbaxuc II del municipio de Chinique de las flores, Quiché.....	63
2.2.1.	Descripción del proyecto	63
2.2.2.	Estudio hidrológico	63
2.2.2.1.	Crecientes	64
2.2.2.2.	Cálculo del caudal máximo	66
2.2.3.	Levantamiento topográfico	67
2.2.4.	Estudio de suelo	67
2.2.5.	Descripción de la alternativa propuesta	68
2.2.6.	Datos y base de diseño	68
2.2.7.	Diseño de la superestructura	69
2.2.7.1.	Geometría de la superestructura	69
2.2.7.2.	Diseño de losa.....	75
2.2.7.3.	Diseño de la acera.....	83
2.2.7.4.	Diseño de vigas	86
2.2.7.5.	Diseño de diafragmas	99

2.2.8.	Diseño de la subestructura	102
2.2.8.1.	Diseño de la cortina	102
2.2.8.2.	Diseño de la viga de apoyo	107
2.2.8.3.	Diseño de estribo	113
2.2.9.	Presupuesto.....	121
2.2.10.	Estudio de evaluación de impacto ambiental	123
2.2.10.1.	Especies amenazadas, endémicas o en peligro de extinción.....	125
2.2.10.2.	Acciones del proyecto	126
2.2.10.3.	Identificación y valoración de impactos ambientales	126
2.2.10.4.	Medidas de mitigación	128
2.2.10.5.	Responsables de la ejecución de las medidas de mitigación	131
2.2.10.6.	Plan de gestión ambiental	132
2.2.10.7.	Análisis de vulnerabilidad y riesgo .	132
CONCLUSIONES		135
RECOMENDACIONES.....		137
BIBLIOGRAFÍA.....		139
APÉNDICES.....		141
ANEXOS		159

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Ubicación geográfica de la sierra del Chuacús.....	4
2.	Diagrama de vertedero triangular	31
3.	Distribución de pesos para el muro del tanque de distribución	33
4.	Área de sección del río	65
5.	Propuesta de la superestructura	69
6.	Geometría de la baranda	72
7.	Geometría final de la superestructura	75
8.	Sobrecarga del camión Standard H-15-44	77
9.	Diagrama de posición de cargas para obtener momentos máximos	87
10.	Diagrama de cargas para obtener momentos máximos	88
11.	Diagrama de cargas para obtener momentos a L/4 del apoyo	89
12.	Diagrama de carga muerta.....	91
13.	Detalle de armado al centro de la viga	93
14.	Diagrama de posición de cargas que producen corte máximo	95
15.	Diagrama de posición de cargas para corte a L/4 del apoyo	95
16.	Diagrama de corte real.....	97
17.	Diagrama de corte de diseño	98
18.	Refuerzo de diafragmas	101
19.	Geometría de la cortina y viga de apoyo.....	102
20.	Diagrama de presiones	103
21.	Diagrama de localización de cargas de corte y momento	108
22.	Detalle de armado de cortina y viga de apoyo	109

23.	Diagrama y geometría del estribo	113
24.	Relación de triángulos para obtener la Cota de Cimentación	114

TABLAS

I.	Hogares según condición de tenencia de vivienda	8
II.	Poblaciones anuales del caserío El Madrón	20
III.	Diseño hidráulico de la línea de conducción	30
IV.	Diseño hidráulico de la línea de distribución. Eje central	41
V.	Diseño hidráulico de la línea de distribución. Ramales	42
VI.	Medio físico, cambios y valoración del proyecto de sistema	
	de abastecimiento de agua del caserío El Madrón	56
VII.	Impacto al ambiente y valoración	58
VIII.	Responsables de las medidas de mitigación	60
IX.	Integración de costos.....	62
X.	Cálculo de momento de volteo	115
XI.	Cálculo del momento estabilizante	116
XII.	Cálculo de momento de volteo sentido horizontal.....	120
XIII.	Resumen del presupuesto del puente vehicular	122
XIV.	Flora predominante en el área del proyecto.....	123
XV.	Fauna existente en el área del proyecto	124
XVI.	Medio físico, cambios y valoración	127
XVII.	Impactos al ambiente y valoración.....	128
XVIII.	Responsables de la ejecución de las medidas de mitigación.....	131

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
Qm	Caudal medio
Qt	Caudal total
CP	Cota piezométrica
<i>dc</i>	Demanda de cloro
Φ	Diámetro
<i>E</i>	Empuje de la tierra
<i>e</i>	Excentricidad
S	Luz eficaz entre vigas
L	Luz libre entre vigas
m	Metro
m.c.a.	Metros columna de agua
Mcm	Momento por carga muerta
Mcv	Momento por carga viva
mm	Milímetro
Mt	Momento total
Mu	Momento último
<i>d</i>	Peralte
Hf	Pérdida de carga por fricción

γ	Peso específico del agua
P	Presión
R	Radio hidráulico
R_A	Reacción en el apoyo A
R_B	Reacción en el apoyo B
F_y	Resistencia del acero
f'_c	Resistencia del concreto
Σ	Sumatoria de fuerzas o momentos
H-15-44	Sobrecarga de camión estándar
t	Espesor de losa
V	Corte, velocidad
V_{rc}	Corte nominal del concreto
V_s	Valor soporte del suelo
W_c	Peso del concreto armado
W_{cc}	Peso del concreto ciclópeo

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	Medición del volumen de agua que lleva una corriente por unidad de tiempo.
Agua potable	Agua que es sanitariamente segura y agradable a los sentidos.
Caudal	Volumen de agua que pasa por unidad de tiempo.
Conducción	Infraestructura utilizada para conducir el agua desde la fuente al tanque de distribución.
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	Unidades usadas para evitar la deformación de vigas en la superestructura.
Ec	Ecuación.
Empuje	Fuerza ejercida por el suelo a la estructura.
EQ	Fuerza de sismo.
EPS	Ejercicio Profesional Supervisado.
Estribo	Muro que soporta a la superestructura y transmite su peso al suelo.
FC	Flujo de cloro.
FH	Fuerza horizontal.
FL	Fuerza longitudinal.
Fuerza de sismo	Carga que es inducida por un sismo y que provoca esfuerzos en la subestructura.
Impacto	Carga provocada por el impacto del camión estandarizado sobre la superestructura.

Losa	Elemento estructural, plano que soporta directamente las cargas y las transmite a diferentes apoyos.
Pérdida de carga	Disminución de presión dinámica debido a la fricción que existe entre el agua y las paredes de la tubería.
Presión	Fuerza o carga por unidad de área.
PPM	Partículas por millón.
Puente	Estructura que permite pasar el tráfico de un punto a otro, a través de cualquier interrupción.
QMD	Caudal máximo diario.
QMH	Caudal máximo horario.
Sobrecarga	Carga adicional a la aplicada, 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, diseñados para soportar las cargas de tráfico y transmitir las a la subestructura.
V_{máx}	Corte máximo.

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 Chinique, Quiché, específicamente en las comunidades El Madrón y Ximbaxuc II, de dicho municipio.

Para el efecto se desarrollarán dos proyectos, siendo estos:

- Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable del caserío El Madrón:

El sistema está constituido por 4 688 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.

- Diseño del puente vehicular sobre el río San Juan del Caserío Ximbaxuc:

Se presenta el diseño de un puente vehicular, de una vía, de 18 metros de largo por 3,4 metros de ancho útil para soportar la carga de un H-15-44. 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.

OBJETIVOS

General

Desarrollar una investigación monográfica del municipio de Chinique y realizar una investigación diagnóstica sobre las necesidades de servicios básicos e infraestructura de las comunidades beneficiadas, para la realización del trabajo de graduación en la modalidad de EPS de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Específicos

1. Diseñar y planificar el sistema de abastecimiento de agua potable del caserío El Madrón del municipio de Chinique de las Flores, Quiché.
2. Diseñar el puente vehicular sobre el río San Juan del caserío Ximbaxuc II del municipio de Chinique de las Flores, Quiché.

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 Chinique de las Flores, 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 Chinique de las Flores, se encuentra integrado por 27 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 y planificación del sistema de abastecimiento de agua potable del caserío El Madrón y diseño de puente vehicular sobre el río San Juan del caserío Ximbaxuc II, del municipio de Chinique de las flores, Quiché.

El caserío El Madrón es una comunidad Maya – Quiché, se encuentra ubicada a 4 kilómetros de la cabecera municipal de Chinique, contando con una población de 152 habitantes. Esta comunidad no posee sistemas sanitarios: no cuenta con un sistema de abastecimiento de agua potable, por lo que algunas familias tienen que recolectar el agua desde un arroyo cercano sin ningún tratamiento de desinfección. Esta comunidad, ha estado solicitando una solución a sus deficiencias sanitarias y se pretende, con este trabajo, realizar el diseño y planificación del sistema de abastecimiento de agua potable.

El caserío Ximbaxuc II se encuentra ubicado a 7 kilómetros del centro urbano de Chinique, tiene una población de 462 habitantes. En un 80% indígena Mayas – Quichés y el resto son ladinos. Esta comunidad tiene un camino vecinal con un paso aéreo de madera, por lo cual, resulta difícil la extracción de sus productos. En la estación de invierno es imposible el acceso, por lo que se pretende realizar el diseño del puente vehicular que les permita extraer sus productos agrícolas, así como, mejorar la movilización individual y colectiva.

Por lo anteriormente expuesto, se pretende con el diseño y planificación de dichos proyectos, mejorar las condiciones de vida y contribuir al desarrollo de estas comunidades rurales. En los cálculos realizados, se aplicaron criterios establecidos en 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.

1. FASE DE INVESTIGACIÓN

En esta fase, se caracteriza el contexto físico, el marco económico y social; se determina por medio de priorización los proyectos de infraestructura de las comunidades a beneficiar.

1.1. Monografía del lugar

Para lograr una caracterización del municipio de Chinique de las Flores; a continuación, se enumera una recopilación de datos de las condiciones generales del municipio.

1.1.1. Origen del nombre

Chinique proviene de la palabra “chinic”, nombre con el cual fue conocido este municipio en la época colonial, dicho vocablo proviene del nombre *chinic´aj taka´aj*, que en lengua quiché significa “en medio de los planes”. El territorio que ocupa el municipio de Chinique, estuvo ocupado en el período prehispánico por un pueblo al que los quichés llamaron *quejnay* (gente que cazaba venados).

1.1.2. Ubicación y localización

Chinique de las Flores, es un municipio del departamento del Quiché, el cual se encuentra ubicado en la región noroccidental del país, sobre las montañas de la sierra de Chuacús en el altiplano guatemalteco.

Se encuentra localizado en coordenadas sexagesimales (15°02'28" norte, 91°01'37" oeste) y coordenadas decimales 15,04111 metros y -91,026944 metros. El municipio de Chinique delimita al norte con el municipio San Andrés Sacabajá; al sur con el municipio de Santo Tomás Chiché, al este con el municipio de Zacualpa y al oeste con la cabecera departamental del Quiché.

1.1.3. Extensión territorial

El municipio de Chinique posee una extensión territorial de 41 kilómetros cuadrados de superficie de superficie. El área está compuesta por diversos usos del suelo, como tierras urbanas, agrícolas y forestales.

1.1.4. Población

El Instituto Nacional de Estadística, ha proyectado que el municipio de Chinique posee una población, al 31 de diciembre del 2002 de 11 867 habitantes, de los cuales el 48,33%, son de género femenino y el 51,67% son de género masculino.

1.1.5. Clima

El clima del municipio es templado y en las partes altas, donde las lluvias son más constantes, su clima tiende a ser frío. Los meses lluviosos o época de invierno abarcan desde mayo hasta noviembre, siendo las precipitaciones medias mensuales superiores a los 1 600 milímetros hasta 1 800 milímetros, la canícula se observa durante el mes de julio, cuando ocurre una reducción en la cantidad de lluvia. Durante estos meses, los procesos hídricos corresponden a la recarga de los acuíferos por infiltración hacía el manto freático.

Aunque en los últimos 2 años, no se han marcado las canículas definitivamente y las lluvias son 15% más abundantes, por efectos del cambio climático. Conforme a los datos proporcionados por la estación meteorológica, la precipitación promedio para el 2005 (por efectos de la tormenta Stan) fue de 2 500 a más de 3 000 milímetros de lluvia, lo cual rebasó la capacidad de los suelos del municipio de Chinique para absorber agua, generando escorrentías superficiales con alto impacto a la producción y desborde de ríos.

La lluvia es un factor importante en las características del clima predominante en el área. Por lo que se constituye un factor importante para la recarga hídrica anual de los mantos acuíferos aprovechables.

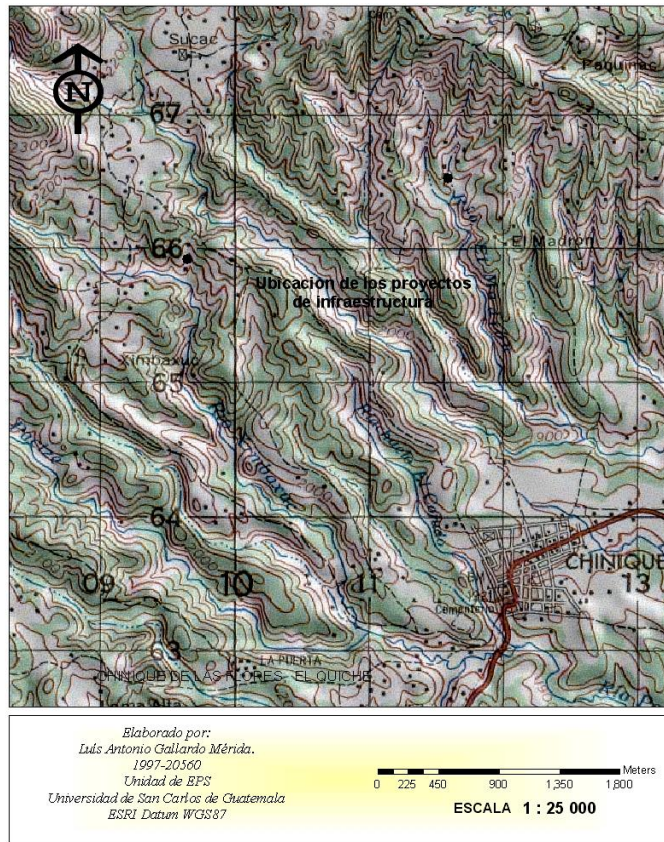
1.1.6. Hidrografía

Chinique de las Flores, está rodeado por doce ríos, de acuerdo con la información contenida en el Diccionario Geográfico de Guatemala, los ríos que pertenecen a Chinique, son: Cacabal, Camacutz, Cojoztz, Cucabaj, Durazno, Madrón, Pactzé, Sacaj, Tapesquillo, Tuluché, Tupilaj Ximbaxuc y Xola. Los cuales todos pertenecen a la cuenca del Motagua, algunos de estos ríos son caudales de corriente de invierno. Respecto a cuencas hidrográficas, la única cuenca con la que cuenta el municipio son los ríos que abastecen el Motagua.

1.1.7. Orografía

El municipio de Chinique, pertenece a las tierras altas cristalinas de la sierra del Chuacús, con montañas bajas y colinas fuertemente escarpadas. Este valle está rodeado al oeste por una baja cadena de montañas y al este por profundas precipitaciones, caracterizados por frecuentes hondonadas.

Figura 1. **Ubicación geográfica de la sierra del Chuacús**



25.

Fuente: elaboración propia, en ArcGIS 9.3x[®] con información de ESRI Datum WGS87[®]

1.1.8. **Vías de acceso**

El municipio de Chinique, cuenta con una carretera asfaltada en buen estado, tiene una distancia de 18 kilómetros hacia la cabecera departamental de Santa Cruz del Quiché, esta comunica a los municipios de Joyabaj, Zacualpa, Santo Tomás Chiché y propiamente, con la cabecera departamental Santa Cruz del Quiché.

El transporte hacia la cabecera es regular y eficiente. Chinique, cuenta además con caminos de terracería para comunicarse con sus comunidades, pero el transporte a este nivel no es regular.

1.2. Marco económico

En el marco económico, la mayoría de los habitantes se dedican a la agricultura tradicional, como la siembra de maíz, papa, haba, hortalizas y otros; así como, a la transacción de los granos básicos todos los días de la semana, principalmente los días jueves y domingos de cada semana, donde se inicia desde muy temprano la plaza del municipio, asistiendo vecinos de la localidad y comerciantes de varios lugares como personas de los alrededores de otras aldeas.

1.2.1. Producción agrícola

La mayor parte de las tierras que comprende el municipio de Chinique son de propiedad privada, algunas personas son arrendadoras. Según los datos reportados por el III Censo Nacional Agropecuario de 1979, la mayor parte de las tierras ocupadas, tenían una extensión de 1 a 7 hectáreas. Los habitantes del municipio, conservan de 1 a 7 hectáreas por familia, de estos el 98% es propietario y el 2% es beneficiario o arrendador.

La economía del municipio, se basa en la agricultura, destacándose principalmente, los cultivos de maíz y frijol en asocio. Sembrando un área aproximada de 673 hectáreas, obteniendo una producción promedio de 48 quintales de maíz por hectárea y 12 quintales de frijol por hectárea.

Respecto a los cultivos secundarios, se producen: papa, repollo, coliflor y hierbas en general, aguacate, durazno y cítricos; obteniéndose abono de los mismos subproductos que no reciben un manejo adecuado, los cuales son desechados en la misma área de producción.

Debido a la falta de asistencia técnica del agricultor, aplican una tecnología tradicional y deficiente, proporcionando niveles bajos de producción de los cultivos. Respecto al calendario agrícola, este se encuadra en la época de invierno y la fuerza de trabajo empleada para las diversas actividades agrícolas se conforma por el núcleo familiar.

1.2.2. Producción pecuaria

En este aspecto, las principales especies que se encuentran en mayor proporción son las aves, en relación con las otras especies siendo la única que se emplea para la venta y consumo, lo que les genera un ingreso monetario a los propietarios. La mayoría de las familias, poseen un promedio de 6 a 10 aves, aplican la profilaxis que consiste, únicamente, en vacunación preventiva, practicándose en un 40% de parte de la población y son alimentados generalmente con maíz, generando un gasto de 0,35 quintales de maíz por ave por año.

1.2.3. Cobertura forestal

El municipio de Chinique cuenta con bosques comunales y municipales, pero con poca cobertura boscosa, los cuales, solamente se encuentran en una manera de conservación sin poseer planes de manejo. Se han realizado algunas acciones para inscribirlos a incentivos forestales, para generar ingresos al municipio, sin llegar a concretizarse.

La conservación de la cobertura forestal es de suma importancia para la recarga hídrica y la conservación de manantiales, fuentes de los sistemas de abastecimiento de agua.

1.2.4. Servicios básicos

En el casco urbano los servicios básicos con que cuenta la población son: energía eléctrica, agua potable, transporte público, centros educativos, teléfonos domiciliarios y templos religiosos.

- Energía eléctrica: sólo 4 comunidades no tienen energía eléctrica en todo el municipio y sólo el área urbana tiene alumbrado público.
- Agua potable: el 85% de los pobladores del municipio de Chinique cuentan con el vital líquido.
- Drenajes: hasta el momento sólo el área urbana y dos comunidades cuentan con drenajes municipales.
- Teléfono: sólo en el área urbana se tienen líneas telefónicas, pero la señal para celulares Claro® y Tigo® es muy buena; logrando que, en la mayoría de comunidades, cuenten con servicio telefónico celular.
- Otros servicios: se cuenta con servicio de correo a todo el municipio y aldeas, teléfonos comunitarios, teléfonos domiciliarios, públicos, servicio de celulares y domiciliarios en algunas aldeas; en la cabecera municipal, se cuenta con una Oficina Forestal Municipal, como también, con un bufete jurídico.

Existe una estación de Policía Nacional Civil, la cual mantiene servicio de vigilancia todos los días en la cabecera municipal y frecuentando las distintas aldeas.

Tabla I. **Hogares según condición de tenencia de vivienda en porcentajes**

Dato	En propiedad	En alquiler	Otra condición
658 viviendas	593	65	0
Porcentaje	90,1	9,9	0

Fuente: elaboración propia, con datos de la OMP de la Municipalidad de Chinique.

En el caso de los proyectos diseñados en este documento, la condición de tenencia de vivienda es importante, porque incide directamente en el éxito del proyecto, ya que al haber tenencia de terreno para la construcción de una vivienda, un proyecto de construcción de puente vehicular puede satisfacer dicha necesidad de comunicación vial, así como, el abastecimiento de agua.

1.2.5. Artesanías

Esta actividad, es desarrollada tanto en el área urbana como en la rural, en la cual se dedican los pobladores a la producción de: muebles de madera y cohetería. Se tiene en total 4 carpinterías, en donde se elaboran muebles de madera con las especies de pino; la más utilizada en esta área. Estos productos son comprados por lugareños del municipio para satisfacer sus necesidades y en algunos casos, son exportados a otros departamentos como Chimaltenango y Totonicapán.

1.2.6. Agroindustria

El municipio cuenta con recursos naturales como materia prima, sin embargo, no existen los mecanismos para la promoción de la agroindustria, como el aprovechamiento de terrenos particulares para la producción de derivados de la madera. Entre las especies comerciales, están el pino en variedades como el blanco y colorado empleado para la elaboración de muebles y la construcción de viviendas.

1.2.7. Instituciones con presencia en el municipio

Se cuenta con varias instituciones gubernamentales y no gubernamentales (ONG) que contribuyen al desarrollo y protección de este municipio; entre las gubernamentales están la Supervisión de Educación, el Juzgado de Paz, CONALFA, Policía Nacional Civil, Centro de Salud, MAGA, MARN, FONAPAZ, FIS; entre las no gubernamentales tienen apoyo de Médicos Descalzos, Bomberos Voluntarios y Oficina de Correos.

1.3. Investigación diagnóstica sobre las necesidades de servicios básicos de infraestructura en las comunidades de Caserío El Madrón y Caserío Ximbaxuc II, del municipio de Chinique de las Flores, Quiché

De acuerdo con la investigación realizada, por medio de encuestas y validación con las autoridades comunitarias a través de la municipalidad; las prioridades de las respectivas comunidades son:

1.3.1. Descripción y priorización de las necesidades de la comunidad del caserío El Madrón

Se estimó que el 90% de los hogares del casco urbano de Chinique tienen acceso al agua potable conectada directamente a la vivienda. Aunque la cobertura del servicio es alta, el servicio tiene dificultades, ya que en las partes altas se escasea el líquido; en otros lugares no existe dicho servicio, teniendo que hacer uso de fuentes inapropiadas.

En el caso del área rural solamente el 40% de la población tiene acceso al agua entubada creando un contraste con el casco urbano, teniendo que abastecerse de riachuelos, es decir, agua sin tratar.

El déficit resultante conlleva repercusiones en la salud y las condiciones de saneamiento ambiental que rodean a las comunidades, afectando principalmente a la población infantil, con enfermedades parasitarias que son la principal causa de mortalidad infantil en Guatemala.

1.3.2. Descripción y priorización de las necesidades de la comunidad del caserío Ximbaxuc II

Se sabe que el 85% de las carreteras de terracería y caminos de herradura, se encuentran en un estado de regular a malo. Es de hacer notar que la mayoría de aldeas cuentan con caminos de acceso, por ende existe la necesidad de construir puentes. Estas condiciones perjudican en gran medida a los pobladores del área rural, limitándolos al uso de los servicios públicos que se tienen en el casco urbano, así como, la convergencia comercial.

2. SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL

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 y planificación del sistema de abastecimiento de agua potable del caserío El Madrón del municipio de Chinique de las Flores, Quiché

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

2.1.1. Determinación de la fuente

El caserío El Madrón, 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. Se debe considerar la necesidad de conservar la cobertura forestal en esta zona y la búsqueda de alternativas para reducir la presión sobre los recursos naturales y lograr mantener el caudal que proporcionan las fuentes.

Una de las fuentes disponibles, que será llamada fuente 1, se encuentra a 6 kilómetros del caserío. Esta fuente se encuentra 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.

La decisión que se tomó al escoger esta fuente, se basó en que la población a beneficiar se encuentra a un nivel topográfico más bajo respecto al resto del mismo; además, la última vivienda que será beneficiada se encuentra a una distancia aceptable de la fuente, por tanto, la fuente 1 cumple con los niveles topográficos necesarios y el caudal tiene capacidad para abastecer al total de las viviendas que se encuentran a niveles topográficos más bajos respecto a otras fuentes.

Otra fuente que será analizada, será llamada fuente 2. Esta fuente se encuentra más cercana a la comunidad, aproximadamente 900 metros de la misma. Esta fuente, a pesar de la cercanía con la comunidad, se encuentra dentro de un terreno privado. La fuente posee abundante vegetación que permite la protección a la misma. Existe la inconveniencia de la falta de consenso con el propietario, además, el caudal que produce no es suficiente para toda la comunidad. Sin embargo, esta podría utilizarse en ampliaciones futuras.

2.1.2. Aforo de las fuentes

El aforo fue realizado en compañía del técnico de la OMP de la municipalidad de Chinique, Quiché. Los datos obtenidos se presentan a continuación:

La visita a la fuente 1 de El Madrón, fue hecha el día 14 de marzo de 2008; se procedió a realizar dos aforos para determinar un caudal promedio entre los dos aforos, los resultados de los aforos son los siguientes:

Fuente 1, aforo 1

Aforo No. 1 hora 11:30 AM

Lugar: fuente 1 montaña El Madrón.

Volumen tiempo (s)

Recipiente de 5 GAL, o 18,92 l

Tiempo promedio (segundos) 57

Caudal promedio (l/s) 0,33

Caudal promedio (GPM) 5,23

Fuente 1, aforo 2

Aforo No. 2 hora 12:00 AM

Lugar: fuente 1 montaña El Madrón

Volumen tiempo (s)

Recipiente de 5 GAL, o 18,9 L 55

Tiempo promedio (segundos) 51

Caudal promedio (l/s) 0,37

Caudal promedio (GPM) 5,86

Por tanto, entre los dos aforos en la fuente 1 proporcionan un caudal promedio de 0,35 litros por segundo.

El aforo a la fuente 2, fue realizado el día 15 de marzo de 2008; se procedió a realizar dos aforos para determinar un caudal promedio. Los resultados fueron los siguientes:

Fuente 2, aforo 1

Aforo No. 1 hora 2:30 PM

Lugar: fuente 2, El Madrón

Volumen tiempo (s)

Recipiente de 5 galones, o 18,92 litros

Tiempo promedio (segundos) 63

Caudal promedio (l/s) 0,29

Caudal promedio (GPM) 4,76

Fuente 2, aforo 2

Aforo No. 2 hora 3:50 PM

Lugar: fuente 2, El Madrón

Volumen tiempo (s)

Recipiente de 5 galones o 18,92 litros

Tiempo promedio (segundos) 63

Caudal promedio (l/s) 0,29

Caudal promedio (GPM) 5,86

Caudal promedio (l/s) 0,31

Por tanto, entre los dos aforos en la fuente 2 proporcionan un caudal promedio de 0,30 litros por segundo.

El caudal total de los dos nacimientos es de 0,65 litros por segundo, pero se tomará solamente uno. Los resultados proporcionados dan un porcentaje de confiabilidad alto, debido a que fueron realizados en época de estiaje.

2.1.3. Calidad del agua

Los exámenes que se practicaron a las fuentes estuvieron a cargo del centro de salud del municipio de Chinique, las cuales fueron solicitadas a inicio del mes de abril y cuyos resultados son presentados en el apéndice.

Fuente 1:

- Color: claro.
- Aspecto: incoloro.
- Investigación del grupo coliformes: número de coliformes: 0; número de coliformes por cada 100 ml: 0; tiempo de incubación: 24 horas.
- Observaciones: agua al momento de su análisis sin cloro residual, agua apta para el consumo humano.

Se recomienda mantener vigilado el sistema de agua y realizar desinfecciones cada tres meses; promover la educación sobre estos sistemas.

Fuente 2:

- Color: claro.
- Aspecto: incoloro.
- Investigación del grupo coliformes: número de coliformes: 12; número de coliformes por cada 100 ml: 12; tiempo de incubación: 24 horas.
- Observaciones: agua al momento de su análisis sin cloro residual.

Se determina que el agua es apta para el consumo humano. Se recomienda educar a la población para que hierva o clore el agua para el consumo humano; mantener vigilado el sistema de abastecimiento de agua y realizar desinfecciones cada tres meses.

2.1.3.1. Examen bacteriológico

Proporciona el grado de contaminación, por medio de la cantidad de coliformes que se encuentran en el agua. El resultado del examen bacteriológico, indica que el agua no es potable, según la Norma COGUANOR NGO 29001.

2.1.3.2. Examen físico-químico sanitario

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 El Madrón (ver apéndice).

La calidad físico-química del agua es aceptable para consumo humano en la mayoría de parámetros. La dureza está determinada por los carbonatos de calcio en su mayoría. Las aguas de pozo o de mantos instalados en áreas calcáreas, presentan una concentración alta de carbonatos de calcio, esta condición no afecta el consumo humano.

2.1.4. Condiciones de los terrenos, derechos de paso

Los derechos de paso, obtenidos para que todo el sistema de agua potable esté ya acordado entre la comunidad y los dueños correspondientes de los terrenos por los cuales atravesará el mismo. Son dos los dueños que permitieron el paso del sistema, el primero corresponde al propietario de la finca que permite que la línea de conducción llegue hasta el terreno del segundo propietario; además, la fuente 1 se encuentra dentro de la finca, que fue cedida por el propietario.

El segundo propietario, corresponde al terreno que se encuentra más cercano al caserío y es el último terreno por el cual la línea atravesará hasta llegar al tanque de distribución y luego al caserío.

2.1.5. Levantamiento topográfico

Debido a que las viviendas del caserío se encuentran dispersas, a la topografía del terreno y por tratarse de un estudio para un acueducto rural, fue necesario realizar el levantamiento topográfico por poligonal abierta. Asimismo, se realizó un levantamiento comparativo con el uso del sistema de geoposicionamiento global con receptor tipo Garmin®.

2.1.5.1. Planimetría

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.

2.1.5.2. Altimetría

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.

2.1.5.3. Medición de distancias horizontales

Para la medición de las distancias horizontales, se utilizó el método taquimétrico que se realiza a través de la observación de los hilos del teodolito y de las marcas del estadal y la aplicación de una fórmula que relaciona todos los datos obtenidos con las lecturas.

Los instrumentos utilizados fueron:

- Teodolito
- Trípode
- Estadal de 4 metros
- Cinta métrica metálica de 50 metros
- 2 plomadas de bronce

2.1.5.4. Dibujo topográfico

Con la información obtenida en el campo, las notas tomadas durante el levantamiento y los métodos empleados en el levantamiento topográfico, se procedió a ordenar y calcular dicha información, a través de una hoja de cálculo programada en el paquete de computadora Excel[®], tomando en cuenta las fórmulas topográficas necesarias al caso.

En la hoja de cálculo se relacionó toda la información de modo que trabajará como un conjunto, colocando independencias de valores que permitieran cálculos rápidos y que de ser necesarios los cambios en los valores, admitiera que la relación de valores se mantenga.

Posteriormente, a los cálculos realizados se procedió al dibujo topográfico para todo el proyecto. El resumen de la libreta topográfica y planos correspondientes se presentan en el anexo de este trabajo de graduación.

2.1.6. Diseño hidráulico

A continuación, se presentan los parámetros y criterios aplicados en el diseño del sistema de abastecimiento de agua potable del caserío El Madrón, describiendo cada uno de ellos.

2.1.6.1. Período de diseño

Instituciones que regulan los criterios como la UNEPAR (Unidad Ejecutora del Programa de Acueductos Rurales) y dependencias del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, recomiendan un período de diseño de 20 años; además, es importante tomar en cuenta factores como el acceso de la población, el crecimiento poblacional, el financiamiento, economía, calidad de instalaciones o la posibilidad de ampliación.

Por tanto, para este proyecto se aplicará el criterio de un período de 20 años, con lo cual, se pretende satisfacer las necesidades de la población beneficiaria.

2.1.6.2. Crecimiento de la población

La información sobre el crecimiento poblacional del caserío El Madrón, que se encuentra en la Oficina de Planificación Municipal, fue determinada a través de dos fuentes, un banco de datos proporcionados por un censo realizado por el Ministerio de Educación (MINEDUC) el 31 de octubre del 2002, un censo realizado por los miembros de la OMP en el 2003 y un último censo realizado en el 2004. El censo realizado por el MINEDUC el 28 de octubre de 2002 indica una cantidad de 132 habitantes; el censo realizado por la Oficina de Planificación Municipal fue realizada en junio del 2003, dando como resultado una cantidad de 136 habitantes; y por último el censo realizado en febrero del 2004, como parte del proceso de solicitud de la población para el sistema de agua potable, dio como resultado un total de 141 habitantes.

Tabla II. **Poblaciones anuales del caserío El Madrón**

AÑO	CANTIDAD
2002	132
2003	136
2004	141

Fuente: Censo Ministerio de Educación 2002 y OMP Chinique.

Con los datos que se tienen de estos censos se procedió a calcular la tasa de crecimiento poblacional (r):

$$r_1 = \left[\frac{P_2}{P_1} \right] \left[\frac{1}{T_2 - T_1} \right]$$

$$r_1 = \left[\frac{141}{132} \right]^{\left[\frac{1}{2} \right]} = 3,35 \%, \quad r_2 = \left[\frac{136}{132} \right]^{\left[\frac{1}{1} \right]} = 3,03\% \quad r_{\text{Prom}} = 3,1\%$$

Realizando un promedio, se obtiene una tasa de crecimiento de 3,1%, que será el porcentaje que se utilizará para el cálculo de la población futura. Debido a que el crecimiento poblacional es constante y las estadísticas para el caserío El Madrón presentan una población mayor de ladinos, se decidió utilizar el método geométrico, el cual, se aplica a poblaciones en vías de desarrollo. Por tanto, para calcular la población futura (Pf) se utilizó el método geométrico. Realizando el cálculo de la población actual, donde r= tasa de crecimiento poblacional y n= período de diseño, se tiene:

$$P_f = P_a \left(1 + \frac{r}{100} \right)^n$$

$$P_f = 224 * \left(1 + \frac{3,1}{100} \right)^{20}$$

$$P_f = 413$$

Con base en los datos obtenidos se estima que la población en 20 años será de 413 habitantes.

2.1.6.3. Dotación de agua

Dadas las condiciones socioeconómicas, culturales y ambientales que presenta el caserío, se consideró como adecuada la dotación de 60 litros por habitante por día.

2.1.6.4. Caudales de diseño

Son las estimaciones de cantidades de agua en determinados momentos y en diversos puntos del sistema, que sirven como parámetros del diseño del sistema de abastecimiento de agua.

- Caudal medio diario

Una vez estimada la población futura y determinada la dotación, se define el caudal medio diario por la siguiente fórmula:

$$Q_m = \frac{P_f * \text{Dotación}}{86\,400}, \quad Q_m = \frac{413 \text{ hab} * 60 \text{ l/hab/día}}{86\,400}$$

$$Q_m = 0,2868 \text{ l/s} \approx 0,29 \text{ l/s}$$

- Caudal máximo diario

El factor de día máximo que se asumirá, se determinó en función del tamaño de la población y a la capacidad de las fuentes de abastecimiento. Se asumirá un factor de 1,20.

$$Q_{md} = \text{FMD} * Q_m, \quad Q_{md} = 1,2 * 0,29 \text{ l/s}$$

$$Q_{md} = 0,348 \text{ l/s}$$

Este valor se compara con los valores de caudal obtenidos en los aforos realizados en las fuentes, para determinar si los mismos cumplen con la cantidad de agua que la población consumirá.

Comparación con la fuente 1:

$$Q_{md} \leq \text{aforo}$$

$$0,348 \text{ l/s} \leq 0,35 \text{ l/s}$$

Por tanto, la fuente 1 produce la cantidad de agua suficiente (aún en verano), para abastecer a la población.

Comparación con la fuente 2:

$$0,348 \text{ l/s} \geq 0,30 \text{ l/s}$$

Como se indica, la fuente 2 no produce la cantidad de agua suficiente, para abastecer a la población.

Por los resultados obtenidos, se abastecerá a la población desde la fuente No. 1

- Caudal máximo horario

Para el cálculo del caudal máximo horario, se asumirá un factor de hora máxima de 1,8.

$$Q_{mh} = FHM \cdot Q_m$$

$$Q_{mh} = 1,8 \cdot 0,35$$

$$Q_{mh} = 0,63 \text{ l/s}$$

- Factor de gasto

La fórmula que se utilizará para el cálculo del factor de gasto se presenta a continuación:

$$Q_{viv} = \frac{Q_{mh}}{\# \text{ viviendas}}, \quad Q_{viv} = \frac{0,63}{32}$$

$$Q_{viv} = 0,0197 \text{ l/s} \approx 0,02 \text{ l/s}$$

A este factor, se le llamará caudal de vivienda (Q_{viv}); este caudal será diferente para cada uno de los sistemas, porque las mismas serán configuradas y adecuadas a la densidad de vivienda y a los niveles topográficos que cada una de las viviendas tengan.

A continuación, se procederá a calcular el caudal de vivienda 1:

$$Q_{viv1} = \frac{Q_{mh}}{\text{No. de viviendas}}, \quad Q_{viv1} = \frac{0,63}{32} = 0,02 \text{ l/s/viv}$$

Luego, el caudal de vivienda 2:

$$Q_{viv2} = \frac{0,63}{30} = 0,21 \text{ l/s/viv}$$

2.1.7. Obras de captación

Se construirán obras de captación para la obtención del caudal desde la fuente de abastecimiento. Estas captaciones y sus configuraciones se presentan en el juego de planos del proyecto.

A continuación, se describen sus constituciones: se considerará una captación superficial que permita que los brotes sean conducidos hacia una caja de captación, sea filtrada el agua y luego, dirigida hacia la línea de conducción.

2.1.8. Línea de conducción

En el diseño y cálculo de la línea de conducción, se utilizó la fórmula de Hazen-Williams, para conductos circulares a presión. A continuación, se presenta la fórmula matemática a utilizar:

$$H_f = \frac{1\,347,81141LQ^{1,85}}{C^{1,85}D^{4,87}}$$

La longitud de diseño de toda la tubería, se incrementó en un porcentaje variable del 3% al 5%, a la longitud horizontal, considerándolo como un factor de seguridad por la pendiente del terreno y las condiciones de accesibilidad, en el momento de ejecutar el proyecto, debido a ello se adecúa al diámetro comercial inmediato superior. Además, para ambas líneas de conducción se utilizará tubería de polivinilo de 160 libras por pulgada cuadrada y hierro galvanizado liviano.

A continuación, se presenta un ejemplo de diseño para un tramo en la línea de conducción; los resultados de los siguientes tramos, se obtienen de la misma forma que el procedimiento que se presenta.

Tramo E 1,0 a E 21:

En la E1 se construirá una caja de captación y continúa la línea de conducción a E0

$$H_{\text{disponible}} = CT_{\text{inicio}} - CT_{\text{final}} = 1\,000,00 - 999,271$$

$$H_{\text{disponible}} = 0,729 \text{ m}$$

Despejando D (diámetro) de la fórmula de Hazen-Williams y sustituyendo los valores, con longitud L de 5,50 metros y un caudal de diseño (Q) de 0,35 litros por segundo, se obtiene:

$$D = 4,87 \sqrt{\frac{1\,343,81141 L Q^{1,85}}{H_f D^{1,85}}},$$

$$D = \left(\frac{1\,343,81141 L Q^{1,85}}{H_f * D^{1,85}} \right)^{\frac{1}{4,87}}$$

$$H_f = \frac{1\,347,81141 * (5,50 \text{ m}) * (0,35)^{1,85}}{(140)^{1,85} D^{4,87}}$$

$$D = \left(\frac{1\,343,81141 * (5,50)(0,35)^{1,85}}{17,089 * (140)^{1,85}} \right)^{\frac{1}{4,87}}$$

$$D = 1,184''$$

Comparando el diámetro obtenido con los diámetros comerciales existentes, resulta:

$$D_{\text{comercial 1}} < 1,184'' < D_{\text{comercial 2}}$$

$$1'' < 1,184'' < 1\frac{1}{2}''$$

Por tanto se utilizará el diámetro de 1 ½ pulgadas y su correspondiente diámetro interno.

Al establecer los diámetros comerciales, se procede a calcular la pérdida que genera según las fórmulas establecidas.

$$H_f = \frac{1\,347,81141 L Q^{1,85}}{C^{1,85} D^{4,87}} \approx 5,4026 \text{ m}$$

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.

$$V_1 = \frac{1,9740 Q}{D^2}$$

Sustituyendo valores en la fórmula se obtiene:

$$V_1 = \frac{1,974(0,35)}{1,718^2} = 0,234 \text{ m/s}$$

Las velocidades se encuentran dentro de los parámetros establecidos. Por tanto, las tuberías con diámetro D1, cumplen con los requisitos de diseño.

Luego, se procede a calcular las cotas piezométrica y las presiones dinámicas y estáticas para el tramo a calcular.

$$CT_{\text{Entrada}} = CT_{\text{inicio}}$$

$$CP_{\text{Entrada}} = 1\,000,363$$

Después, se calcula la cota piezométrica de salida:

$$CP_{\text{Salida}} = CP_{\text{entrada}} - h_f$$

$$CP_{\text{Salida}} = 1\,000,363 \text{ m} - 5,4026 \text{ m}$$

Para el siguiente tramo esta CP_{Salida} , será la CP_{Entrada} para ese mismo tramo y así sucesivamente, es decir:

$$CP_{\text{Entrada}} - \text{salida} = CP_2$$

Las presiones dinámicas y estáticas se calculan a continuación:

$$P \text{ estática} = CT \text{ inicio} - CT \text{ final}$$

$$P \text{ estática} = 1\,000,363 - 994,960$$

$$CP \text{ estática} = 5,403 \text{ m}$$

Para las P estáticas de los siguientes tramos, la CT inicio será la misma, mientras que las CT finales, cambiarán según sea el tramo, hasta llegar a una caja rompresión o el tanque de distribución.

$$P_{\text{Dinámica}} = CP_{\text{Salida}} - CT_{\text{Final}}$$

$$P_{\text{Dinámica}} = 3,5232 \text{ m}$$

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 en la tabla III.

Para la línea de conducción se utilizó, en resumen, tubería de diámetro de 1 ½ pulgadas de polivinilo de 160 libras por pulgada cuadrada: desde la estación E 1-0 al tanque de distribución, se eligió la tubería de mayor diámetro, en la mayoría de casos, para evitar aumentos en la presión hidráulica.

Tabla III. **Diseño hidráulico de la línea de conducción**

Est. inicial	Est. final	Longitud	Cota inicial	Cota final	Hf total	Hf real	Coef. (C)	Caudal (Q)	ø exacto
CONDUCCION									
1-0	21	1 453,7	1 000,363	963,274	37,089	17,08	140	0,35	1,18
21-	30 (TD)	1 432,32	963,363	909,123	54,24	26,24	150	0,35	1,05

Φ comercial	ø (plg)	Hf de c/ø	Longitudes	L/6	Tubos	N longitud	Hf final
DIAM. COMERCIAL MAYOR	1,5	h1 5,40	L1 946,83	157,80	158	948	3,52
DIAM. COMERCIAL MENOR	1,00	h2 3,89	L2 506,87 1 453,70	84,48	84	504 1 452	13,49 17,02
DIAM. COMERCIAL MAYOR	1,5	h1 4,69	L1 370,16	61,69	62	372	1,22
DIAM. COMERCIAL MENOR	1,00	h2 33,75	L2 1 062,16 1 432,32	177,03	177	1 062 1 434	25,03 26,24

Fuente: elaboración propia, en hoja de cálculo Excel[®].

2.1.9. Caja distribuidora de caudales

El proyecto necesita distribuir agua a dos residencias privadas que se encuentran antes de que la línea de conducción llegue al tanque de distribución.

Este acuerdo, fue realizado entre la Municipalidad de Chinique y el propietario del terreno, quien cedió la fuente 2 y un área para la construcción del tanque de distribución. Para distribuir equitativamente el caudal se utilizó un vertedero triangular con ángulo de 90 grados diseñado con la fórmula de Thompson.

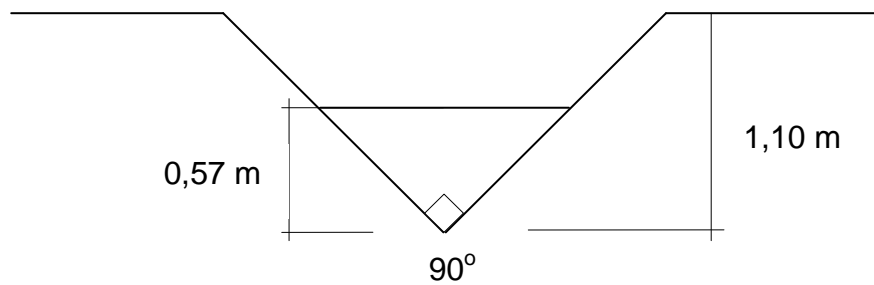
$$Q = 1,41 h^{5/2}$$

Con $Q = 0,35$ l/s, se calcula el tirante (h), de agua que llevará este caudal.

$$h = 0,057$$

Por tanto, se diseñará el vertedero triangular con 0,10 metros de tirante máximo.

Figura 2. **Diagrama de vertedero triangular**



Fuente: elaboración propia.

2.1.10. **Tanque de distribución**

En la etapa previa a la distribución, los caudales de abastecimiento se almacenan en un tanque construido de concreto armado, el cual, proveerá de agua a la red de distribución.

2.1.10.1. Determinación del volumen

El volumen del tanque de distribución, se calculó a través de la fórmula en la que hay que establecer el porcentaje de volumen, para este proyecto se estimó el 50% del caudal medio diario.

$$V = (0,5) (60) (413) / 1\ 000$$

$$\text{Volumen} = 12,4 \text{ m}^3$$

Aproximando el valor del volumen y tomando en cuenta que este valor corresponde a un período de vida útil de 20 años, se propone un volumen de tanque de 20 metros cúbicos de volumen, con el fin de que el tanque sea útil después del período de 20 años. Tomando en cuenta que las tasas de crecimiento poblacional tienden dispararse y los tanques representan parte considerable de la inversión. El tanque correspondiente al sistema de agua potable, tendrá la capacidad calculada anteriormente.

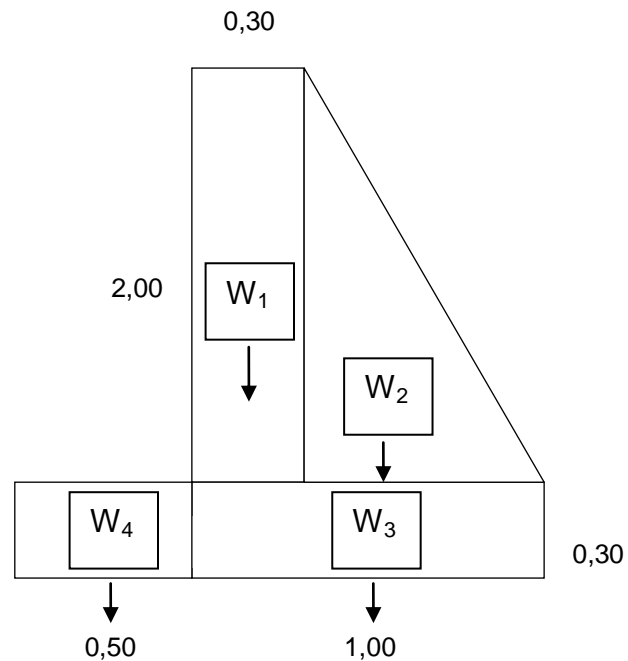
2.1.10.2. Diseño estructural del tanque

Se presenta a continuación el diseño estructural para los tanques de 20 metros cúbicos; para los cuales se asumirán dimensiones preliminares y se verificará si cumplen con los parámetros estructurales. Se tomaron en cuenta los siguientes datos: peso específico del concreto (2 400 kilogramos por metro cúbico) y el peso específico de agua (1 000 kilogramos por metro cúbico); además H, es la altura que tendrá el muro del tanque.

- Cálculo de cargas totales

Se determinan las cargas que soportará el tanque de distribución, a partir del área de cada elemento estructural y el peso específico del concreto.

Figura 3. **Distribución de pesos para el muro del tanque de distribución**



Fuente: elaboración propia.

$$W = (\text{Área}_{\text{elemento}})(\gamma_{\text{Material}})$$

$$W_1 = (2)(0,3)(2\,400) = 1\,440 \text{ kg}$$

$$W_2 = (0,7)(1)(2\,400) = 1\,680 \text{ kg}$$

$$W_3 = (1)(0,3)(2\,400) = 720 \text{ kg}$$

$$W_4 = (0,5)(0,3)(2\,400) = 360 \text{ kg}$$

$$W_{\text{Losa+ tapadera}} = \underline{492 \text{ kg}}$$

$$W_{\text{Total}} = 4\,692 \text{ kg}$$

- Fuerza hidrostática

Es la fuerza horizontal, que ejerce el agua sobre los muros y es directamente proporcional a la profundidad del tanque. Se define por la altura y el peso específico del agua.

$$A = B\left(\frac{H}{2}\right), \quad A = JH\left(\frac{H}{2}\right) = J\left(\frac{H^2}{2}\right) = F,$$

J= peso específico del agua

$$A = J\left(\frac{H^2}{2}\right) = F = 1000\left(\frac{2^2}{2}\right)$$

$$F = 2\,000 \text{ kg}$$

- Análisis estático

$$\Sigma M_o = 0+$$

$$W_{\text{Total}} * S = (W_{\text{Losa}} + W_1)(l_1) + (W_2)(l_2) + (W_3)(l_3) + (W_4)(l_4)$$

$$4\,692 * S = (1\,932)(0,85) + (1\,680)(1,4/3) + (720)(1/2) + (360) + (125)$$

$$S = 0,6897 \text{ m}$$

- Momento estabilizante

$$M_{\text{Est}} = W_{\text{Total}} * S, \quad M_{\text{Est}} = 4\,692 \text{ kg} * 0,6897 \text{ m}$$

$$M_{\text{Est}} = 3\,236,20 \text{ kg-m}$$

- Momento de volteo

$$M_{\text{Volteo}} = F \left(\frac{H}{3} + 0,4 \right), \quad M_{\text{Volteo}} = 2\,000 \left(\frac{2}{3} + 0,4 \right)$$

$$M_{\text{Volteo}} = 2\,133,33 \text{ kg-m}$$

- Verificación de los valores obtenidos

Se deben verificar tres parámetros, estos son los siguientes:

- Volteo:

$$\text{Volteo} = \frac{M_{\text{Est}}}{M_{\text{Volteo}}} \geq 1,5 \quad \text{Volteo} = \frac{3\,236,2}{2\,133,3} = 1,52 > 1,5$$

- Deslizamiento:

$$D = \frac{W_{\text{Total}}}{F} \geq 1,5 \qquad D = \frac{4\,692}{2\,000} = 2,35 \geq 1,5$$

- Presión:

$$a = \left(\frac{M_{\text{Est}} - M_{\text{Volteo}}}{W_{\text{Total}}} \right) \qquad a = \left(\frac{3\,236,2 - 2\,133,3}{4\,692} \right)$$

$$a = 0,235 \text{ m} \qquad \frac{b}{3} = \frac{1}{3} < a$$

$$e = b/2 - a \qquad \frac{1}{2} - 0,235 = 0,265 \text{ m}$$

$$P = \left(\frac{W_{\text{Total}}}{A} \right) \left(1 \pm \frac{e}{b} \right) \qquad P = \left(\frac{4\,692}{2\,000} \right) \left(1 \pm \frac{0,265}{1,5} \right)$$

$$P_{\text{máx}} = 2,76 \text{ kg/m}^3$$

$$P_{\text{mín}} = 2,17 \text{ kg/m}^3$$

Estos valores se comparan con el valor soporte:

$V_s = 14 \text{ ton/m}^3$ (arena arcillosa en el lecho del tanque)

$$P_{\text{máx}} < V_s$$

El valor de la presión máxima ejercida por el tanque es menor al valor soporte estimado del suelo. Además, se verificó el rango de la presión mínima de la siguiente manera:

$$0 < P_{\text{mín}} < V_s$$

El valor se encuentra dentro de los parámetros.

El muro con altura (H) de 2,0 metros y de base (B) de 1,50 metros, cumplen con los parámetros estructurales básicos.

2.1.11. Sistema de desinfección

Según se planteó y por criterios de salubridad, el sistema de abastecimiento del caserío El Madrón, 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 $\frac{1}{2}$ 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).

2.1.12. Líneas de distribución

El objetivo principal por el cual se diseñaron las líneas de distribución, fue el de abastecer a todos los sectores de la población, desde el tanque de distribución. Para este diseño se utilizó la fórmula de Hazen- Williams, por su facilidad relativa a otros métodos. Además, fueron utilizados criterios referentes a instituciones como la UNEPAR (Unidad Ejecutora del Programa de Acueductos Rurales).

2.1.13. Diseño de red

Para el diseño de las redes de distribución, se tomó el criterio de las redes abiertas, esto porque las viviendas y su población se encuentran dispersas por toda el área que corresponde al caserío El Madrón.

Concluido el diseño, se presentan estos resultados que proporcionan la información sobre las tuberías a utilizar: desde el diámetro, las cotas piezométricas, las presiones dinámicas, estáticas y velocidades de flujo.

Al igual que el diseño de las líneas de conducción, las redes de distribución se diseñaron a través de una hoja de cálculo de Excel[®]. En resumen, las tuberías que se utilizarán para la línea de distribución (ver tablas IV & V) serán:

De la estación E 30 a E 34,2 se utilizará tubería de 1 ½ pulgadas de polivinilo de 160 libras sobre pulgada cuadrada, de la estación E 34,2 a E 36 se utilizará tubería de 1 pulgada de polivinilo de 250 libras sobre pulgada cuadrada; y de la estación E 36 a E 40,2 se utilizará tubería de 1½ pulgadas de polivinilo de 315 libras sobre pulgada cuadrada; en los ramales 1,1,2 a 1,1,4 también serán instaladas tuberías de ½” de polivinilo de 315 libras sobre pulgada cuadrada.

En los ramales 1,5 a 1,6 también serán instaladas tuberías de ½ pulgada de polivinilo de 315 libras sobre pulgada cuadrada.

A continuación, se presentan las tablas del diseño hidráulico para las líneas de distribución central y los ramales.

Tabla IV. Diseño hidráulico de la línea de distribución. Eje central

Est. Inicial	Est. Final	Longitud	Cota Inicial	Cota Final	Hf total	Hf real	Coef. (C)	Caudal (Q)	ø exacto
RED DE DISTRIBUCIÓN									
EJE CENTRAL									
30(TD)	34,20	237,23	909,123	862,424	46,699	13,699	150	0,89	1,186
34,20	36,00	134,82	895,424	845,995	49,429	24,429	150	0,89	0,937
36,00	40,20	988,90	845,995	731,199	114,796	94,796	150	0,86	1,055
40,20	42,00	144,75	731,199	683,520	47,679	11,539	150	0,48	0,878
42,00	48,30	433,00	683,520	575,840	107,680	93,679	150	0,43	0,686
ø comercial	ø (plg)	Hf de c/ø	Longitudes		L/6	Tubos	Longitud N	Hf final	
RED DE DISTRIBUCIÓN									
EJE CENTRAL									
DIAM. COMERCIAL MAYOR	1,50	h1	4,3624	L1	155,38	25,90	26	156	2,868
DIAM. COMERCIAL MENOR	1,00	h2	31,4246	L2	81,85	13,64	14	84	11,127
					237,23			240	13,996
DIAM. COMERCIAL MAYOR	1,00	h1	17,8589	L1	118,61	19,77	20	120	15,896
DIAM. COMERCIAL MENOR	0,75	h2	72,4950	L2	16,21	2,70	3	18	9,679
					134,82			138	25,575

Continuación de la tabla IV.

DIAM. COMERCIAL MAYOR	1,50	h1	17,0663	L1	262,89	43,82	44	264	4,5565
DIAM. COMERCIAL MENOR	1,00	h2	122,9433	L2	726,00	121,00	121	726	90,259
					988,90			990	94,815
DIAM. COMERCIAL MAYOR	1,00	h1	6,1185	L1	102,83	17,14	17	102	4,311
DIAM. COMERCIAL MENOR	0,75	h2	24,8368	L2	41,91	6,99	7	42	7,207
					144,75			144	11,518
DIAM. COMERCIAL MAYOR	0,75	h1	60,6159	L1	394,93	65,82	66	396	55,436
DIAM. COMERCIAL MENOR	0,50	h2	436,6678	L2	38,07	6,34	6	36	36,305
					433,00			432	91,741

Fuente: elaboración propia, en hoja de cálculo Excel®.

Tabla V. **Diseño hidráulico de la línea de distribución. Ramales**

Est. Inicial	Est. Final	Long.	Cota Inicial	Cota Final	Hf total	Hf real	Coef. (C)	Caudal (Q)	Ø exacto
RED DE DISTRIBUCIÓN. RAMALES									
RAMAL 1.1									
37,5	38A,3	410,00	814,22	703,16	111,06	97,06	150	0,52	0,720
RAMAL 1.1.1									
38A,8,1	37,5,1 G	50,68	772,48	723,98	48,50	34,50	150	0,02	0,170
RAMAL 1.1.2									
38A,4,1	38A,7	79,21	749,60	722,84	26,76	12,76	150	0,15	0,488
RAMAL 1.1.3									
38A,5	37,5,1D	153,11	744,16	700,86	43,30	29,30	150	0,15	0,470

Continuación de la tabla V.

RAMAL 1.1.4									
38A,5	38A,1	148	744,16	708,76	35,4	21,40	150	0,15	0,499
RAMAL 1.2									
37,5,1	37,5,1B	170	800,65	739,00	61,65	46,65	150	0,22	0,506
RAMAL 1.3									
39,1	39,1,1	60	752,00	748,55	3,45	0,70	150	0,22	0,968
39,1,1	39,1,2	148	751,30	648,55	102,75	88,75	150	0,15	0,373
RAMAL 1.4									
43	43,40	255,00	667,27	573,57	93,69	79,70	150	0,22	0,49
RAMAL 1.5									
37,2	37,40	50,65	822,61	759,6	63,01	49,01	150	0,02	0,16
RAMAL 1.6									
48,1	48,00	79,50	608,14	572,79	35,35	21,35	150	0,02	0,20

\varnothing comercial	\varnothing (plg)	Hf de c/ \varnothing	Longitudes	L/6	Tubos	Longitud N	Hf final		
\varnothing comercial mayor	0,75	h1	81,577	L1	397,457	66,243	66	396	78,792
\varnothing comercial menor	0,50	h2	587,674	L2	12,542	2,090	2	12	17,200
					410,000			408	95,992
\varnothing comercial mayor	0,25	h1	5 122,000	L1	24,340	4,057	4	24	2,426
\varnothing comercial menor	0,15	h2	61,646	L2	26,340	4,390	4	24	29,193
					50,680			48	31,619

Continuación de la tabla V.

∅ comercial mayor	0,50	h1	11,384	L1	78,871	13,145	13	78	11,210
∅ comercial menor	0,25	h2	332,898	L2	0,339	0,056	0	0	0
					79,210			78	11,210
∅ comercial mayor	0,50	h1	22,005	L1	151,313	25,219	25	150	21,558
∅ comercial menor	0,25	h2	643,480	L2	1,797	0,299	0	0	0
					153,11			150	21,558
∅ comercial mayor	0,50	h1	21,270	L1	147,968	24,661	25	150	21,558
∅ comercial menor	0,25	h2	622,004	L2	0,032	0,005	0	0	0
					148,000			150	21,558
∅ comercial mayor	0,75	h1	6,888	L1	11,824	1,971	2	12	0,486
∅ comercial menor	0,50	h2	49,622	L2	158,176	26,363	26	156	45,536
					170,00			168	46,022
∅ comercial mayor	1,00	h1	0,598	L1	56,689	9,448	9	54	0,539
∅ comercial menor	0,75	h2	2,431	L2	3,310	0,551	1	6	0,243
					60,000			60	0,782
∅ comercial mayor	0,50	h1	21,270	L1	131,375	21,895	22	132	18,971
∅ comercial menor	0,25	h2	622,004	L2	16,625	2,771	3	18	75,649
					148,000			150	94,620
∅ comercial mayor	0,50	h1	74,433	L1	254,361	42,393	42	252	73,558
∅ comercial menor	0,25	h2	2 176,631	L2	0,639	0,106	0	0	0
					255,000			252	73,558
∅ comercial mayor	0,25	h1	5,119	L1	11,297	1,883	2	12	1,213
∅ comercial menor	0,15	h2	61,610	L2	39,352	6,559	7	42	51,088
					50,650			54	52,301
∅ comercial mayor	0,25	h1	8,036	L1	67,562	11,260	11	66	6,671
∅ comercial menor	0,15	h2	96,703	L2	11,937	1,989	2	12	14,596

Fuente: elaboración propia, en hoja de cálculo Excel®.

2.1.14. Obras de arte

Las obras de arte para sistemas de abastecimiento de agua, son dispositivos que regulan el flujo a través de la liberación de presión. Funcionan también, para la limpieza de sedimentos acumulados en las partes bajas.

2.1.14.1. Cajas rompepresión

Para la línea de conducción del flujo hidráulico, se utilizará una caja rompepresión con válvula de flote en la estación E 21, con el objetivo de liberar la presión ejercida por el fluido en ese tramo.

2.1.14.2. Válvulas liberadoras de aire

Para la línea de conducción se instalarán varias válvulas liberadoras de aire las cuales representan la parte más alta de esos tramos de tubería y punto potencial de acumulación de aire.

2.1.14.3. Válvulas de limpieza

Para la línea de conducción se instalarán válvulas de limpieza; en los puntos más bajos de esos tramos de tubería, es decir, que poseen el potencial de acumulación de sedimentos.

2.1.15. Conexiones domiciliarias

Para las conexiones domiciliarias de cada vivienda es recomendable instalar tubería de diámetro de ½ pulgada de polivinilo de 315 libras por pulgada cuadrada.

2.1.16. Tipo de tubería y recomendaciones

Los tipos de tubería que se utilizarán serán de polivinilo de 160, 250 y 315 libras por pulgada cuadrada y tubería de hierro galvanizado liviano. Además, es importante tomar en cuenta que para que la tubería cumpla con su vida útil, debe protegerse del medio que le rodea. Se recomienda entonces lo siguiente: la zanja donde se colocará la tubería deberá tener como mínimo un ancho de 0,40 metros y la profundidad mínima de 0,60 metros sobre la corona (nivel superior del tubo); y cuando una parte de la tubería del sistema atraviese terrenos dedicados a la agricultura, la profundidad será de 0,80 metros.

2.1.17. Programa de operación y mantenimiento

El programa de operación y mantenimiento para el sistema de abastecimiento de agua potable, debe tomarse como un elemento vital para el correcto funcionamiento del mismo. De no considerar las recomendaciones para operar y mantener los sistemas, puede conllevar al mal funcionamiento y colapso del mismo. Aunque el sistema pueda funcionar de forma independiente, es necesario tomar en cuenta aspectos y cuidados importantes respecto al funcionamiento del sistema; herramientas importantes son el involucramiento de la comunidad en el funcionamiento y mantenimiento del mismo, otra lo comprende la protección del área de recarga hídrica para el mantenimiento del caudal que suple las necesidades de la comunidad.

2.1.17.1. Operación y mantenimiento de captaciones

Antes de iniciar operaciones del sistema, se debe verificar que la caja de captación no contenga obstrucciones que puedan impedir el libre flujo del caudal de agua que ingrese a la línea de conducción.

El procedimiento se puede realizar al destapar la tapa del tanque de captación, a través de una inspección visual. Debe verificarse que funcione correctamente el rebalse que fue provisto a la caja de captación, esto se realiza introduciendo una cantidad de agua dentro del tubo de rebalse y verificando que la salida del agua introducida sea libre al final. Para la fuente 1 y las tres captaciones a instalarse, se debe cerciorar que el agua reunida dentro de la caja de captación circule sin dificultad hacia la caja reunidora de caudal.

El mantenimiento a las captaciones de fuentes de agua, es en realidad una limpieza general de las cajas de captación. Las captaciones son elementos en los cuales se pueden acumular sedimentos y material orgánico provenientes del manantial o de vegetación de los alrededores. Estos sedimentos deben ser removidos para evitar que ingresen a la línea de conducción y obstruyan las mismas, para removerlas se utiliza una escoba doméstica y una pala común, acumularlos en un punto donde no ingrese a la tubería y retirarlos con la pala.

El material orgánico que, generalmente, se puede encontrar dentro de la caja de captación, puede ser desde hojas de vegetación, ramas pequeñas o insectos que puedan ingresar al mismo, para su limpieza debe retirarse todo tipo de material orgánico con la mano protegida con un guante; además, con una escoba doméstica nueva puede limpiarse la materia orgánica que se acumula sobre las paredes y fondos de la misma.

Al concluir la limpieza, debe verificarse que circule correctamente por el rebalse y por la tubería que conduce hacia la línea de conducción y finalmente debe taparse correctamente la caja de captación para evitar el ingreso de materia o insectos dentro de los mismos.

Es recomendable, realizar estos procesos de mantenimiento como mínimo una vez por mes en época de verano y una vez por quincena en época de invierno (época en que aumentan los caudales).

2.1.17.2. Operación y mantenimiento de la caja reunidora de caudales

Luego de verificar el correcto funcionamiento de la captación indicada anteriormente, debe asegurarse que el flujo de agua captada llegue correctamente hasta la caja reunidora de caudales a instalarse para el sistema de abastecimiento. Como también, verificar que funcione correctamente el rebalse a instalarse para esta caja, esto se puede realizar, cerrando la llave de compuerta instalada a un costado de la caja reunidora de caudales. Es importante que, al igual que en la caja de captación, se verifique que no exista la acumulación de material orgánico o sedimentos.

2.1.17.3. Operación y mantenimiento de la línea de conducción de agua

Luego de revisar las cajas de captación (además la caja reunidora de caudales, para el sistema), debe abrirse la llave de compuerta que se encuentra a un costado para que el agua circule por las líneas de conducción de cada sistema.

Luego de esa acción, se recomienda que un grupo de dos o más personas recorran el tramo total de las líneas de conducción en busca de anomalías que puedan poner en riesgo, colapso o fuera de servicio al sistema. Se deben buscar desde deslaves, troncos o árboles caídos, desraizado de árboles, corrientes de agua o peligros potenciales de incendio.

Es recomendable, al encontrar cualquiera de estas anomalías, accionar de inmediato, ya que puede complicarse y hacer colapsar el sistema. Debido a que el sistema se encontrará dentro de un área boscosa, los incendios podrían representar un peligro mayor para la integridad del sistema.

En la línea de conducción, se encuentra una caja rompepresión, la cual debe revisar que se encuentre libre de fisuras o daños, se retira la tapadera y se revisa si existe acumulación de sedimentos, material orgánico o insectos, para evitar que obstruyan el resto de la línea de conducción. Se debe revisar la tubería de rebalse, asegurando que no existan obstrucciones que eviten su correcto funcionamiento.

Cuando se localice una caja con una válvula de limpieza, se recomienda revisar que la caja no tenga daños y retirar la tapa, luego se abre la llave de compuerta para liberar el agua con los sedimentos acumulados. Cuando el agua salga clara, es indicio de que ya no hay sedimentos que retirar. Finalmente, se cierra la llave y se coloca la tapadera debidamente asegurada.

Al localizar una válvula liberadora de aire en el tramo, se revisa que la caja no presente daños físicos y se retira la tapadera, la válvula liberadora de aire debe realizar su función y se puede determinar su correcto funcionamiento al escuchar un pequeño sonido agudo mientras el agua circula por la línea de conducción. Se coloca de nuevo la tapadera, asegurándola correctamente.

Si existiera una fuga o rompimiento de línea de conducción entre los tramos, se debe cerrar de inmediato la llave de compuerta ubicada en la salida de la captación y la llave de compuerta ubicada en la entrada del tanque de almacenamiento, ubicar el punto de colapso del sistema y reparar el daño.

Es necesario realizar una prueba de presión en el punto de reparación, esta prueba se ejecuta abriendo únicamente la llave de compuerta de la captación, con el fin de que exista presión estática dentro de la tubería y puedan detectarse fugas en el punto de reparación. Luego de realizada la prueba, se puede abrir la llave de entrada al tanque de almacenamiento.

El procedimiento de mantenimiento debe ejecutarse una vez cada mes para verificar el correcto funcionamiento del sistema en la línea de conducción, sin excepción, después de actividad sísmica sensible. Además, realizar una inspección en los tramos con riesgo a deslizamientos.

2.1.17.4. Operación y mantenimiento del tanque de almacenamiento de agua

El tanque de almacenamiento al inicio de operaciones y antes de llenarse en su totalidad, es importante revisar si en su interior se encuentran residuos o sedimentos que deban retirarse, así como, materia orgánica o insectos que hayan ingresado; revisar además, si el rebalse funciona adecuadamente al dejar circular agua por el mismo y asegurarse de que salga al final del rebalse. Verificar que se encuentre cerrada la llave de la compuerta en la salida del tanque.

2.1.17.5. Operación y mantenimiento de la red de distribución

La mejor forma para verificar el correcto funcionamiento de la red de distribución de agua, es cerciorarse que cada una de las viviendas debe recibir un servicio constante y suficiente para suplir sus necesidades diarias; de lo contrario se debe verificar la línea principal y ramales de la red de distribución en busca de fugas o rompimiento de tubería. Si se localiza una anomalía, se debe cerrar la llave de compuerta de salida del tanque de almacenamiento y realizar las reparaciones correspondientes.

2.1.18. Vulnerabilidad y riesgo

Los sistemas de abastecimiento de agua sanitariamente segura presentan especial vulnerabilidad respecto a factores físicos y culturales de las comunidades donde se construyen. Por esta razón es necesaria la implementación de medidas de control y evaluación con respecto a las actividades sísmicas, meteorológicas y de seguridad en cada uno de sus tramos y obras de arte.

2.1.18.1. Concepto de riesgo

El riesgo, se estima a partir de integrar las amenazas naturales de origen atmosférico, hidrogeológico o de origen antrópico con la vulnerabilidad de la infraestructura, que recurrentemente afecta a la capacidad productiva de las poblaciones afectadas. Las amenazas naturales son fenómenos potencialmente peligrosos, como erupciones volcánicas, deslizamientos, terremotos, ciclones tropicales y otras tormentas severas, incendios forestales de ocurrencia en los pueblos del altiplano que tienden a aumentar.

Amenazas naturales: se han identificado fuentes que contribuyen a las amenazas naturales en el área, afectando en mayor y menor grado a la población y los recursos naturales. La mayor amenaza en esta región se debe a sismos, tormentas tropicales, huracanes, heladas y sequía. Sin embargo, las amenazas antrópicas han aumentado su magnitud y frecuencia, entre las que se puede destacar la deforestación y la contaminación de fuentes de agua superficiales, por desechos sólidos y aguas servidas.

Amenaza sísmica: el territorio del área de influencia, ha sido afectado por sismos de mayor y menor magnitud, se debe destacar que existe una zona sísmica correspondiente a la cadena volcánica y mayormente en estos últimos años la placa de cocos en el océano pacífico que se interna debajo de la placa del Caribe, que ha sido muy activa, generando sismos entre 3,5 hasta 6 grados en la escala de Richter.

Un sismo puede afectar las viviendas, las represas, los tanques de captación y distribución; y las tuberías del municipio y del caserío. Especialmente al proyecto de abastecimiento, ya que está en una zona con pendientes considerables y expuesta a deslizamientos o derrumbes por la pendiente, tipo de suelos, deforestación marcada del área y los sismos potenciales de la zona.

Se registran períodos de sismicidad, el proyecto se ubica en una región que incluye volcanes potencialmente activos y la placa tectónica del pacífico al sur, así como, la intersección de la placa norteamericana con la del Caribe por la falla del Polochic, al norte del municipio de Chinique.

La vulnerabilidad a los desastres es una condición, producto de las acciones humanas. Indica el grado en que un sistema está expuesto o protegido al impacto de las amenazas naturales. Esto depende del estado de los asentamientos humanos y su infraestructura, la manera en que las administraciones públicas manejan los riesgos; y el nivel de información y educación de que dispone una sociedad sobre los riesgos existentes y cómo debe enfrentarlos.

Un desastre sucede, cuando la ocurrencia de un fenómeno natural afecta a un sistema vulnerable. Los fenómenos naturales en sí no provocan, necesariamente, desastres. Es sólo su interacción con el sistema y su entorno lo que genera impactos que pueden llegar a tener dimensiones catastróficas, que depende de la vulnerabilidad en la zona.

La reducción de desastres por fenómenos naturales es posible, si se llevan a cabo las acciones enmarcadas en una estrategia local, producto de un análisis científico de las tendencias de los fenómenos a impactar las comunidades y su infraestructura.

La reducción de desastres es la suma de todas las acciones que pueden aplicarse para reducir la vulnerabilidad de un sistema ante amenazas naturales, como por ejemplo la ubicación del proyecto en un área de bajo riesgo de deslizamientos, incendios forestales, etcétera. Luego, proyectar estos lugares en un mapa de vulnerabilidad y planes de contingencia específicos del sector, determinando y ejecutando las medidas de mitigación; así como, la coordinación con las instituciones a cargo del manejo integral de riesgos y los cuerpos de socorro.

A través de un mapa de vulnerabilidad, se podrían economizar recursos para responder a emergencias. Asimismo, es necesario elaborar un estudio profundo de las necesidades y prioridades de obras de ingeniería necesarias para reducir la vulnerabilidad de los servicios básicos y carreteras. También, es indispensable remarcar la importancia de contar con perfiles de vulnerabilidad de infraestructura y servicios básicos de otros proyectos, que cuenten con las características del municipio, para emprender acciones de preparación.

2.1.18.2. Aplicación de la gestión de riesgos a los sistemas de abastecimiento de agua

Todo sistema de abastecimiento de agua potable, se encuentra susceptible a riesgos y posee vulnerabilidad, que hacen de un momento a otro que el mismo deje de funcionar si los riesgos dejan de ser riesgos. Por ello, es importante determinar tanto los riesgos como las vulnerabilidades.

Las vulnerabilidades para un sistema de abastecimiento de agua potable pueden ser, debido a su naturaleza, contaminantes externos hacia el flujo de agua. También, factores mecánicos que pueden impactar los elementos estructurales, se pueden considerar de la siguiente manera:

Administrativo-funcionales: en los diferentes niveles de intervención, especialmente en aquellos administrativos y operativos; pues, son los encargados de garantizar la operación, mantenimiento y administración con un mínimo de ayuda externa. El primer nivel, es donde la vulnerabilidad puede ser identificada. El segundo nivel, corresponde a la forma administrativa local de los sistemas, que puede estar relacionada con el esquema organizativo institucional y de autoridades comunales. El tercer nivel, corresponde a la

operatividad del sistema, que es asumida principalmente por un operador y tiene estrecha relación con el segundo nivel.

Técnico-operativas: cuando son generadas por los criterios de diseño que no estiman el entorno en el cual opera el sistema de abastecimiento. Por ejemplo: garantizar que la cobertura vegetal del área de recarga hídrica se debe mantener para que la precipitación promedio garantice la regularidad del caudal que se estimó en el diseño.

Por otra parte, identificar los escenarios de riesgos de la infraestructura del sistema; como áreas susceptibles a deslizamientos, áreas con probabilidad de ocurrencia de hundimientos diferenciales y obras de arte o accesorios con riesgo de contaminación externa antrópica a lo largo del flujo hidráulico. Analizada y encontrada la vulnerabilidad para el sistema, es posible determinar las medidas de mitigación para aspectos físicos del sistema y para los aspectos administrativos y funcionales.

Las medidas de mitigación, presentan al igual que la gestión de riesgo, estrecha vinculación con la gestión ambiental, por lo que se desarrolla a continuación la evaluación de impacto ambiental del proyecto.

2.1.19. Estudio de evaluación de impacto ambiental

Un estudio de impacto ambiental, es un documento que describe pormenorizadamente las características de un proyecto o actividad que se pretenda llevar a cabo o su modificación. Debe proporcionar antecedentes fundamentados para la predicción, identificación e interpretación de su impacto ambiental y describir la o las acciones que ejecutará para impedir o minimizar

sus efectos significativamente adversos. Para el diseño y construcción, se deben identificar los factores que puedan causar impacto en el ambiente.

2.1.19.1. Impacto ambiental en sistemas de agua potable

Los parámetros de evaluación de impacto, así como, el medio biótico se analizaron en el proyecto de diseño del sistema del abastecimiento; por lo que, la evaluación ambiental se resume a la identificación de impactos, medidas de mitigación y el plan de monitoreo ambiental.

Tabla VI. **Medio físico, cambios y valoración del proyecto de sistema de abastecimiento de agua del caserío El Madrón**

Medio físico	Cambios	Valoración
Riesgo de erosión.	Si	Negativo
Riesgo de movimiento de masas, deslizamientos, desprendimientos, etcétera.	Si	Negativo
Alteración en el nivel de ruido.	Si	Negativo
Cambios en los cauces.	Si	Negativo
Cambios en la calidad de las aguas superficiales en el área.	Si	Negativo
Eliminación de vertidos líquidos al suelo.	Si	Positivo
Alteración de hábitat de fauna.	Si	Negativo

Continuación de la tabla VI.

Medio físico	Cambios	Valoración
Calidad visual.	Si	Positivo
Medio socioeconómico.	Si	Positivo
Generación de empleo temporal.	Si	Positivo
Ordenamiento del área.	Si	Negativo
Infraestructura para el sistema de depuración de agua.	Si	Positivo
Participación ciudadana.	Si	Positivo
Alteración del marco jurídico.	No	---
Eliminación de los conflictos sociales, debido a la falta de agua.	Si	Positivo

Fuente: elaboración propia, basado en requerimientos del MARN.

2.1.19.2. Evaluación de impacto ambiental

A continuación, se evalúan los impactos directos al ambiente. Estos impactos, son derivados de las actividades definidas en los renglones de trabajo del proyecto. Se efectúa una valoración del impacto para estimar su magnitud respecto al tiempo que efectuará dicho impacto; se resumen en la siguiente tabla:

Tabla VII. **Impacto al ambiente y valoración**

Impacto	Valoración
Generación de desechos sólidos comunes	Negativo temporal
Generación de niveles sonoros	Negativo temporal
Aumento peatonal	Negativo temporal
Mayor uso de agua subterránea	Negativo temporal
Alteración de la microfauna	Negativo temporal
Alteración de la microflora	Negativo temporal
Abastecimiento de agua potable	Positivo permanente
Mejoramiento de la calidad de vida	Positivo permanente

Fuente: elaboración propia, basado en requerimientos del MARN.

Es importante mantener informada a la población sobre el proyecto. Cada área de la etapa de construcción de sistema de agua potable debe estar debidamente rotulada y señalizada.

- Emisiones de partículas al aire

Durante la fase de construcción y de operación se generará impacto negativo al aire, en la primera fase, por partículas de polvo dado el movimiento de tierra y de vehículos. Para mitigar estos impactos, se debe hacer riego en las áreas expuestas al viento.

- Paisaje

Debido a la ubicación del proyecto, el paisaje será parte del existente, por lo tanto, no será modificado significativamente; sin embargo, se deberán tomar medidas para minimizar los impactos, por ejemplo: los cortes y rellenos del suelo deben hacerse en forma rápida y ordenada; también, la acumulación de materiales debe hacerse en períodos cortos.

- Erosión

Se puede reducir cubriendo con plástico o lona la tierra excavada. El proyecto debe contar con una persona calificada que esté a cargo de la supervisión, la cual debe ser permanente y tener dentro de sus responsabilidades la organización, dirección y control de las operaciones y de la implementación de las medidas de mitigación.

Los requerimientos necesarios para la implementación de un plan de gestión ambiental son:

- Establecer estrategias con objetivos claros de protección del área.
- Atender y respetar las normas y reglamentos municipales, nacionales e internacionales relacionados con la protección del ambiente en general.
- Implementar las medidas de mitigación establecidas en el estudio de impacto ambiental, por parte del ente rector del proyecto.

2.1.19.3. Responsables de la ejecución de las medidas de mitigación

Las medidas de mitigación, deberán hacerse efectivas mediante la asignación de las entidades responsables que se detallan en la siguiente tabla:

Tabla VIII. Responsables de las medidas de mitigación

Medidas de mitigación	Responsable
Manejo de desechos sólidos.	Grupo organizado y empresa desarrolladora.
Siembra de árboles de crecimiento rápido como barreras vivas en las áreas con pendientes pronunciadas.	Empresa desarrolladora.
Mantenimiento del sistema de extracción de agua y red de distribución de agua en buenas condiciones.	Empresa desarrolladora y Municipalidad de Chinique.
Protección de suelos en el zanjeo.	Empresa desarrolladora.
Divulgación de información sobre el buen manejo de desechos (reducir, reutilizar, reciclar).	Municipalidad de Chinique.
Vigilancia para el control de incendios en el área de recarga hídrica de la fuente de abastecimiento.	Empresa desarrolladora y Municipalidad de Chinique.

Continuación de la tabla VII.

Medidas de mitigación	Responsable
Control de olores.	Municipalidad y Salud Pública
Control de deslaves y erosión en la etapa construcción.	Empresa desarrolladora.
Mantenimiento de vías de acceso y señalización correspondiente en la etapa de construcción.	Empresa desarrolladora.
Elaborar un plan local de gestión de riesgos que incluyan la protección y verificación del sistema de abastecimiento.	Comité Comunitario de Desarrollo en coordinación con autoridades municipales.

Fuente: elaboración propia.

2.1.19.4. Plan de gestión ambiental

El plan de gestión ambiental busca implementar acciones para la reducción de los impactos negativos al ambiente, por medio de la identificación, establecimiento de medidas, costo y responsables de las acciones. Esta propuesta se encuentra en el apéndice 1 de este documento.

2.1.20. Integración de costos y presupuesto

La integración de costos del proyecto de abastecimiento de agua del caserío El Madrón del municipio de Chinique, se estima en la siguiente tabla:

Tabla IX. Integración de costos

PRESUPUESTO INTEGRADO					
Proyecto:		Sistema de abastecimiento de agua			
Ubicación:		Caserío El Madrón			
Municipio:		Chinique de las flores			
Departamento:		El Quiché			
No.	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio/U Q	Subtotal Q
1	Caja de captación	U	1,00	21 779,55	21 779,55
2	Línea de conducción	ml	2 886,00	74,00	213 716,58
3	Tanque de distribución	U	1,00	28 697,22	28 697,22
4	Red de distribución	ml	3 542,85	72,00	256 102,44
5	Pasos aéreos	ml	78,00	1 167,00	91 075,27
				Total	611 371,07
El presupuesto asciende a la cantidad de:					
Seiscientos once mil trescientos setenta y un quetzales con 07/100					

Fuente: elaboración propia, en hoja de cálculo Excel[®],
basada en cotizaciones efectuadas en 2011.

2.2. Diseño de puente vehicular sobre el río San Juan del caserío Ximbaxuc II del municipio de Chinique de las flores, Quiché

El proyecto de diseño de puente vehicular, tiene como fin primordial cruzar el río San Juan, el cual, está ubicado en la carretera de terracería que conduce a las comunidades Ximbaxuc I y II; logrando una vía de comunicación económica y eficaz para los habitantes del lugar y de las comunidades más lejanas.

2.2.1. Descripción del proyecto

Se diseñará un puente vehicular de una vía, de 18 metros de largo por 3,60 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. Analizado de la siguiente manera:

2.2.2. Estudio hidrológico

El análisis del accidente geográfico que se pretende librar con la construcción de un puente, es de suma importancia para garantizar la vida útil del proyecto. En el caso del río San Juan se calcularon la sección y la velocidad de flujo, también, se recabó información acerca de las crecidas máximas registradas visibles en los taludes del cauce y declaraciones de los pobladores.

2.2.2.1. Crecientes

Las crecientes en un río pueden dividirse en tres tipos:

- Crecida normal: es la que mantiene el río y varía muy poco.
- Crecida máxima: es la que ocurre casi anualmente en el invierno.
- Crecida máxima extraordinaria: es la que ocurre cuando se presenta un fenómeno natural (incremento en la intensidad de lluvias).

En el diseño de un puente se debe considerar la creciente máxima registrada. Generalmente, se coloca la superestructura a dos metros de la creciente máxima extraordinaria.

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.

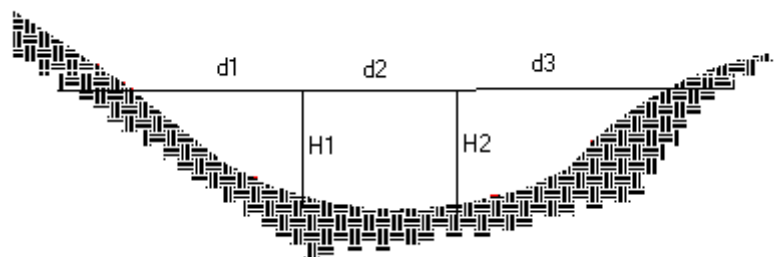
- Método sección- pendiente

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 4. **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.

$$A1 = (d1 / 2 + d2 / 2) * H1$$

$$A2 = (d2 / 2 + d3 / 2) * H2$$

$$At = A1 + A2$$

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

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

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:

Pendiente para el caudal máximo: 1,20%

Altura crecida: 1,25 m

Área de desalojo: 15,75 m²

2.2.2.2. Cálculo del caudal máximo

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 = 4,5 m²

Pendiente = 1,25%

Coeficiente de rugosidad = 0,04

Perímetro mojado = 18,2 m

Cálculos:

$$R = A / PM = 15,75/18,2 = 0,8654 \text{ m}$$

$$V = 1 / 0,04 * 0,8654 ^{(2 / 3)} * 0,0125 ^{(1 / 2)} = 2,487 \text{ m/s}$$

$$Q = V * A = 1,60 * 4,5 = 7,2 \text{ m}^3/\text{s}$$

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

2.2.3. Levantamiento topográfico

El levantamiento topográfico, es una herramienta indispensable en el diseño de puentes, ya que esto permite representar gráficamente los posibles puntos de ubicación de la obra y la geometría de las partes del puente. Se realizaron los levantamientos siguientes:

- Planimétrico: utilizando el método de conservación del azimut
- Altimétrico: utilizando una nivelación simple

Con la información obtenida se procedió a dibujar el eje y las secciones transversales (ver planos en el anexo).

2.2.4. Estudio de suelo

Debido a la falta de recursos de la municipalidad, se recurrió a la obtención de una muestra de 1 pie cúbico de suelo recubierto con parafina, para ensayarlo en un laboratorio privado donde se determinó un valor soporte de 20 ton / m² (ver anexo).

2.2.5. Descripción de la alternativa propuesta

El puente estará conformado por una superestructura de concreto armado; consistente en una losa plana, banquetas, 2 vigas principales y 5 diafragmas. La subestructura estará conformada por estribos de concreto ciclópeo; además, cuenta con cortinas y vigas de apoyo de concreto armado. Para el diseño de los diferentes elementos, se utilizan las Normas AASHTO y del ACI y la teoría de esfuerzo último para el cálculo del área de acero.

2.2.6. Datos y base de diseño

Teniendo en cuenta que el ancho de la carretera de balasto es de 5 metros y que la accesibilidad al sitio no es buena, el tipo de carga esperada será de un camión de dos ejes. La obra a diseñarse será económica y funcional; los datos y bases de diseño son las siguientes:

Sobrecarga: H-15-44

Ancho útil: 3,60 m

Luz útil: 18 m

Resistencia del concreto: $f'c = 210 \text{ kg / cm}^2$

Resistencia del acero: $Fy = 2\ 810 \text{ kg / c}$

Peso del concreto ciclópeo: $W_{cc} = 2\ 700 \text{ kg / m}^3$

Peso del concreto armado: $W_c = 2\ 400 \text{ kg / m}^3$

Capacidad soporte del suelo: $20\ 000 \text{ kg / m}^2$

Luz total: 18,70 m

Ancho total: 4,6 m

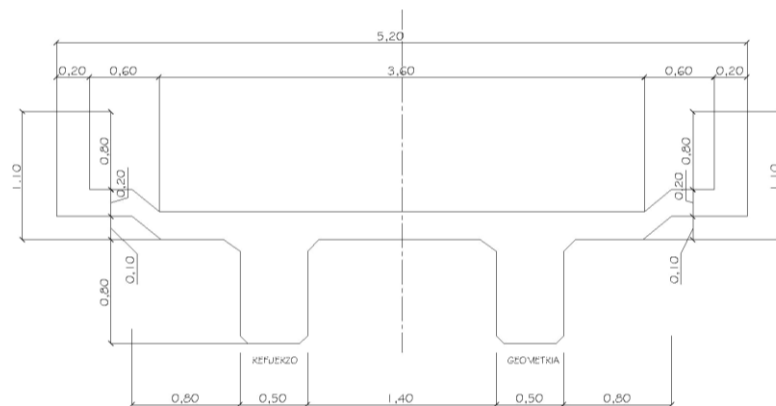
2.2.7. Diseño de la superestructura

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.

2.2.7.1. Geometría de la superestructura

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

Figura 5. Propuesta de la superestructura



Fuente: elaboración propia, en Softdesk Autocad®.

- Predimensionamiento de sección de viga

La sección de las vigas principales se determina basándose en la luz de las mismas; se recomienda un peralte no menor que 1/16 de la luz total y la base no deberá ser menor que el peralte sobre 3,5.

La separación entre vigas está dada por:

$$S = \frac{k(3-N) + \sqrt{k[k(N-3) + 4A - 12]}}{2}$$

k= 1,80 para concreto convencional

N= número de vigas

A= distancia entre andenes

Sustituyendo los valores en la fórmula de la separación entre vigas, se tiene que:

$$S = \frac{1,8(3-2) + \sqrt{1,8[1,8(2-3) + 4 * 3,6 - 12]}}{2}$$

$$S = 1,419 \approx 1,4 \text{ m}$$

La luz eficaz entre vigas es de 1,4 metros

Por criterio personal se propone:

$$\text{Peralte} = L/16 = 1,125 \text{ m} \approx 1,00 \text{ m}$$

$$\text{Base} = b > \frac{d}{3,5} =$$

Entonces, se proponen las dimensiones siguientes:

$$d = 1,00 \text{ m}$$

$$b = 0,50 \text{ m}$$

$$l = 1,40 \text{ m}$$

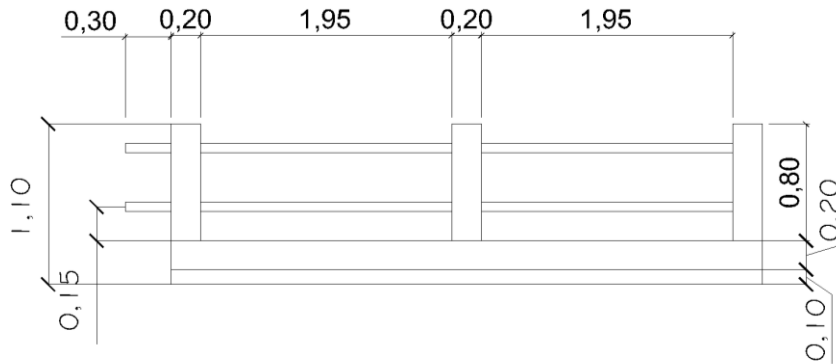
- Propuesta de baranda

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. La altura de la banquetta desde la losa será de 30 centímetros, equivalente a 300 milímetros > 250 milímetros (AASHTO sección 12.7.1.1). Se propone una altura de poste de 0,80 metros, según la AASHTO 13.7.3.2 recomienda altura de baranda mayor a 685 milímetros, entonces, la altura de poste (H_p) es de $(0,80+0,30) = 1,10$ 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 1,95 metros y entre rieles de 0,15 metros desde la banquetta.

Figura 6. Geometría de la baranda



Fuente: elaboración propia, en Softdesk Autocad®, basada en las especificaciones de la AASHTO sección 13.

- Cálculo de cargas

Según 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

$$P_{LL} = 890 + 0,73 (1\ 950)$$

$$P_{LL} = 2\ 313,5\ \text{N} = 2\ 313,5\ \text{N} / 9,8\ \text{m/s}^2 = 236,07\ \text{kg}$$

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

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

$$F_t = 120\,000 \text{ N}$$

$$B = 2\,300 \text{ mm}$$

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

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

$$P_{F_t} = 12\,244,9 \text{ kg} (1/2) (1/3) = 2\,040,82 \text{ kg}$$

$$\sum P = (236,07 + 2\,040,82) = 2\,276,88 \text{ kg}$$

Momento para 1 m

$$M = PL$$

$$M = (2\,276,88 \text{ kg}) (1 \text{ m}) = 2\,276,88 \text{ kg-m}$$

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

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

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

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

Cálculo de acero

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

$$A_s = 5,93 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_{\max}} = \rho_{\max} b d = 6,095 \text{ cm}^2$$

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

Chequeo a compresión:

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

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

Se propone armado de poste con 4 No. 4 + Est. No.2 @ 0,15

Cálculo de carga distribuida para riel

$$W = \frac{F_t}{d} = \frac{2\,040,82 \text{ kg}}{1,95 \text{ m}} = 1\,046,58 \text{ kg}$$

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

$$M_{\text{máx}} = \frac{wl^2}{12} = (1\,046,58) (1,95)^2 / 12$$

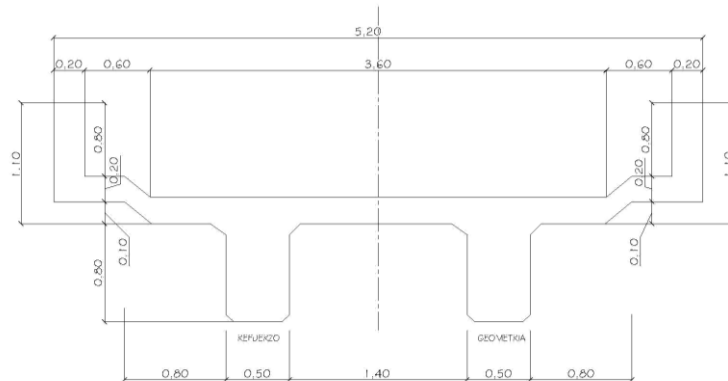
$$M_{\text{máx}} = 331,63 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

Sección = 20 cm * 10 cm

Por fórmula cuadrática $A_s = 1,94 \text{ cm}^2$

Se propone armado de riel 2 No. 3 + ESL No. 2 @ 0,10 m

Figura 7. Geometría final de la superestructura



Fuente: elaboración propia, en Sofdesk Autocad®.

2.2.7.2. 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, AASHTO 8.9.2, se tiene:

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

Donde:

T = espesor

L = luz libre entre vigas

$$T = 1,2 (1,4 + 3,05) / 30 = 0,178 \approx 0,20 \text{ m.}$$

Se utilizará un espesor de 20 centímetros.

- Cálculo de momentos

Los momentos que se analizarán son: momento por carga muerta, sobrecarga e impacto; obteniendo con ellos el momento total, con el cual, se procederá posteriormente al cálculo del refuerzo. A continuación, se describirán cada uno de ellos:

- Momento debido a la carga muerta

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

$$M_{CM} = \frac{W_{Cmu} * L^2}{10}$$

Donde:

W_{cmu} = carga muerta última

L = luz libre entre vigas

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

$W_{cmu} = 1,4 * W_{cm} = 1,4 * 480 = 672 \text{ kg / m de ancho}$

$M_{cm} = 672 * 1,4^2 / 10 = 131,71 \text{ kg - m}$

- Momento debido a la sobrecarga

Para refuerzo principal perpendicular a la dirección del tráfico, el momento por carga viva según especificación AASHTO 3.24.3 caso A, está dado por:

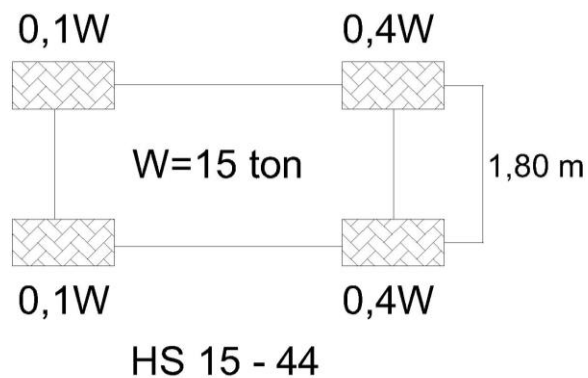
$$M_{cv} = (S + 0,6) / 975 * P15$$

Siendo: S = luz libre entre vigas

P15 = peso total de sobrecarga de camión

De acuerdo a la sobrecarga utilizada se tiene:

Figura 8. **Sobrecarga del camión Standard H-15-44**



Fuente: elaboración propia, en Softdesk Autocad®.

Corte máximo $W = \text{brazo} * W$

$$W = 0,4 * 15\ 000 = 6\ 000\text{ kg}$$

Carga actuante $P15 = W * \text{factor de carga}$

$$P15 = W * 1,7$$

$$P15 = 6\ 000 * 1,7 = 10\ 200\text{ kg}$$

$$M_{cv} = (S+0,6) / 9,75$$

$$M_{cv} = (1,4 + 0,6) / 9,75 * 10\ 200$$

$$M_{cv} = 2\ 092,3\text{ kg} - \text{m}$$

- Momento debido al 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:

$$I = \frac{15}{L + 38}$$

Donde:

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

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

$$I = 15 / (18 + 38) = 15/56 = 0,2678 < 0,3 \quad \checkmark \text{ Ok}$$

$$MI = I * Mcv$$

$$MI = 0,2678 * 2\,406,15 = 560,44 \text{ kg} - \text{m}$$

- Momento total

El momento total es la suma de los momentos calculados anteriormente.

$$\sum M = Mt = Mcm + Mcv + MI$$

$$Mt = 131,712 + 2\,092,3 + 560,44 \text{ kg} - \text{m}$$

$$Mt = 2\,784,46 \text{ kg} - \text{m}$$

- Chequeo de peralte

De acuerdo con la especificación ACI, se procede a calcular el peralte mínimo con la siguiente fórmula:

$$d = \sqrt{\frac{M_u}{\theta * \rho * F_y * b (1 - 0,59 \rho * \frac{F_y}{f_c})}}$$

Donde:

$$M_u = 2\,784,46 \text{ kg} - \text{m}$$

$$\theta = 0,9$$

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

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

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

$$\rho = 0,0277$$

$$d = 7,13 \text{ cm}$$

Determinando el peralte mínimo, este debe ser menor que el canto eficaz, siendo este:

$$C_{\text{canto}} E_{\text{eficaz}} = \text{Espesor total} - \text{recubrimiento}$$

$$d = 20 - 2,5 = 17,5 \text{ cm}$$

Lo que indica, que el peralte asumido está correcto.

- Cálculo del refuerzo A_s para momento de flexión

Se utilizará la siguiente fórmula:

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

Donde:

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

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

$$Mu = 2\,784,46 \text{ kg} - \text{m}$$

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

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

Lo que da como resultado un $A_s = 6,48 \text{ cm}^2$

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

Según norma ACI se tiene:

$$A_{s\text{mín}} = \rho_{\text{mín}} bd \quad \text{donde,} \quad \rho_{\text{mín}} = \frac{14,1}{F'y}$$

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

$$\rho_b = \beta_1 * \left(0,85 \frac{f'c}{F'y}\right) * \left[\frac{6\,120}{(6\,120 + F'y)} \right]$$

Donde:

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

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

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

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

$$\beta_1 = 0,9$$

Sustituyendo valores se tiene:

$$\rho_{\min} = 0,005$$

$$A_{s_{\min}} = 8,78 \text{ cm}^2$$

$$\rho_b = 0,03918$$

$$\rho_{\max} = 0,01959$$

$$A_{s_{\max}} = 34,28 \text{ cm}^2$$

Acero calculado

$$A_s = 6,48 \text{ cm}^2 < A_{s_{\min}}$$

Como el área de acero es menor que el área de acero mínimo, utilizar:

$$A_{s_{\min}} = 8,78 \text{ cm}^2 \text{ para 1 metro de losa.}$$

Utilizando refuerzo No 5, el armado quedará distribuido de la siguiente manera: No 5 @ 25 cm perpendicular al tráfico.

- Cálculo del As de repartición

Según especificación AASHTO 3.24.10.1, “se coloca área de acero para suministrar distribución lateral de las cargas vivas concentradas, ubicándolo transversalmente a la dirección del refuerzo principal en todas las losas”. Se utilizará la siguiente fórmula:

$$\% = 121 / \sqrt{L}$$

Donde, % deberá ser < 67%

$$\% = 121 / \sqrt{1,4} = 102,26 > 100\%$$

Como no cumple la condición, utilizar 67%

El acero por repartición, se determina multiplicando el porcentaje calculado por la cantidad de acero por flexión, con una distribución proporcional en el área equivalente a L/2 al centro de la sección, en los extremos con una longitud igual a L/4, se coloca como refuerzo el 50% del área de acero de L/2.

$$As_{rep} = \% * As$$

$$As_{rep} = 0,67 * 8,78 = 5,88 \text{ cm}^2 \text{ en L/2}$$

$$As_{rep} = 2,94 \text{ cm}^2 \text{ en L/4}$$

Utilizando refuerzo No. 3, el armado quedará distribuido de la siguiente manera: No. 3 @ 10 cm en L/2 & No. 3 @ 10 cm en L/4.

- Cálculo de As por temperatura

Según especificación de la Norma AASHTO 8.20.1, 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:

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

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

Utilizando refuerzo No. 4, el armado quedará distribuido de la siguiente manera: No. 4 @ 25 cm, en ambos sentidos, este deberá colocarse en la cama superior.

2.2.7.3. Diseño de la acera

Para el diseño de la acera, se calculará el refuerzo estructural a partir del momento generado por las cargas a las cuales estará expuesta, además, se calculará el refuerzo por temperatura.

- Cálculo del momento

Para el cálculo del momento se debe determinar la carga producida por el peso propio de la acera; con lo cual se tiene:

- Carga muerta:

$$W_{acera} = T * L * W_c = 0,20 * 0,60 * 2\,400 = 288 \text{ kg / m}$$

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

$$W_{cm} = W_{acera} + W_{poste} = 288 + 96 = 384 \text{ kg / m}$$

$$W_{cmu} = 1,4 * W_{cm} = 1,4 * 384 = 537,6 \text{ kg / m}$$

- Carga viva:

$$W_{baranda (v)} = 149 \text{ kg / m}$$

$$W_{baranda (h)} = 447,27 \text{ kg / m}$$

$$W_{viva} = 300 \text{ kg / m}$$

$$W_{cv} = 896,27 \text{ kg / m}$$

$$W_{cvu} = W_{cv} * 1,7 = 896,27 * 1,7 = 1 523,2 \text{ kg / m}$$

- Carga total:

$$W_t = W_{cmu} + W_{cvu}$$

$$W_t = 537,6 + 1 523,2 = 2 060,8 \text{ kg / m}$$

Para calcular el momento se aplica la siguiente fórmula:

$$M = W_t * L^2 / 2$$

Donde:

W_t = carga total

L = longitud de la acera

$$M = 2 060,8 * 0,60^2 / 2 = 370,94 \text{ kg / m}$$

- Cálculo del refuerzo transversal

Utilizando las fórmulas para el cálculo del A_s se tiene:

Datos:

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

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

$$M_u = 370 \text{ kg / m}$$

El resultado es:

$$A_s = 1,84 \text{ cm}^2$$

$$A_{s\text{mín}} = 6,28 \text{ cm}^2$$

$$A_{s\text{máx}} = 23,13 \text{ cm}^2$$

Como el área de acero es menor al área de acero mínima, utilizar:

$$A_{s\text{mín}} = 6,28 \text{ cm}^2$$

Utilizando refuerzo No 4, el armado quedará distribuido de la siguiente manera: No 4 @ 20 cm.

- Cálculo del refuerzo longitudinal

Para el cálculo del refuerzo longitudinal se utiliza la siguiente fórmula:

$$A_s = 67\% * A_s \text{ transversal}$$

$$A_s = 0,67 * 6,28 = 4,20 \text{ cm}^2$$

Utilizando refuerzo No 4, el armado quedará distribuido de la siguiente manera: No. 4 @ 30 cm.

- Cálculo del refuerzo por temperatura

Para su cálculo se utiliza la siguiente fórmula:

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

Sustituyendo valores, se tiene:

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

Utilizando refuerzo No 2, el armado quedará distribuido de la siguiente manera: No 2 @ 15 cm, en ambos sentidos.

2.2.7.4. Diseño de vigas

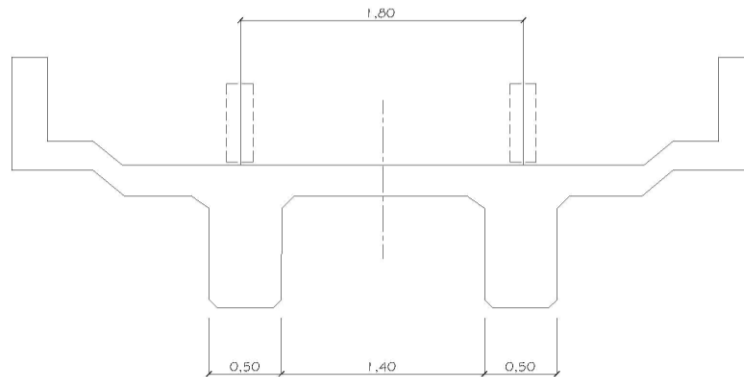
Debido al predimensionamiento de la sección de viga, se establecieron las dimensiones siguientes:

Base 0,50 m y peralte 1,00 m

- Cálculo del momento por sobrecarga

Según especificación de las Normas AASHTO, “puesto que la separación entre ejes de vigas, $S = 2 \text{ m} > 1,80$; entonces, la carga sobre cada viga será la reacción de las cargas por rueda”.

Figura 9. **Diagrama de posición de cargas para obtener momentos máximos**



Fuente: elaboración propia, en Softdesk Autocad®.

- Reacción de carga que absorbe la viga

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

$$F_c = \frac{S}{1,75}; \text{ En donde } S \text{ es la separación máxima entre vigas.}$$

$$\text{Fracción de carga} = 1,4 / 1,75 = 0,8$$

La carga por rueda se obtiene de la siguiente manera:

$$\text{Carga rueda trasera} = 0,4 * W * \text{fracción de carga} * \text{factor de carga última}$$

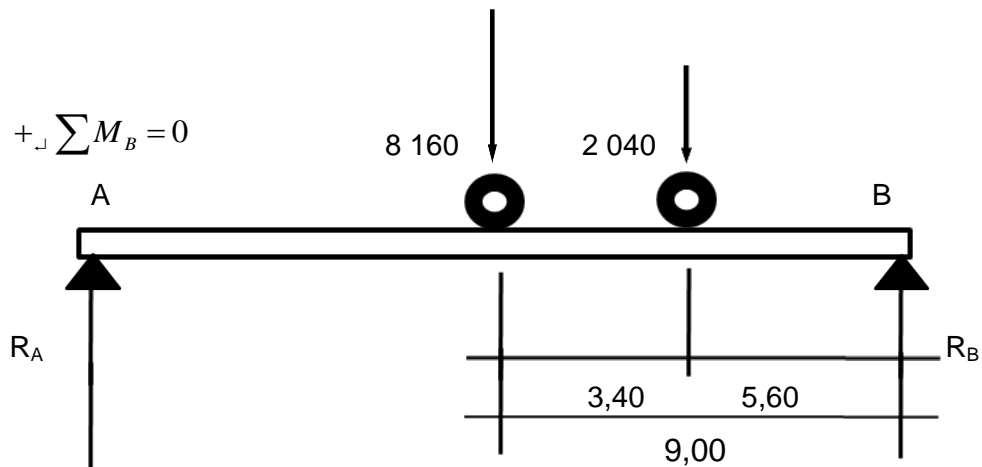
$$\text{Carga rueda trasera} = 0,4 * 15\ 000 * 0,8 * 1,7 = 8\ 160 \text{ kg}$$

$$\text{Carga rueda delantera} = 0,1 * W * \text{fracción de carga} * \text{f.c.u.}$$

$$\text{Carga rueda delantera} = 0,1 * 15\ 000 * 0,8 * 1,7 = 2\ 040 \text{ kg}$$

Los momentos máximos debidos a la sobrecarga, se calculan respecto al siguiente diagrama de cargas:

Figura 10. **Diagrama de cargas para obtener momentos máximos**



Fuente: elaboración propia.

Analizando por estática el diagrama de cargas anterior, se obtiene la reacción que existe en el apoyo A (R_A).

$$-(5,6 * 2\ 040) - (9 * 8\ 160) + (18 * R_A) = 0$$

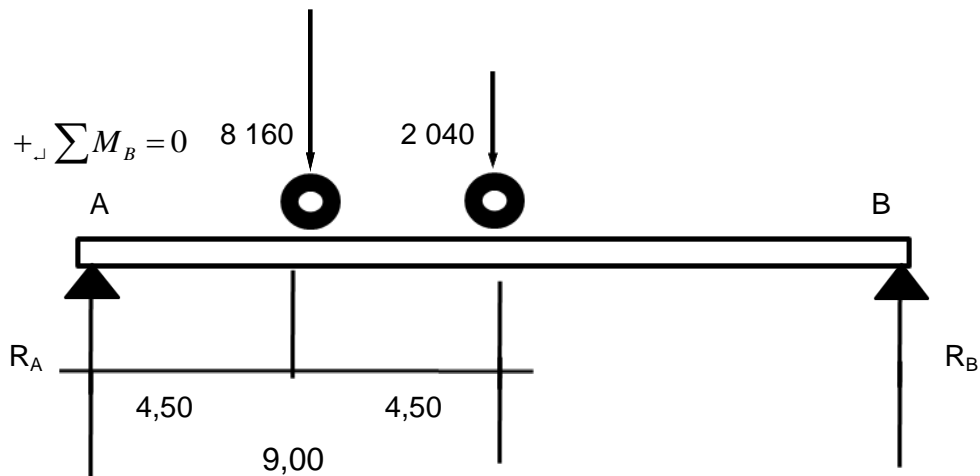
$$R_A = 4\ 714,67\ \text{kg}$$

El momento debido a la sobrecarga se obtiene al multiplicar el valor de R_A por su brazo.

$$M_{\text{máx.}} = 4\ 714,67 * (18/2 + 0,85) = 46\ 439,47\ \text{kg} - \text{m}$$

De la misma forma se analiza la viga a 2 metros del apoyo; variando únicamente la posición de la sobrecarga.

Figura 11. **Diagrama de cargas para obtener momentos a L/4 del apoyo**



Fuente: elaboración propia.

Analizando por estática el diagrama de cargas, se obtiene la reacción que existe en el apoyo a (R_A).

$$-(9,25 * 2\ 040) - (13,5 * 8\ 160) + (18 * R_A) = 0$$

$$R_A = 7\ 168,33\ \text{kg}$$

El momento a $L/4 = 4,5\ \text{m}$ del apoyo es:

$$M_{4,5\text{m}} = 7\ 168,33 * 4,5 = 32\ 257,5\ \text{kg} - \text{m}$$

- Cálculo del momento debido al impacto

Del concepto de impacto mencionado anteriormente se tiene:

$$I = 15 / (L + 38) = 15 / (18 + 38) = 0,26786$$

$I_{m\acute{a}x} = 30\%$, entonces, se encuentra dentro del rango.

Siendo el momento máximo:

$$M I_{m\acute{a}x} = 0,26786 * M_{m\acute{a}x} \text{ s.c.}$$

$$M I_{m\acute{a}x} = 0,26786 * 46\,439,47 = 12\,439,14 \text{ kg} - \text{m}$$

De la misma forma se obtiene el momento a 2 metros del apoyo:

$$M I_{m\acute{a}x} \text{ a } 4,5 \text{ m} = 0,26786 * M_{4,5\text{m}}$$

$$M I_{m\acute{a}x} \text{ a } 4,5 \text{ m} = 0,26786 * 32\,257,5 = 8\,640 \text{ kg} - \text{m}$$

- Cálculo del momento por carga muerta

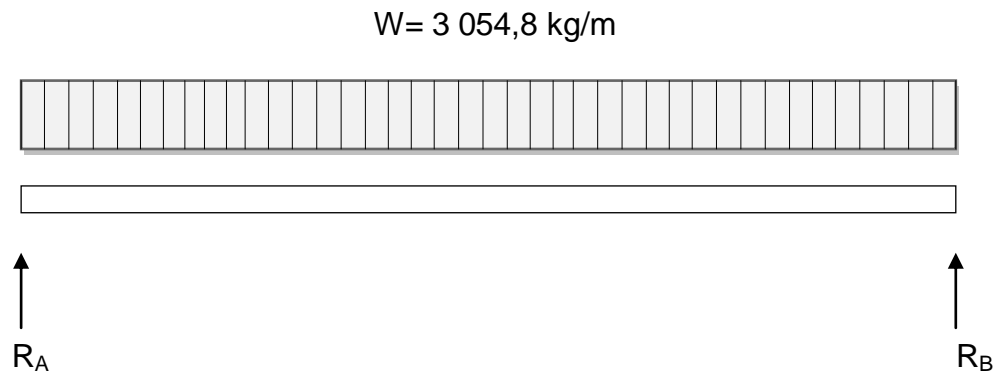
El momento debido a la carga muerta, es la sumatoria de los momentos que actúan en la viga. Determinados por separado en cada uno de los elementos que la componen.

$$\begin{aligned}
 W_{\text{losa}} &= 1,30 * 0,20 * 2\,400 = 624 \text{ kg / m} \\
 W_{\text{acera}} &= 0,15 * 0,60 * 2\,400 = 180 \text{ kg / m} \\
 W_{\text{nervio}} &= 1,00 * 0,50 * 2\,400 = 1\,200 \text{ kg / m} \\
 W_{\text{baranda}} &= 0,20 * 0,8 * 2\,400 = \underline{178 \text{ kg / m}} \\
 W_{\text{cm}} &= 2\,182 \text{ kg / m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_{\text{cm}} &= 2\,182 \text{ kg / m} \\
 C_{\text{cmu}} &= 1,4 * C_{\text{cm}} \\
 C_{\text{cmu}} &= 1,4 * 2\,182 = 3\,054,8 \text{ kg / m}
 \end{aligned}$$

El $M_{\text{máx}}$ de carga muerta y el M_{cm} a 4,5 metros, se calculan respecto al siguiente diagrama de cargas:

Figura 12. Diagrama de carga muerta



Fuente: elaboración propia.

Analizando la viga por estática:

Debido a la forma en que se encuentra apoyada la viga se tiene que:

$$M_{\text{máx}} = \frac{wl^2}{8} = \frac{3\,054,80 * (18)^2}{8} = 123\,719,40 \text{ kg - m}$$

- Cálculo del momento total

El momento total máximo se obtiene sumando los momentos actuantes en la viga.

$$M_{tmax} = 46\,439,47 + 12\,439,14 + 123\,719,4 = 182\,598,01$$

$$M_{tmax} = 182\,598 \text{ kg} - \text{m}$$

- Cálculo del refuerzo

Para el refuerzo en el centro de la viga se tiene:

$$M_u = 182\,598 \text{ kg} - \text{m}$$

$$b = 50 \text{ cm}$$

$$d = 95 \text{ cm}$$

Revisando si es simplemente armada, se calcula el área de acero máximo con la siguiente fórmula:

$$A_{smax} = \rho_{max} * b * d$$

$$A_{smax} = 0,0196 * 30 * 95 = 93,0525 \text{ cm}^2$$

Calculando el área de acero con la fórmula cuadrática

$$A_s = 89,1809 \text{ cm}^2$$

Como el área de acero es menor que el área de acero máxima, se concluye que la viga no necesita refuerzo a compresión.

Revisando área de acero mínimo

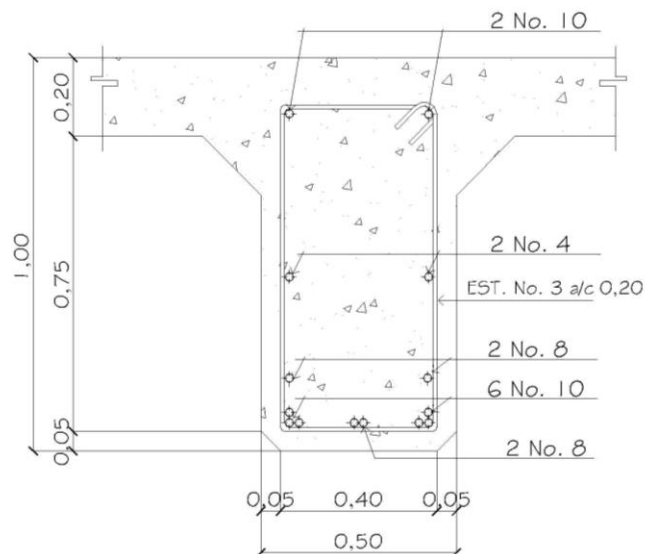
$$A_s \text{ mín.} = \rho_{\text{mín}} * b * d$$

$$A_s \text{ mín.} = 0,005 * 30 * 95 = 23,83 \text{ cm}^2$$

$A_s > A_s \text{ mín.}$

Proponiendo armado: 8 No. 10 + 4 No. 8 + 2 No. 4 al centro del armado

Figura 13. **Detalle de armado al centro de la viga**



Fuente: elaboración propia, en Softdesk Autocad®.

- Diseño a corte

El diseño a corte quedará definido por los esfuerzos por carga muerta y las cargas de impacto. Se determinarán los esfuerzos cortantes totales para plantear una propuesta, analizándolo de la siguiente manera:

- Esfuerzo por carga muerta

El esfuerzo cortante máximo en los apoyos se obtiene así:

$$V_{\text{máx}} = W * L / 2 = 3\ 054,8 * 8/2 = 27\ 493,20 \text{ kg}$$

Para obtener el diagrama de corte real se analiza la viga a L/4 del apoyo

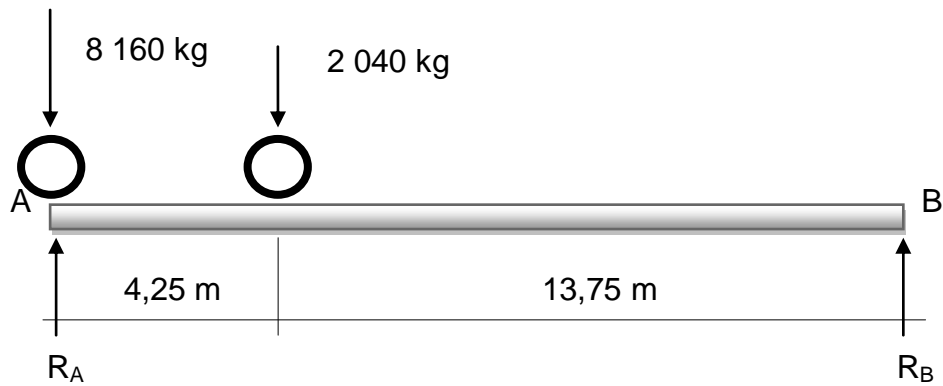
$$V_{4,5} = 3\ 054,8 * 18/4 = 3\ 054,8 * 4,5 = 13\ 746,6 \text{ kg}$$

$$V_9 = 3\ 054,8 * 0 = 0 \text{ kg}$$

- Esfuerzo por sobrecarga

Se calcula por medio de la reacción de la estructura cuando el vehículo de diseño ingresa al puente. En esas condiciones, se analiza a través de estática, desarrollando diagramas de cuerpo libre para hallar las reacciones en los apoyos.

Figura 14. Diagrama de posición de cargas para corte máximo



Fuente: elaboración propia.

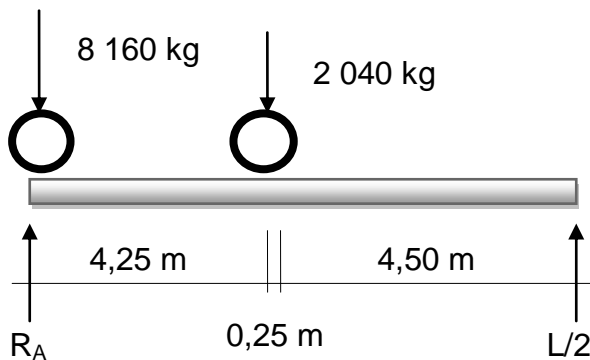
Realizando sumatoria de momentos en B igual a cero; se obtiene la reacción R_A , que a su vez es el corte máximo ($V_{\text{máx}}$).

$$+\downarrow \sum M_B = 0$$

$$-(13,75 * 2\ 040) - (18 * 8\ 160) + (18 * R_A) = 0$$

$$R_A = V_{\text{máx}} = 9\ 718,33\ \text{kg}$$

Figura 15. Diagrama de posición de cargas para corte a $L/4$ del apoyo



Fuente: elaboración propia.

$$V_{L/4} = \frac{9(2010) + 13,75(8\ 160)}{18} = 7\ 238,33 \text{ kg}$$

$$V_{L/2} = \frac{4,75(2010) + 9(8\ 160)}{18} = 4\ 610,42 \text{ kg}$$

- Esfuerzo debido al impacto

Se tomará como coeficiente de impacto $I = 30\%$ y se le aplicará a los esfuerzos obtenidos por sobrecarga.

$$V_{\text{Imáx}} = 0,3(9\ 718,33) = 2\ 915,50 \text{ kg}$$

$$V_{L/4} = 0,3(7\ 238,33) = 2\ 171,50 \text{ kg}$$

$$V_{L/2} = 0,3(4\ 610) = 1\ 383,13 \text{ kg}$$

- Esfuerzos cortantes totales

$$V_{\text{tmáx}} = 27\ 493,2 + 9\ 718,33 + 2\ 915,50 = 40\ 126,86 \text{ kg}$$

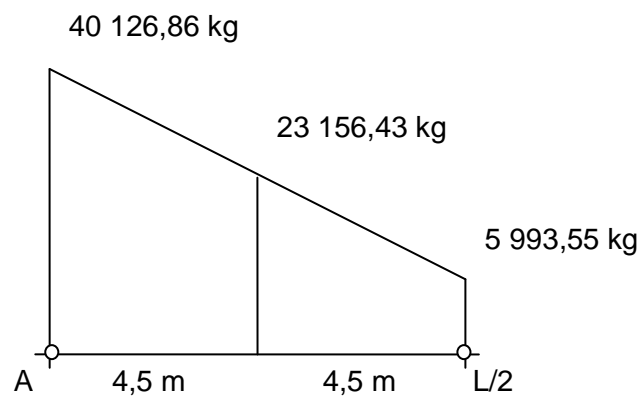
$$V_{L/4} = 13\ 746,60 + 7\ 238,33 + 2\ 171,50 = 23\ 156,43 \text{ kg}$$

$$V_{L/2} = 0 + 4\ 610 + 1\ 383,13 = 5\ 993,55 \text{ kg}$$

- Cálculo del refuerzo

Determinando la magnitud de las cargas, en posiciones específicas se obtiene el siguiente diagrama:

Figura 16. **Diagrama de corte real**



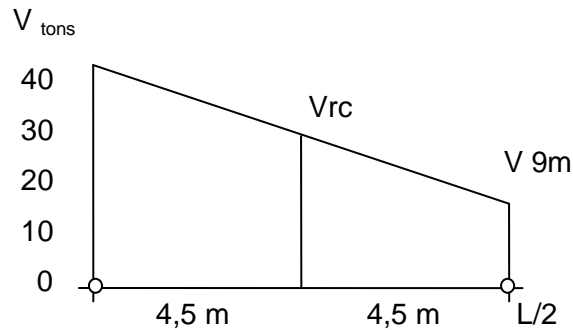
Fuente: elaboración propia.

Con base al diagrama de corte real y con la siguiente fórmula, se calcula la fuerza última de resistencia del concreto a corte:

$$V_{rc} = 0,85 * 0,53 * \sqrt{F_c} * b * d$$

$$V_{rc} = 0,85 * 0,53 * \sqrt{210} * 50 * 95 = 31\ 009,735 \text{ kg}$$

Figura 17. Diagrama de corte de diseño



Fuente: elaboración propia.

Por medio del diagrama de corte de diseño se obtiene el corte máximo ($V_{m\acute{a}x}$). Una vez determinados estos esfuerzos (V_{rc} y $V_{m\acute{a}x}$); se calcula el esfuerzo cortante que será absorbido por el acero; el cual se obtiene por medio de la siguiente fórmula:

$$V_s = V_{m\acute{a}x} - V_{rc}$$

$$V_s = 40\,126,86 - 31\,009,755$$

$$V_s = 9\,117,125 \text{ kg}$$

Comprobando límites de espaciamiento:

$$\text{Si } \emptyset * 1,1 * \sqrt{F_c} * b * d < V_s < 2,1 * \sqrt{F_c} * b * d \Rightarrow S_{m\acute{a}x} = S / 4$$

$$\text{Pero si, } V_s < \emptyset * 1,1 * \sqrt{F_c} * b * d \Rightarrow S_{m\acute{a}x} = d / 2$$

$$0,85 * 1,1 * \sqrt{210} * 50 * 95 = 64\,359,82 \text{ kg} > V_s$$

$$S_{m\acute{a}x} = d / 2 = 95 / 2 = 47,5 \text{ cm}$$

- Cálculo del espaciamiento

Para su cálculo se utiliza la siguiente fórmula:

$$S = \frac{A_v * F_y * d}{V_s}$$

Utilizando refuerzo No 3:

$$S = 2 * 0,71 * 2\ 810 * 95 / 9\ 117,125 = 41,57\text{ cm} \approx 40\text{ cm}$$

$$S/2 = 20\text{ cm}$$

Según especificación ACI, el primer estribo debe colocarse a S/2 y por criterio con este espaciamiento utilizarlo para 5 estribos.

2.2.7.5. Diseño de diafragmas

Los diafragmas serán colocados en los extremos de las vigas T y de las vigas rectangulares, a menos que otros medios sean suministrados, para resistir cargas laterales y mantener la geometría de la sección, como lo indica la Norma AASHTO 8.12.1.

La Norma AASHTO, en la sección 8.12.2, especifica que en la construcción de un diafragma intermedio es recomendado en el punto de máximo momento positivo para luces mayores de 40 pies (12,19 metros).

Debido a que la luz del puente es de 18 metros se utilizará diafragma intermedio.

El predimensionamiento de la sección de los diafragmas se hará con la siguiente fórmula:

Diafragma exterior $h = 0,5 * h \text{ viga}$

$$h = 0,5 * 1,00 = 0,50 \text{ m}$$

$b = 0,5 * b \text{ viga}$

$$b = 0,5 * 0,5 = 0,25 \text{ m}$$

Se propone: peralte de 50 cm y base 30 cm.

Según especificación AASHTO, el refuerzo será el equivalente al acero mínimo requerido por la sección.

Según especificación ACI:

$$A_s \text{ mín} = 14,1 / F_y * b * d$$

$$A_s \text{ mín} = 14,1 / 2810 * 30 * 65 = 9,75 \text{ cm}^2$$

Proponiendo armado: 4 No. 6 corridas.

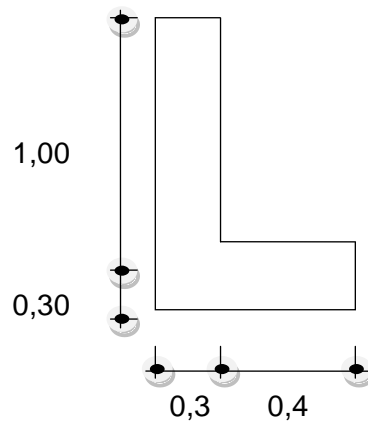
2.2.8. Diseño de la subestructura

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.

2.2.8.1. Diseño de la cortina

Para determinar la geometría de la cortina, se tomó en cuenta el espesor de la losa, la pendiente y el espesor del apoyo de la superestructura, lo cual dio como resultado:

Figura 19. Geometría de la cortina y viga de apoyo



Fuente: elaboración propia.

La cortina está empotrada sobre la viga de apoyo, actuando en ella las fuerzas de: empuje de la tierra (E), fuerza longitudinal (FL) y la fuerza de sismo (EQ).

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

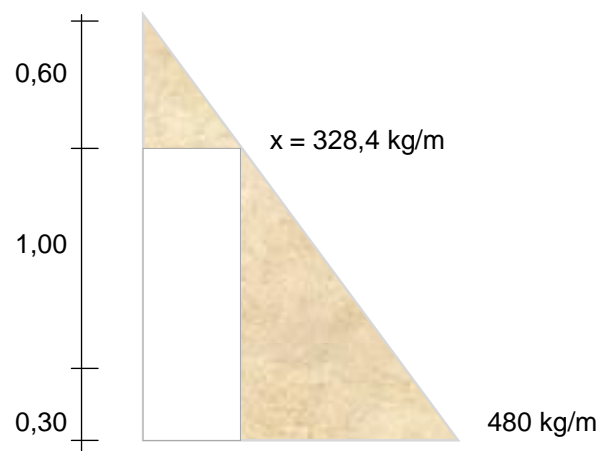
Grupo I:	esfuerzo 100%	$M = E * b$
Grupo III:	esfuerzo 125%	$M = E * b + FL * b$
Grupo VII:	esfuerzo 133%	$M = E * b + EQ * b$

El momento máximo se determina comparando los tres grupos de cargas.

- Empuje de la tierra

La cortina no debe diseñarse para menos de un equivalente líquido igual a 480 kg / m^3 e incrementando la altura de relleno en 0,6 metros.

Figura 20. **Diagrama de presiones**



Fuente: elaboración propia.

- Fuerza longitudinal

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.

$$CV = 0,05 * P15$$

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

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

$$\text{Punto de aplicación} = 0,5\text{ m}$$

- Fuerza de sismo

Se utilizará un 8%, según criterio de la sección de puentes de la Dirección General de Caminos de Guatemala.

El punto de aplicación se localiza en el centro de gravedad, actuando horizontalmente.

$$\text{Peso propio} = 2\ 400 * 0,3 * 1,00 = 720\text{ kg / m}$$

$$EQ = 0,08 * 720 = 57,6\text{ kg / m de ancho}$$

$$\text{Punto de aplicación} = 0,5\text{ m}$$

- Grupos de cargas

Grupo I: esfuerzo 100%

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

$$M_{100} = (328,4 * 1,00 / 2 + 328,4 * 1,00 * 1,00 / 2 * 1,00 / 3)$$

$$M_{100} = 218,93 \text{ kg-m}$$

Grupo III: esfuerzo 125%

Es necesario reducirlo para poderlo expresar al 100%. $M = E * b + FL * b$

$$M_{125} = 218,93 + 417 * 1 = 635,93 \text{ kg - m}$$

$$M_{100} = 635,93 / 1,25 = 508,74 \text{ kg - m}$$

Grupo VII: esfuerzo 133%

$$M = E * b + EQ * b$$

$$M_{133} = 218,93 * 1 + 57,6 * 0,5 = 247,73 \text{ kg - m}$$

$$M_{100} = 247,73 / 1,33 = 186,26 \text{ kg - m}$$

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

$$M_{\text{máx}} = 508,74 \text{ kg - m.}$$

- Cálculo de refuerzo

Se utiliza la fórmula citada anteriormente:

Donde:

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

$$d = 65 \text{ cm}$$

$$M_u = 508,74 \text{ kg} - \text{m}$$

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

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

Se obtiene:

$$A_s = 0,3625 \text{ cm}^2, \quad A_{s\text{mín}} = 9,78 \text{ cm}^2$$

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

$$A_{s\text{mín}} = 9,78 \text{ cm}^2$$

Proponiendo armado: utilizar 8 varillas No. 4

- Diseño a corte

Se calcula a partir del corte máximo

$$V_{\text{máx}} = 4012,69 \text{ kg}$$

$$V_{rc} = 0,85 * 0,53 * \sqrt{210} * 30 * 95 = 18605,84 \text{ kg}$$

Como $V_{rc} > V_{m\acute{a}x}$, el concreto resiste

$$S_{m\acute{a}x} = d / 2 = 95 / 2 = 47,5$$

Por criterio propio utilizar No 3 @ 20 cm

2.2.8.2. Dise\~no de la viga de apoyo

Debido a que este tipo de viga no posee puntos de apoyo separados por luces y no funciona a flexi3n, se dise\~nar\~a por aplastamiento.

- Carga muerta (CM)

$$W \text{ losa} = 2\,400 * 1,3 * 0,20 * 9 = 5\,616 \text{ kg}$$

$$W \text{ nervio} = 2\,400 * 0,5 * 1,00 * 9 = 10\,800 \text{ kg}$$

$$W \text{ diafragma} = 2\,400 * 2,5 * 0,5 * 1,4 = 504 \text{ kg}$$

$$W \text{ acera} = 2\,400 * 0,15 * 0,75 * 4 = 1\,602 \text{ kg}$$

$$CM = 19\,278 \text{ kg}$$

- Carga viva

$$\text{Sobrecarga} = 8\,160,00 \text{ kg}$$

$$\text{Impacto} = 2\,448,00 \text{ kg}$$

$$\text{Banqueta} = 416,15 \text{ kg}$$

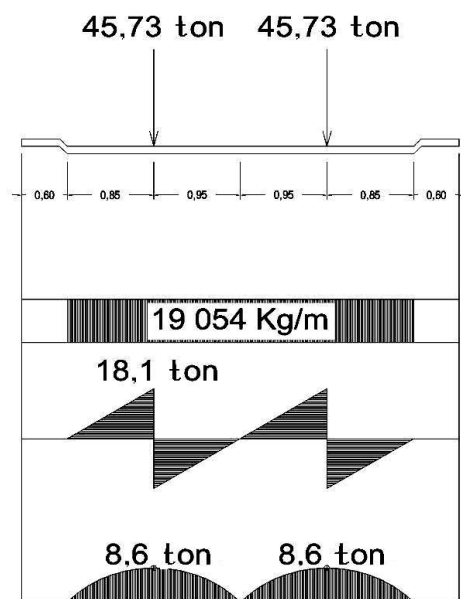
$$CV = 11\,024,45 \text{ kg}$$

- Carga total (P1)

$$P1 = CV + CM$$

$$P1 = 11\ 024,45 * 1,7 + 19\ 278 * 1,4 = 45\ 730,25 \text{ kg}$$

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



Fuente: elaboración propia, en Softdesk Autocad®.

- Cálculo del refuerzo

Del diagrama de momentos se obtiene: $M_{\text{diseño}} = 8\ 600 \text{ kg} \cdot \text{m}$

Datos:

$d = 27,5 \text{ cm}$

$b = 70 \text{ cm}$

Utilizando las fórmulas antes citadas para las áreas de acero se tiene:

$$A_s = 13,003 \text{ cm}^2$$

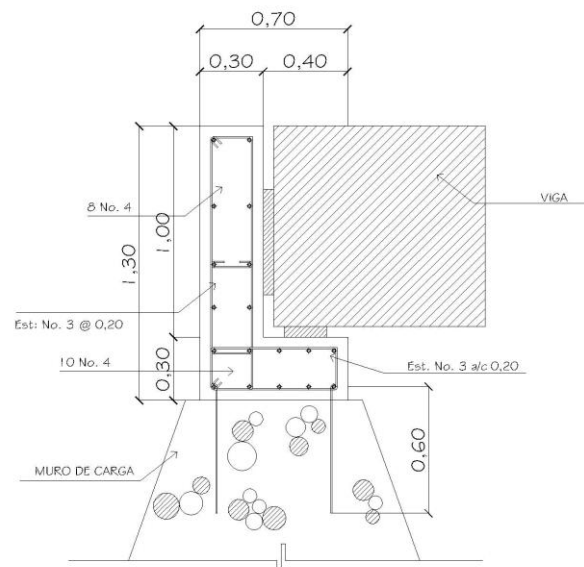
$$A_s \text{ mín} = 9,66 \text{ cm}^2$$

$$A_s \text{ máx} = 35,60 \text{ cm}^2$$

Como $A_s \text{ mín} = 9,66 \text{ cm}^2 < A_s = 13,003 \text{ cm}^2 < A_s \text{ máx} = 35,60 \text{ cm}^2$ Ok

Utilizar para el armado de la viga de apoyo 10 varillas No. 4

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



Fuente: elaboración propia, en Softdesk Autocad®.

- Diseño de neopreno

El neopreno se puede determinar a partir del esfuerzo máximo cortante de la viga principal. Se evalúa también según AASHTO sección 14.

$$V_{\max} = 40\,126,86 \text{ kg}$$

$$\text{Area} = 40 \text{ cm} * 40 \text{ cm}$$

$$\text{Grado} = 60$$

$$\text{Resistencia} = 11 \text{ kg/cm}^2$$

$$Y_{\text{Req}} = \frac{V_{\max}}{\text{Área}} = \frac{40\,126,86}{40 * 40}, \quad Y_{\text{Req}} = 25,08 \text{ kg/cm}^2$$

Requiere 2 capas de elastómero grado 60 y refuerzo

$$Y_{\text{Neopreno}} = (11 \text{ kg/cm}^2)(40 \text{ cm} * 40 \text{ cm}) * 2_{\text{capas}} * 1,5$$

$$Y_{\text{Neopreno}} = 52\,800 \text{ kg} > Y_{\text{Req}} = 40\,126,86 \text{ kg}$$

Reforzado con una capa de acero en medio, aumenta 50% la resistencia.

La compresión y rotación combinada está dada por:

$$\sigma_{cTL} \leq \frac{1,66GS/\beta}{1 \pm \frac{L\theta}{4\Delta_c}}, \quad \sigma = \frac{V}{wb} \quad \sigma = 25,08 \text{ kg/cm}^2$$

Obteniendo G, elastómero grado 60, los rangos de resistencia oscilan entre (0,93-1,43 Mpa o bien, 130 – 200 psi).

$$\Delta L \leq 0,5t = 0,5(0,5) = 2,5 \text{ cm}, \quad \theta = \tan^{-1} \frac{2,5}{5} = 26,56^\circ$$

$$\sigma_{cTL} \leq \frac{1,66GS/\beta}{1 \pm \frac{L\theta}{4\Delta_c}} = \frac{1,66(1,2)(0,25)/1}{1 \pm \frac{15,74(0,464\text{rad})}{4(0,984)_c}}$$

$$313 \text{ psi} \leq 356 \text{ psi} \quad \text{Ok}$$

Además, debe satisfacer el método de diseño A de elementos con refuerzo, $\sigma_{cTL} \leq 1000 \text{ psi}$, siendo $\sigma_{cTL} = 313 \text{ psi}$ Ok

Evaluando el esfuerzo a compresión según el capítulo 14 de la AASHTO en la sección 14.4.1.1, debe satisfacer:

$$\sigma_{cTL} \leq \frac{GS}{\beta}, \text{ donde } \sigma_{cTL} = \frac{V}{wb}, \quad \sigma_{cTL} = 25,08 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_{cTL} \leq \frac{1,20(11)}{(1)}$$

$$\sigma_{cTL} = 25,08 \text{ kg/cm}^2 \leq \sigma_{Neo} = 13,2 * 2 \text{ capas} = 26,4 \text{ kg/cm}^2 \quad \text{Ok}$$

Por seguridad, en la resistencia al corte del neopreno y debido a que son dos capas de elastómero, se le adicionara una capa de acero, considerada de la siguiente manera:

Evaluando el refuerzo de acero con una capa de 10 milímetros, el calibre o grosor de la lámina de acero (h_s) para cargas totales deberá satisfacer:

$$h_s \geq \frac{1,5(h_{r1} + h_{r2})\sigma_{cTL}}{F_y}$$

Donde h_{ri} es el calibre de la capa de elastómero en pulgadas y F_y es la resistencia de la capa del refuerzo en psi.

$$h_s = 0,0198" \approx 5 \text{ mm} \Rightarrow \text{Capa de } 10 \text{ mm} \geq 5 \text{ mm Ok}$$

Respecto a la estabilidad el elastómero debe estar dimensionado de tal manera que prevenga las fallas por inestabilidad. El promedio del esfuerzo a compresión (h_s) deberá satisfacer:

$$\sigma_{cTL} \leq G \left[\frac{3,84(h_{rt}/L)}{S\sqrt{1+2L/w}} - \frac{2,67}{s(s+2)(1+L/4W)} \right]$$

Donde el factor del perfil de una capa de elastómero

$$S = \frac{LW}{2h_{ri}(L+W)}, \text{ para cargas totales.}$$

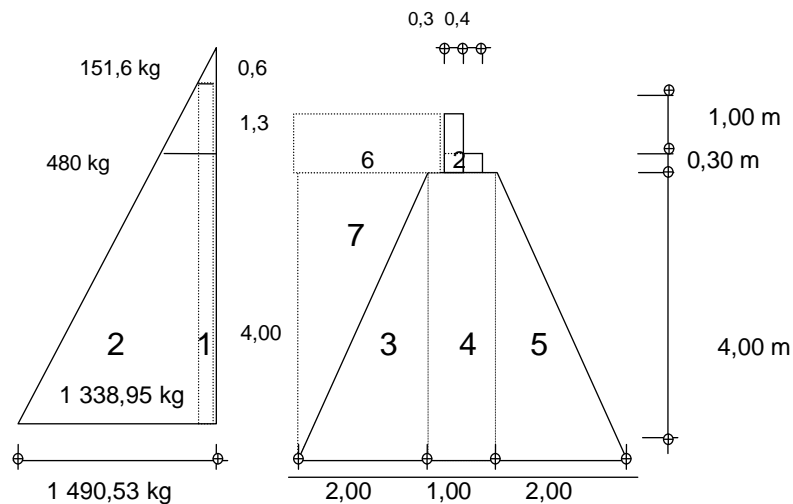
Donde $h_{rt} = \sum h_{ri}$ de las capas de elastómero en pulgadas, se tiene:

$$\Rightarrow \sigma_{cTL} \leq \frac{(120)}{(0,096)} \Rightarrow 356 \text{ psi} \leq 1250 \text{ psi Ok}$$

2.2.8.3. 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. La geometría del estribo será la siguiente:

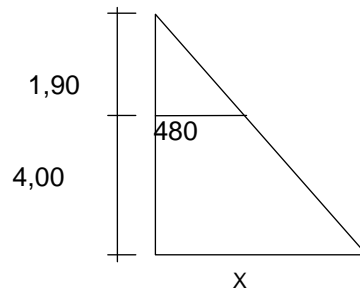
Figura 23. Diagrama y geometría del estribo



Fuente: elaboración propia.

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

Figura 24. **Relación de triángulos para obtener la cota de cimentación**



$$x = E_{\text{Ctciment}} = \frac{480 * 5,9}{1,9} = 1\ 490,526 \text{ kg}$$

Fuente: elaboración propia.

- Cálculo del 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:

$$\text{Empuje} = 151,8 * 5,3 = 803,374 \text{ kg}$$

$$\text{BP} = 5,3 / 2 = 2,65 \text{ m}$$

$$M_I = E * \text{BP}, \text{ entonces, } M_I = 803,374 * 2,65 = 2\ 128,94 \text{ kg} - \text{m}$$

Sección II:

$$E = 1\ 338,95 * 2,65 = 3\ 548,22$$

$$\text{B.P.} = 1/3 (5,3) = 1\ 766 \text{ m}$$

$$M_{II} = 6\ 268,52 \text{ kg} - \text{m}$$

Tomando los valores del empuje y el momento de volteo como $E = 5\,644,8$ kg y $MV = 8\,890,56$ kg – m, respectivamente.

Tabla X. **Cálculo de momento de volteo**

Sección	Altura	Presión	Empuje (kg)	B.P (m)	Momento (kg-m)
I	5,30	151,80	803,37	2,65	2 128,94
II	2,65	1 338,95	3 548,22	1,77	6 268,52
Sumatorias		$\Sigma E =$	4 351,60	$\Sigma M =$	8 397,46

Fuente: elaboración propia.

- Cálculo del momento estabilizante

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

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

$$\text{Peso} = 0,3 * 1 * 2\,400 * 1 = 720 \text{ kg}$$

$$\text{BP} = 2+1 - 0,15 - 0,15 = 2,7 \text{ m}$$

$$\text{Momento} = 720 * 2,7 = 1\,944 \text{ kg – m}$$

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

Tabla XI. **Cálculo del momento estabilizante**

Sección	Área	Peso (w)	B.P.	Momento
1	0,3	720	2,7	1 944,00
2	0,21	504	2,5	1 260,00
3	4,00	10 800	3,66	39 599,28
4	5,00	13 500	2,5	33 750,00
5	4,00	10 800	1,33	14 400,00
6	2,79	4 550	3,92	17 858,75
7	4,00	7 000	4,33	30 333,10

$$W = 47\ 874 \quad \& \quad M_E = 139\ 145,13$$

Fuente: elaboración propia.

- Revisión del muro sin superestructura

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

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

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

$$\text{Presiones} = P = W / A * [1 \pm (6 * e / b)] < 15\ 000 \text{ kg / m}^2$$

En 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

$$ME / MV = 139\,145,13 / 8\,397,46 = 5,58 > 15,57 \text{ Ok}$$

- Revisión de deslizamiento

$$D = 0,5 * W / E = 0,5 * 47\,874 / 4\,351,6 = 5,5 > 1,5 \text{ Ok}$$

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

$$a = (ME - MV) / W = (139\,145,13 - 8\,397,46) / 47\,874 = 2,731 \text{ m}$$

$$3 * a = 8,2 \text{ m}$$

$$e = b / 2 - a = 5 / 2 - 2,731 = -0,0231$$

$$P \text{ máxima} = 47\,874 / (5 * 1) * [1 + (6 * -0,0231) / 5]$$

$$P \text{ máxima} = 6\,920 \text{ kg} / \text{m}^2 < 15\,000 \text{ kg} / \text{m}^2 \text{ Ok}$$

$$P \text{ mínima} = 47\,874 / (5 * 1) * [1 - (6 * -0,0231) / 5]$$

$$P \text{ mínima} = 9\,840 \text{ kg} / \text{m}^2 > 0, \text{ entonces Ok}$$

Como la presión máxima es menor que la capacidad soporte del suelo y la presión mínima es mayor que cero; el muro resiste las presiones.

- Revisión del muro con superestructura y carga viva

Este chequeo se realiza para verificar si el muro resiste al agregarle el peso de las estructuras que tendrá que soportar. La carga muerta y viva es la misma que se calculó para la viga de apoyo.

$$\sum C = 1,4CM + 1,7CV = 45\,730,255 \text{ kg}$$

Brazo = 2,5 m (punto medio de la base)

$$ME2 = (CM + CV) * \text{brazo}$$

$$ME2 = 45\,730,255 * 2,5 = 114\,325,64 \text{ kg} - \text{m}$$

$$MET = ME2 + ME$$

$$MET = 114\,325,64 + 139\,145,13 = 253\,470,77 \text{ kg} - \text{m}$$

- Revisión de presiones:

$$a = \frac{(MET - MV)}{[(CM + CV) + W]}$$

$$a = \frac{(253\,470,77 - 8\,397,46)}{[(45\,730,255) + 47\,874]} = 2,618 \text{ m}$$

$$3a = 7,8546$$

$$e = 5 / 2 - 2,618 = -0,118$$

$$P \text{ máxima} = [(W + CM + CV) / A] * [1 + (6 * e) / b]$$

$$P \text{ máxima} = [(47\,874) / 5] * [1 + (6 * -0,118) / 5]$$

$$P \text{ máxima} = 12\,964 \text{ kg / m}^2 < 15\,000 \text{ kg / m}^2 \text{ Ok}$$

$$P \text{ mínima} = 8\,219 \text{ kg / m}^2 > 0 \text{ Ok}$$

La estructura si resiste las presiones

- Revisión del muro con sismo sin carga viva

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

$$W2 = W + Cm$$

$$W2 = 47\,874 + 1,4 (19\,278) = 74\,863,2 \text{ kg}$$

$$ME3 = ME + (CM * brazo)$$

$$ME3 = 139\,145,13 + (26\,989,2 * 2,5) = 206\,618 \text{ kg - m}$$

Fuerza horizontal:

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

$$FH = 1,08 * 4\,351,6 + 0,08 * 74\,863,2 = 10\,688,78 \text{ kg}$$

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

Sección	Área	Peso (W)	B.P.	Momento
1	0,30	720	4,80	3 456,00
2	0,21	504	4,15	2 091,60
3	4,00	10 800	1,33	14 400,00
4	5,00	13 500	2,00	27 000,00
5	4,00	10 800	1,33	14 400,00
6	2,80	4 550	4,65	21 157,50
7	4,00	7 000	2,67	18 666,67

$$M_H = M_{V2} = 101\,171,77$$

Fuente: elaboración propia.

$$MEQ = 0,08 * MV2$$

$$MEQ = 0,08 * 101\,171,77 = 8\,093,74 \text{ kg} - \text{m}$$

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

$$MV3 = (1,08 * 8\,397,46) + (26\,989,2 * 0,08 * 4,3) + 8\,093,94$$

$$MV3 = 26\,447,48 \text{ kg-m}$$

Chequeo de volteo:

$$V = ME3 / MV3 = 206\,618 / 26\,447,48 = 7,81 > 1,5 \text{ Ok}$$

Chequeo de deslizamiento:

$$D = (0,5 * W2) / FH = 0,5 * 74\,863,20 / 10\,688,784 = 3,5 > 1,5 \text{ Ok}$$

Como ambos resultados son mayores que 1,5, la estructura si resiste.

Revisión de presiones:

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

$$a = (206\,618,00 - 26\,447,48) / 74\,863,20 = 2,4 \text{ m}$$

$$e = 5 / 2 - 2,4 = 0,10 \text{ m}$$

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

$$P \text{ máxima} = (74\,863,2 / 5) * [1 + (6 * 0,1) / 5]$$

$$P \text{ máxima} = 16\,769,36 \text{ kg} / \text{m}^2 < V_s = 20\,000 \text{ kg} / \text{m}^2 \text{ Ok}$$

$$P \text{ mínima} = (74\,863,2 / 5) * [1 - (6 * 0,1) / 5]$$

$$P \text{ mínima} = 13\,175 \text{ kg} / \text{m}^2 > 0, \text{ entonces se encuentra dentro del rango.}$$

Como ambas presiones están dentro de los parámetros de diseño; la estructura sí resiste las presiones.

2.2.9. Presupuesto

En la integración del presupuesto se consideró como costos directos: la mano de obra calificada, no calificada, los materiales de construcción y el transporte de los mismos. Como costos indirectos se consideraron: la supervisión técnica, costos de administración y la utilidad; para estos costos se asumió un 10% del costo total de la obra.

Los salarios de mano de obra se tomaron con base a los que se pagan en la región. Los precios de los materiales se establecieron de acuerdo a los que se manejan en la región.

Tabla XIII. **Resumen del presupuesto del puente vehicular**

Proyecto: DISEÑO PUENTE VEHICULAR SOBRE RIO SAN JUAN

Ubicación: Caserío Ximbaxuc II

Municipio: CHINIQUE

Departamento: EL QUICHÉ

PRESUPUESTO INTEGRADO					
No.	DESCRIPCIÓN:	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO Q	TOTAL Q
1	LIMPIEZA GENERAL	150,00	M2	20,37	3 055,50
2	TRAZO Y PLANTEO	150,00	M2	14,50	2 175,00
3	EXCAVACION	156,50	M3	151,21	23 664,37
4	MUROS DE CARGA Y ALETONES	139,20	M3	2 274,55	316 617,36
5	VIGA DE APOYO Y CORTINA	8,00	ML	3 899,55	31 196,40
6	NEOPRENO	4,00	U	735,00	2 940,00
7	VIGAS PRINCIPALES	36,00	ML	3 942,63	141 934,68
8	DIAFRAGMA INTERIOR Y EXTERIOR	7,00	ML	4 790,39	33 532,73
9	FUNDICION DE LOSA	72,00	M2	2 116,43	152 382,96
10	BARANDA	36,00	ML	1 381,45	4 732,20
11	RELLENO	215,00	M3	537,39	115 538,85
12	LIMPIEZA FINAL	150,00	M2	13,00	1 950,00
	TOTAL				874 720,05

EL PRESENTE PRESUPUESTO ASCIENDE A LA CANTIDAD DE:
 OCHOCIENTOS SETENTA Y CUATRO MIL SETECIENTOS VEINTE MIL QUETZALES CON 05/100.

Fuente: elaboración propia en hoja de cálculo Excel[®], basada en cotizaciones en 2011.

2.2.10. Estudio de evaluación de impacto ambiental

Los impactos que la actividad generará tanto en la fase de planificación como de ejecución y servicio son positivos y negativos, de mayor y menor magnitud, de corta y larga duración en su mayoría. La planificación del proyecto no generará mayores impactos negativos al ambiente, ya que el área actual, no pasa de 200 metros cuadrados, sin embargo, si generará impactos positivos a la población en cuanto a vías de acceso.

Los mayores impactos negativos se generarán en la fase de construcción. Los impactos negativos por construcción que se generen negativamente afectarán el suelo, flora y la fauna, no así su funcionamiento.

Tabla XIV. **Flora predominante en el área del proyecto**

NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN	USO	ESTADO
<i>Pinus pseudostrobus</i>	Pino triste	Leña	Crítico
<i>Inus jorullensis</i>	Aliso	Leña y sombra	Crítico
<i>Quercus sp.</i>	Encino	Leña y sombra	Crítico
<i>Bixa orellana</i>	Achote	Comercial	Normal
<i>Capcicum frutescens</i>	Chile 7 caldos	Comestible	Normal
<i>Arbutus Xalapensis</i>	Madrón	Leña	Crítico

Fuente: elaboración propia.

La fauna en el área del proyecto es escasa por ser área deforestada, especialmente la fauna mayor, en los alrededores del municipio (área rural), se observó fauna menor especialmente microfauna (insectos) y mayor. En los riachuelos no se encontró evidencias de fauna acuática como peces, crustáceos, moluscos o mamíferos acuáticos. Sólo batracios. Se debe sembrar en las cercanías del proyecto flora adecuada, para atraer aves de la región.

Tabla XV. **Fauna existente en el área del proyecto**

NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMUN	ESTADO	USOS
Aves			
<i>Sylvilagus sp</i>	Conejo	Crítico	Mascota y comestible
<i>Quiscalus mexicanus</i>	Zanate	Normal	Caza furtiva
<i>Otus sp</i>	Tecolote	Muy crítico	Caza furtiva
<i>Procyon lotor</i>	Mapache	Crítico	Caza furtiva
<i>Buteo sp. Accipiter sp</i>	Gavilán	Muy crítico	Caza furtiva
<i>Tinnunculus sparverius</i>	Gavilancillo	Muy crítico	Caza furtiva
<i>Caragrus atratus</i>	Zope	Muy crítico	Caza furtiva
<i>Dasypus novencinctus</i>	Armadillo	Crítico	Comestible
<i>Soeloporus malachiticu</i>	Lagartija	Crítico	Caza furtiva

Continuación de la tabla XV.

Reptiles y Anfibios			
<i>Abronia sp</i>	Lagartija	Crítico	Caza furtiva
<i>Ninia pavimentata</i>	Culebra basurera	Crítico	Caza furtiva
<i>Bufo marinus</i>	Sapo	Muy crítico	Caza furtiva
Mamíferos			
<i>Mycrotus guatemalensis</i>	Rata	Buena	Ninguno
<i>Didelphys marsupialis</i>	Tacuazín	Crítico	Comestible
<i>Orthogeomys grandis</i>	Taltuza	Muy crítico	Comestible
<i>Sciurus Sp</i>	Ardilla	Crítico	Mascota
<i>Mustela frenata</i>	Comadreja	Crítico	Ninguno

Fuente: elaboración propia.

2.2.10.1. Especies amenazadas, endémicas o en peligro de extinción

Se identificó como sistema frágil al riachuelo sobre el cual se construirá el proyecto, por su bajo caudal en época seca, se encuentra contaminado con aguas residuales. Existen grupos de viviendas riachuelo arriba que descargan directamente las aguas de drenaje a este cuerpo de agua.

Los impactos positivos que se generen favorecerán el paisaje, favorecerá la economía debido a la comunicación vehicular de aldeas vecinas y la infraestructura instalada que dará oportunidades de trabajo temporal y mayor plusvalía al caserío.

Para identificar los impactos sobre los factores ambientales: agua, suelo, aire, aspecto socioeconómico y cultural se enumeran actividades en las acciones del proyecto.

2.2.10.2. Acciones del proyecto

Entre las acciones se pueden determinar la ocupación del suelo (terreno) donde se construirá el proyecto. El consumo de agua (fase de construcción y de ejecución). El ruido, la eliminación de residuos, instalaciones, el tráfico vehicular y peatonal; también, la manipulación y acarreo de materiales.

2.2.10.3. Identificación y valoración de impactos ambientales

Cada uno de los componentes del medio puede ser potencialmente afectado de distinta forma por una misma acción, a lo largo de la construcción del proyecto o en la etapa de funcionamiento. Posibles cambios que puedan afectar a los elementos fundamentalmente del medio físico y socioeconómico.

Tabla XVI. **Medio físico, cambios y valoración**

MEDIO FÍSICO	CAMBIOS	VALORACIÓN
Riesgo de erosión.	Si	negativo
Riesgo de movimiento de masas, deslizamientos, desprendimientos, etcétera.	Si	negativo
Cambios en el clima local.	No	---
Alteración en el nivel de ruido.	Si	negativo
Cambios en los causes.	No	-----
Cambios en la calidad de las aguas superficiales en el área.	No	-----
Eliminación de riesgos de contaminación de acuíferos.	No	----
Eliminación de vertidos líquidos al suelo.	Si	negativo
Alteración de habitats de fauna.	Si	negativo
Calidad visual.	Si	positivo
Medio socioeconómico.	Si	positivo
Generación de empleo temporal.	Si	positivo
Cambio en la estructura de la distribución espacial de la población.	Si	positivo
Alteración de la superficie agrícola.	No	positivo
Cambio en la producción agrícola.	No	_____
Ordenamiento del área.	Si	positivo
Cambios en el uso del suelo.	Si	positivo
Infraestructura para el sistema de agua.	Si	positivo
Participación ciudadana.	Si	positivo
Eliminación de los conflictos sociales, debido a la dificultad de transporte.	Si	positivo

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVII. **Impactos al ambiente y valoración**

IMPACTO	VALORACIÓN
Generación de desechos sólidos comunes.	Negativo temporal
Generación de niveles sonoros.	Negativo temporal
Aumento peatonal.	Positivo permanente
Alteración de la micro fauna.	Negativo
Alteración de la micro flora.	Negativo
Abastecimiento de agua potable.	Negativo temporal
Manejo de aguas servidas.	Negativo temporal

Fuente: elaboración propia, según requerimientos del MARN.

2.2.10.4. Medidas de mitigación

Como medida de mitigación, se entiende toda aquella medida o acción destinada a minimizar los impactos ambientales negativos ocasionados por la ejecución u operación de la actividad del proyecto. De acuerdo con los factores ambientales impactados se tiene que las medidas de mitigación son:

- Áreas de trabajo

En la etapa de construcción de la carretera, cada área debe estar debidamente rotulada y señalizada, tanto en las vías de acceso y tránsito como en los sectores cercanos a la carretera.

- Mantener informada a la población

Es importante el involucramiento de las autoridades locales en el acompañamiento de las acciones del proyecto y facilitar los procesos de participación, para que se dé apropiación del mismo por parte de los beneficiarios. Cuando empiece la fase de construcción, se debe informar a la población sobre los días y horarios de restricción del paso de vehículos, como mantener señalizaciones de parada y espera de vehículos en ambos lados a modo de aprovechar un lado habilitado de la carretera, mientras se construye el otro lado, buscar rutas alternas de paso en los días de fundición y trabajos de superestructura o bien planificar los itinerarios de paso previamente convenidos con la población y la municipalidad.

Hacer señalización diurna y también nocturna, haciendo énfasis del estado de la carretera en construcción.

- Contaminación del suelo, acuíferos y aguas superficiales

Los movimientos de tierra deben hacerse de acuerdo a las especificaciones técnicas y bajo supervisión. El suelo constituye el factor ambiental más susceptible de sufrir alteraciones e impactos negativos, por lo tanto, se debe manejar con particular cuidado; uno de los primeros pasos en las medidas de mitigación es establecer un plan de manejo para el suelo en las áreas públicas, se debe controlar la erosión durante la etapa de construcción por medio de mantenimiento y la conservación de la cobertura vegetal, así como, la atención a las recomendaciones de la obra civil, especialmente en el movimiento de tierra producto de la construcción y remodelación. También el tapado de montículos de tierra sobre el área de construcción.

- Erosión

La erosión será más severa durante la fase de construcción, aunque siempre tendrá algún efecto en la operación, principalmente en la época de lluvia (se tratará que el proyecto esté terminado para la entrada del próximo invierno); se puede reducir cubriendo con material impermeable la tierra excavada. Sembrar en los taludes o paredones del barranco arrayan, zacatón, carrizo y bambú, para que no se siga erosionando los taludes y así mismo, iniciar una obra civil de técnica combinada de estabilización taludes que consistiría en técnica combinada de terraza y llantas, técnica combinada de barreras vivas y muertas.

- Emisiones de partículas al aire

Durante la fase de construcción y de operación se generará impacto negativo al aire, en la primera fase por partículas de polvo dado el movimiento de tierra y de vehículos. Para mitigar estos impactos, se debe hacer riego en las áreas expuestas al viento pero a capacidad de campo sin saturación a modo de no erosionar el suelo.

- Ruido

El mayor impacto se da en la fase de corte, relleno y nivelación de terreno y en construcción en que se utilizará maquinaria pesada, durante la operación será producido principalmente por la circulación vehicular. Mantener en buenas condiciones mecánicas los vehículos y maquinaria mediante el mantenimiento, evitar alarmas de retroceso, otras generaciones de sonidos adicionales que no sean necesarias, establecer horarios diurnos para las actividades de construcción.

Mantener el control para evitar los basureros clandestinos cercanos al proyecto y evitar las deyecciones a cielo abierto y por lo menos a 100 metros de distancia del riachuelo.

2.2.10.5. Responsables de la ejecución de las medidas de mitigación

Para garantizar la ejecución de las medidas de mitigación propuestas, se debe asignar a cada institución su responsabilidad en las mismas. Estas medidas y sus responsables se detallan en la siguiente tabla.

Tabla XVIII. Responsables de la ejecución de las medidas de mitigación

MEDIDAS DE MITIGACIÓN	RESPONSABLE
Manejo de desechos sólidos	Empresa ejecutora y Municipalidad de Chinique
Siembra de árboles de crecimiento rápido como barreras vivas en el área del perímetro	Empresa ejecutora y Municipalidad de Chinique
Mantenimiento del proyecto	Municipalidad de Chinique
Protección de suelos en la excavación	Empresa desarrolladora
Chequeos de construcción	Empresa desarrolladora y Municipalidad de Chinique
Plan de control de plagas (zancudos)	Ministerio de Salud
Divulgación de información sobre el buen manejo de desechos (reducir, reutilizar, reciclar)	Empresa desarrolladora y Municipalidad de Chinique

Continuación de la tabla XVIII.

MEDIDAS DE MITIGACIÓN	RESPONSABLE
Vigilancia para el control de incendios	Empresa desarrolladora y Municipalidad de Chinique
Control de deslaves y erosión en la etapa construcción	Empresa desarrolladora
Mantenimiento de vías de acceso y señalización correspondiente en la etapa de construcción	Empresa desarrolladora

Fuente: elaboración propia, según requerimientos del MARN.

2.2.10.6. Plan de gestión ambiental

Para la ejecución de las acciones que se tomarán para la disminución de los impactos al ambiente, se ha elaborado un plan de gestión ambiental, determinando variables, medidas de mitigación y el costo estimado de las mismas. También, se incluye a los responsables de la ejecución del plan que se detalla en la tabla del apéndice 2.

2.2.10.7. Análisis de vulnerabilidad y riesgo

Existe una alta amenaza de deslizamiento por tener pendientes de más de 40% y el grado de deforestación que deja al descubierto el suelo clase agrológica VII (considerablemente frágil), además es una zona de sismo de 5 a 6 grados en la escala de Richter, lo que hace una zona de alto riesgo a deslizamientos, especialmente, en la ubicación del proyecto.

La amenaza volcánica el terreno presenta un bajo riesgo de ser afectado por lahares provenientes de la actividad volcánica, ya que el cinturón volcánico está ubicado al sur del municipio y del área del proyecto. No pone en riesgo considerable al área del proyecto por lahares. En el área del proyecto no se localizan flujos de lava piroclásticos provenientes de la actividad volcánica es de muy baja amenaza.

De lo anterior, se concluye que la zona donde se ubica el proyecto es vulnerable a la actividad sísmica, en la etapa de construcción deben tomarse todas la medidas posibles (construcción sismorresistente, manejo de suelos, estabilización de taludes con obra civil combinada), a efecto de minimizar la vulnerabilidad y garantizar el mejor comportamiento de la estructura instalada. Así como, tener un plan de contingencia ante sismos y plan de respuesta a emergencia para la rehabilitación vial.

CONCLUSIONES

1. El proyecto que se presenta será de mucha importancia para el caserío El Madrón, 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 20 años, en cantidad de agua suficiente y de mejor calidad.
2. El caserío Ximbaxuc II 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. De acuerdo a los costos de cada proyecto, se consideran que estos son accesibles para ser financiados tanto por la Municipalidad de Chinique como por instituciones de carácter gubernamental, por lo que la municipalidad deberá hacer las gestiones respectivas a efecto de que estos puedan ser llevados a la realidad en el menor tiempo posible.
4. El programa de EPS representa para el estudiante de Ingeniería, la mejor opción para poner en práctica todos los conocimientos adquiridos durante la formación académica. Además, el de conocer la realidad que viven las comunidades en el interior de la república y desde esta perspectiva elaborar propuestas para mejorar la calidad de vida de los habitantes de las comunidades más alejadas en las áreas rurales del país.

RECOMENDACIONES

A la Municipalidad de Chinique de las Flores

1. Durante la construcción de los proyectos garantizar la supervisión técnica.
2. Se sugiere buscar apoyo gubernamental y no gubernamental para el financiamiento de los proyectos.
3. Es aconsejable gestionar la continuidad del programa de EPS, para que se le dé seguimiento a los proyectos presentados.
4. Ejecutar acciones a través del consenso con autoridades locales para mantener en buen estado las obras.

A las comunidades beneficiadas

5. 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.
6. Monitorear el funcionamiento de los proyectos, para darles el mantenimiento correspondiente, por medio de autoridades comunitarias y comisiones de agua.

7. La duración y eficiencia de los sistemas será directamente proporcional al mantenimiento que se le dé, por lo que se recomienda que el personal capacitado de la entidad municipal, revise y recorra la totalidad del sistema en busca de anomalías y realizarse las respectivas reparaciones.

8. 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.

BIBLIOGRAFÍA

1. Asociación Oficial Americana de Carreteras y Transportes. *Especificaciones técnicas para el diseño de puentes de concreto reforzado*. Estados Unidos: AASHTO, 1996. 677 p.
2. CANALES PORTILLO, Marvin Enrique. *Diseño de tres puentes vehiculares y de un Camino vecinal, para el municipio de El Tumbador, departamento de San Marcos*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2002. 130 p.
3. LÓPEZ BARRIOS, Edgar. *Diseño de puente vehicular San Andrés La Lima, municipio de Malacatán, San Marcos*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2007. 135 p.
4. SECRETARÍA GENERAL DE PLANIFICACIÓN. *Caracterización municipal, Chinique de Las Flores, Quiché*. Guatemala: Segeplan, 2002. 40 p.

APÉNDICES

Apéndice 1. **Plan de gestión ambiental del proyecto sistema de abastecimiento de agua del caserío El Madrón**

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 1.

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 1.

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, basado en requerimientos del MARN.

Apéndice 2. Plan de gestión ambiental del proyecto de puente vehicular del caserío Ximbaxuc II, Chinique

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 los 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 de apéndice 2.

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, basado en requerimientos del MARN.

Continuación del apéndice 3.

EST.	P.O.	Hi.	AZIMUT						HILOS						ANG. VERTICAL						COORDENADAS						OBS
			G		M		S		SUP	MED	INF	G	M	S	DIST. INCL.	DIST. HOR.	X	Y	COTA								
14	15	1.3	251	27	30	1.21	1	0.79	108	29	40	37.7738	9603.5859	9584.1904	913.36931	9639.3989	9596.2022	925.70417									
15	15.1	1.23	276	18	40	3.7	3.4	3.1	108	17	50	54.08626	9549.8274	9590.1359	893.31490	A 10 M. PASOS DE ZANJON											
15.2	15.3		261	13	10	1.81	1.5	1.19	110	58	30	54.05558	9550.1638	9575.9388	892.37637	VALVULA DE LIMPIEZA											
15.4	15.4		237	11	0	1.37	1	0.63	106	11	20	68.24782	9546.2298	9547.2033	893.78584	ENTRE 15.3 Y 15.4 PASO AEREO 40 M											
16	16		197	44	0	2.2	1	-0.2	80	31	0	136.237	9523.6414	9473.8764	890.35720	VALVULA DE LIMPIEZA											
16	16	1.26	215	38	50	2.77	2.15	1.53	85	32	0	233.4849	9532.4693	9361.7996	952.60147												
17	17	1.27	240	10	30	2.082	2	1.908	81	49	30	123.2479	9460.6413	9261.6458	961.33915												
18	18	1.38	206	17	20	3.35	2	0.65	89	15	0	18.02795	9445.0012	9252.6795	963.19899	VALVULA DE AIRE											
19	19	1.18	221	43	20	1.605	1.5	1.395	90	28	20	269.9537	9325.4394	9010.6465	966.11288	ENTRE 18 Y 19 PASO AEREO 20 M											
20	20	1.29	249	21	50	3.7	3.5	3.3	90	11	40	20.99857	9311.4644	8994.9736	965.61981	JUNTO A PASO AEREO V. DE LIMPIEZA											
21	21	1.29	253	19	10	1.64	1.15	0.66	102	9	0	39.99954	9274.0313	8980.8765	963.27406	CAJA ROMPEPRESION											
22	22	1.28	237	52	40	1.58	1	0.42	115	13	10	93.65876	9184.3137	8953.9931	943.24986												
22.1	22.2		221	54	30	3.05	2	0.95	105	43	30	94.94025	9103.9074	8903.5108	898.81501	DEZTA A 24 TUBERIA HG LIVIANO											
22.3	23		221	27	10	2.89	1.5	0.11	102	11	0	194.5751	9054.3491	8809.1875	887.74566	POR SER TERRENO DESLIZANTE											
23	23	1.39	223	6	38	3.34	1.8	0.26	101	16	25	265.6184	9008.4737	8754.9117	885.68200												
23.1	23.1		243	40	40	1.64	1	0.36	100	19	50	296.2288	8981.8685	8737.7353	883.67937												
24	24	1.42	225	51	50	2.15	1	-0.15	92	23	0	123.9838	8870.8297	8682.8029	861.48762	VALVULA DE LIMPIEZA											
24.1	24.2		229	26	0	1.785	1.4	1.015	115	17	10	228.6023	8817.0858	8577.8482	874.51309	VALVULA DE AIRE											
24.3	24.4		217	27	10	2.035	1	-0.035	100	4	20	62.95155	8769.2647	8536.9088	844.79469												
25	25		206	23	0	2.08	1	-0.08	100	25	10	200.6696	8695.0578	8418.5465	839.28892	VALVULA DE LIMPIEZA											
26	26		196	45	40	3.48	2	0.52	95	51	0	208.9351	8724.2404	8390.6756	836.51302												
26	26	1.21	231	0	30	1.043	1	0.957	83	14	0	292.925	8732.6116	8297.3680	843.92057												
27	27	1.28	262	14	20	1.55	1	0.45	80	39	40	319.1154	8760.9408	8263.7107	857.63139												
27.1	28		262	46	10	3.222	3	2.778	99	25	40	8760.9408	8263.7107	857.63139													
28	28	1.39	254	6	40	1.41	1	0.59	83	46	10	8.480606	8754.3494	8258.3747	858.86764	VALVULA DE AIRE											
28.1	29		269	43	0	2.31	2	1.69	98	38	10	8754.3494	8258.3747	858.86764													
29	29	1.26	262	14	20	1.55	1	0.45	80	39	40	60.60205	8693.7481	8258.075	848.87336	VALVULA DE LIMPIEZA											
30	30		262	46	10	3.222	3	2.778	99	25	40	107.1034	8648.2271	8243.9111	876.69114	VALVULA DE AIRE											
			254	6	40	1.41	1	0.59	83	46	10	43.20867	8605.3620	8238.4727	867.79647	VALVULA DE LIMPIEZA											
			271	9	40	1.86	1.5	1.14	96	8	0	81.03415	8570.2889	8221.7262	885.81800	VALVULA DE AIRE											
			250	17	40	2.72	2	1.28	79	36	20	8570.2889	8221.7262	885.81800													
			272	35	40	1.1	1	0.9	95	28	30	71.1781	8499.1254	8223.1685	878.05937	VALVULA DE LIMPIEZA											
			272	35	40	1.1	1	0.9	95	28	30	138.3124	8438.1349	8174.7519	910.76264												
			272	35	40	1.1	1	0.9	95	28	30	19.81793	8419.3373	8175.649	909.12312	TANQUE DE DISTRIBUCION 20 MG											

Continuación del apéndice 3.

EST.	P.O.	Hi.	Taqumetría												Coordenadas			OBS	
			AZIMUT						HILOS						DIST. HOR.	X	Y		COTA
			G	M	S	SUP	MED	INF	ANG. VERTICAL	G	M	S	DIST. INCL.						
41	41.1		281	29	55	1.56	1.4	1.24	99	52	50	31.05777	7163.2183	7791.9302	705.26330	CASA FLORINDA HERNANDEZ			
41.2	41.2		253	41	45	3.1	3	2.9	109	31	55	17.76444	7176.6027	7780.7519	702.77102	CASA DELFONSO AGUILAR			
42	42		236	25	40	2.32	2	1.68	118	2	20	49.85814	7152.1114	7758.1681	683.51942				
42	43	1.25	222	51	50	1.54	1	0.46	125	51	17	70.94714	7103.8490	7706.1659	632.49765	CAJA ROMPRESSION CON V. FLOTE			
43	43	1.3	172	40	20	2.85	2.4	1.95	112	15	25	77.08862	7113.6813	7629.7069	599.84896	CASA MARCOS AGUILAR			
43.2	43.2		179	29	9	2.85	2.9	2.95	112	15	25	-8.5654	7103.7721	7714.7309	634.40306	CASA GREGORIO AGUILAR			
43.3	43.3		165	23	40	1.75	1	0.25	107	52	30	135.868	7138.1099	7574.6884	588.97893	CASA RUDY CINTO			
43.4	43.4		174	52	50	2.275	1	-0.275	103	50	20	240.4107	7125.3014	7466.7142	573.57408	CASA DELFONSO AGUILAR			
44	44		249	7	40	2.295	2.1	1.905	91	8	10	38.98467	7067.4226	7692.2762	630.92453				
44	44	1.25	273	26	50	1.33	1.3	1.27	82	35	10	5.900098	7061.5332	7692.631	631.64227	CASA SANTOS AGUILAR			
45	45		258	5	40	2.01	1.9	1.79	86	19	0	21.90921	7045.9847	7687.7564	631.68493				
45	45	1.26	254	10	50	2.72	2.5	2.28	104	6	40	41.38464	7006.1675	7676.4746	620.04130				
46	46	1.28	262	38	50	0.99	0.5	0.01	102	39	20	93.29598	6913.6387	7664.5348	599.87217				
47	47	1.235	230	6	30	1	0.4	-0.2	103	51	50	113.1101	6828.8540	7591.9930	572.79090				
48	48	1.27	17	54	20	1.9	1.5	1.1	83	41	20	79.03328	6851.1527	7667.1982	591.30177	CASA EDWIN CINTO			
48.1	48.1		359	39	20	1.67	1.2	0.73	82	27	50	92.38314	6826.2986	7684.3744	585.08261	CASA VICTORIANO HERNANDEZ			
48.2	48.2		333	24	10	1.57	1	0.43	88	36	10	113.9322	6775.6447	7693.8684	575.83981	CASA SANTOS CINTO			
48.3	48.3																		
37.5	37.5	1.32	259	15	10	1.54	1	0.46	88	22	0	107.9123	7755.4659	8064.9987	749.99666	DERIVA RAMAL 1.2			
37.5.1	37.5.1	1.33	170	38	13	2.38	2	1.62	107	10	40	163	7781.9843	7904.1703	744.86000	CASA PEDRO HERNANDEZ			
37.5.1A	37.5.1A		182	14	45	2.45	2	1.55	107	10	40	82.14982	7752.2467	7982.9120	745.03000	CASA RONY HERNANDEZ			
37.5.1B	37.5.1B		203	37	25	3.2	2.5	1.8				81	7723.0070	7990.7867	743.86000	CASA JOSE HERNANDEZ			
37.5.1C	37.5.1C		192	12	10	2.63	2	1.37				265.63	7699.3191	7805.3704	742.86000	CASA SANTOS CINTO			
37.5.1D	37.5.1D		159	47	5	2.36	1.7	1.04				280	7852.2195	7802.2464	742.56000	CASA EMILIO AGUILAR			
37.5.1E	37.5.1E		139	20	25	3.42	2.5	1.58	95	22	40	182.3838	7874.3008	7926.6437	725.19102	CASA JUANA CINTO			
37.5.1F	37.5.1F		112	18	45	2.59	2	1.41	99	19	50	114.8982	7861.7613	8021.3766	723.98177	CASA JUAN BAUTISTA CINTO			
37.5.1G	37.5.1G		103	42	50	2.61	1.9	1.19	89	52	0	141.9992	7893.4170	8031.3344	743.29045	CASA FLORENCIO CINTO			
37.5.1H	37.5.1H		93	8	40	2.71	2	1.29	89	41	20	141.9958	7897.2479	8057.2097	743.63103	CASA SANTO G. CINTO			
37.5.1I	37.5.1I		106	22	10	2.34	1.5	0.66	88	42	10	167.9139	7916.5733	8017.6755	747.16235	CASA RAMIRO CINTO			
37.5.1J	37.5.1J		142	17	0	2.67	1	-0.67	94	13	40	332.1847	7958.6823	7802.2254	719.30396				
38A	38A	1.32	239	44	20	1.161	1	0.838	111	12	30	27.98597	7934.5097	7788.1221	708.76423	CASA ELDER HERNANDEZ			
38A.1	38A.1		298	19	55	2.01	1.5	0.99	99	27	0	99.25035	7871.3209	7949.3275	702.60417	CASA FULGENCIO HERNANDEZ			
38A.2	38A.2		271	41	45	2.4	1.5	0.6	95	6	35	178.5722	7780.1883	7807.5100	703.15627	CASA NAPOLEON HERNANDEZ			
38A.3	38A.3		324	5	0	1.9	1.2	0.5	89	14	5	139.975	7876.5718	7915.5871	721.29366	CASA EDUARDO AGUILAR			
38A.4	38A.4		308	44	45	1.88	1	0.12	92	51	20	175.5632	7821.7553	7912.1046	710.86684	DERIVA RAMAL 1.1.3 Y 1.1.4			
38A.5	38A.5		337	18	40	2.93	2	1.07	84	21	10	184.1989	7887.6318	7972.1697	736.83810	CASA RONY HERNANDEZ			
38A.6	38A.6	1.32	161	48	18	2.323	1.5	0.677	89	40	0	164.02	7912.7009	7929.3029	748.10000				
37.5	37.5																		
38A.8	38A.8																		

Fuente: elaboración propia, en hoja de cálculo Excel®.

Apéndice 4. **Parámetros de diseño del sistema de abastecimiento de agua Caserío El Madrón, Chinique, El Quiché**

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD
Aforo	0,35	l/s
Viviendas	32,00	unidades
Densidad poblacional	7,00	hab/vivienda
Población actual	224,00	habitantes
Período de diseño	20,00	años
Tasa de crecimiento	3,00	% anual
Población futura	413,00	habitantes
Dotación	60,00	l/hab/día
Caudal medio	0,29	l/s
Factor día máximo	1,20	--
Caudal de conducción	0,35	l/s
Factor hora máxima	2,00	--
Caudal de distribución	0,63	l/s
Caudal por vivienda	0,018	l/s/viv
Volumen de tanque	20,00	M ³

Fuente: elaboración propia, basado en requerimientos de MSPAS.

Apéndice 5. **Análisis físico-químico de la muestra de agua, del proyecto de agua del caserío El Madrón, Chinique**

ANÁLISIS DEL AGUA DEL PROYECTO			
PARÁMETRO	RESULTADO	LÍMITE ACEPTABLE (para uso humano)	LÍMITE MÁXIMO (para uso humano)
pH	6,9 unidades	6,5 a 7,5 unidades	6,0 a 8,0
Apariencia	crystalina	crystalina	crystalina
Oxígeno disuelto	4,86 miligramos por litro	3,0 a 4,5 miligramos por litro	2,0 a 3,0 mg/litro
Temperatura	30,1 grados centígrados	15,0 a 25 grados centígrados	34,0 grados centígrados
Amoníaco	0 miligramos por litro	0,01 miligramos por litro	0,02 mg / litro
Salinidad	0,0 partes por mil	0,00 partes por mil	0,00 partes por mil
Nitritos	0,02 miligramos por litro	0,01 mg / litro	0,02 mg/ litro
Cloro libre	0 ppm	0,05 ppm	0,1 ppm
Cloro total	0 ppm	0,05 ppm	0,1 ppm
Dióxido de carbono	10,6 ppm	25 a 50 ppm	50 a 100 ppm
Dureza	244 ppm	150 a 200 ppm	200 a 400 ppm

Fuente: elaboración propia, basado en requerimientos de MSPAS y UNEPAR.

Apéndice 6. **Libreta topográfica proyecto puente vehicular del caserío Ximbaxuc II, Chinique de las flores**

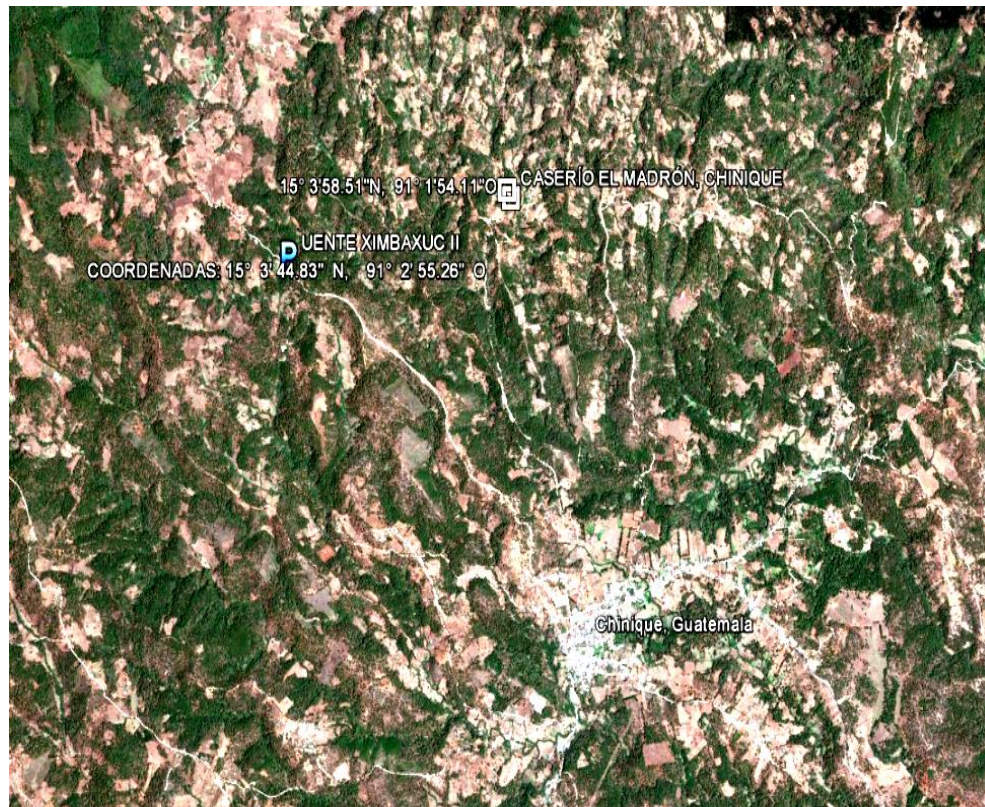
PROYECTO:			LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO					
UBICACIÓN:			CASERÍO XIMBAXUC					
FECHA:			MAYO DE 2011					
LEVANTAMIENTO:			LUIS ANTONIO GALLARDO					
ENTIDAD GESTORA:			MUNICIPALIDAD DE CHINIQUE					
						TAQUIMETRIA		
			AZIMUT			HILOS		
EST	P.O.	Hi	G	M	S	SUP	MED	INF
0	E1	1,385						
E1	1,1		263	8	20	2,138	2,100	2,062
	1,2		216	42	0	2,133	2,100	2,067
	1,3		241	19	40	1,100	1,000	0,900
	1,4		222	14	50	1,100	1,000	0,900
	1,5		198	24	10	1,138	1,000	0,862
	1,6		215	26	0	0,650	0,500	0,350
	1,7		196	52	30	1,180	1,000	0,820
	1,8		206	45	30	1,188	1,000	0,812
	1,9		240	11	50	1,574	1,500	1,426
	1,10		170	36	10	0,945	0,900	0,855
	1,11		247	5	20	1,220	1,200	1,180
	1,12		321	17	20	1,220	0,500	0,470
	1,13		354	56	40	0,545	0,500	0,455
	1,14		135	36	0	1,260	1,200	1,140
	1,15		110	58	40	1,261	1,200	1,139

Continuación del apéndice 6.

TAQUIMETRIA							
ANGULO VERTICAL				COORDENADAS			
G	M	S	D.H.	X	Y	COTA	
				100,000	100,000	100,000	
107	7	10	6,941	93,108	99,171	97,147	
110	12	20	5,813	96,526	95,340	97,146	
99	44	0	19,428	82,954	90,678	97,052	
101	5	50	19,259	87,052	85,743	96,607	
94	15	40	27,448	91,335	73,956	98,340	
94	23	30	29,824	82,709	75,700	98,595	
91	6	50	35,986	89,554	65,563	99,685	
90	57	50	37,589	83,076	66,436	99,753	
102	56	30	14,058	87,802	93,013	96,655	
111	48	0	7,759	101,267	92,345	97,382	
97	57	0	3,923	96,386	98,473	99,637	
92	28	30	5,989	96,255	104,673	100,626	
91	48	0	8,991	99,208	108,956	100,602	
96	35	0	11,842	108,286	91,539	98,818	
93	30	40	12,154	111,349	95,649	99,439	

Fuente: elaboración propia, en hoja de cálculo Excel®.

Apéndice 7. **Ubicación Geográfica de las comunidades Caserío El Madrón y Ximbaxuc II, Chinique**



Fuente: Digital Globe®, visualizada en Google earth® en noviembre de 2011.

ANEXOS

Anexo 1. Estudio de suelos (valor soporte), del proyecto puente vehicular sobre río San Juan del caserío Ximbaxuc II

SERVICIOS DE INGENIERÍA "EL PILAR"

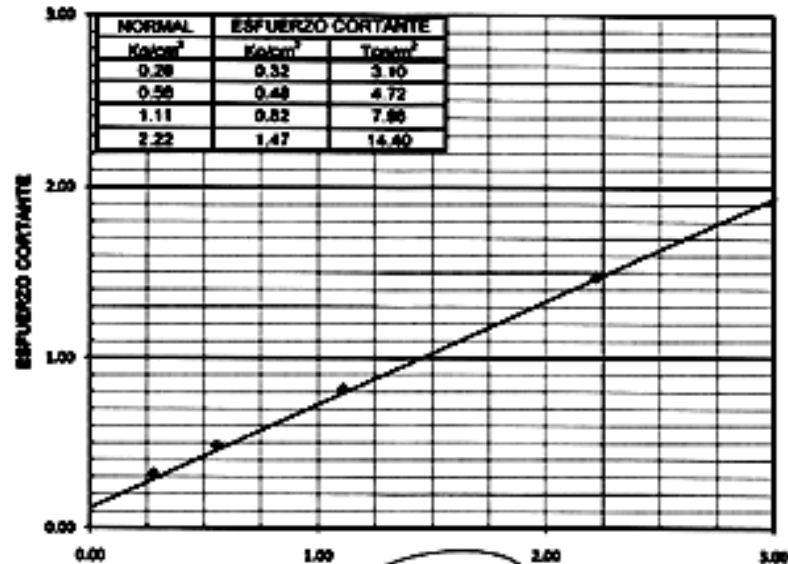
1a CALLE 1-45 ZONA 4. LA ESPERANZA. QUETZALTENANGO
TELÉFONOS: 5918-1882, 7772-0817, FAX 7772-0835

Nº. DE LABORATORIO: 01-11
 PROYECTO: DISEÑO DE PUENTE VEHICULAR SOBRE EL RÍO SAN JUAN DEL CASERÍO XIMBAXUC II GUINIGÜE, EL GUINIGÜE.
 SOLICITADO POR: LUIS ANTONIO GALLARDO MÉRIDA
 PROCEDENCIA DEL MATERIAL: POZO 1, PUNTO DE ENTRADA
 MATERIAL DE: SUELO NATURAL

INFORME DE EST

FECHA	PERFORACIÓN No.	MUESTRA No.	PROFUNDIDAD (m)	CONTENIDO DE HUMEDAD	DENSIDAD HUMEDA (kg/m ³)	COHESIÓN (kg/cm ²)	ϕ(°)
28/10/2011	1	1		17.11	1,886.00	0.16	30.68°

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA: ARENA ARCILLOSA
 ÚLTIMA RESISTENCIA DEL SUELO: 58.2 TON/m²
 VALOR SOPORTE MÁXIMO DE DISEÑO: 20.00 TON/m²



José Enrique Barrios Montes
 INGENIERO CIVIL
 Col. 4,100

José Enrique Barrios Montes
 ING. JOSÉ ENRIQUE BARRIOS MONTES
 GERENTE GENERAL
 SERVICIOS DE INGENIERÍA EL PILAR

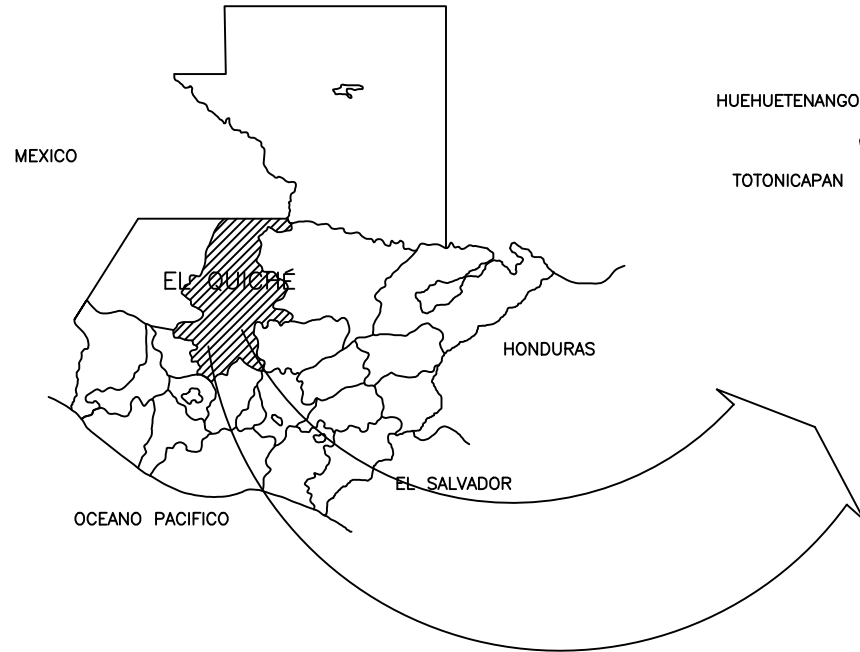
SERVICIOS DE INGENIERÍA EL PILAR
 Ing. Enrique Barrios Montes
 Quetzaltenango

Fuente: Servicios de Ingeniería El Pilar, Quetzaltenango.

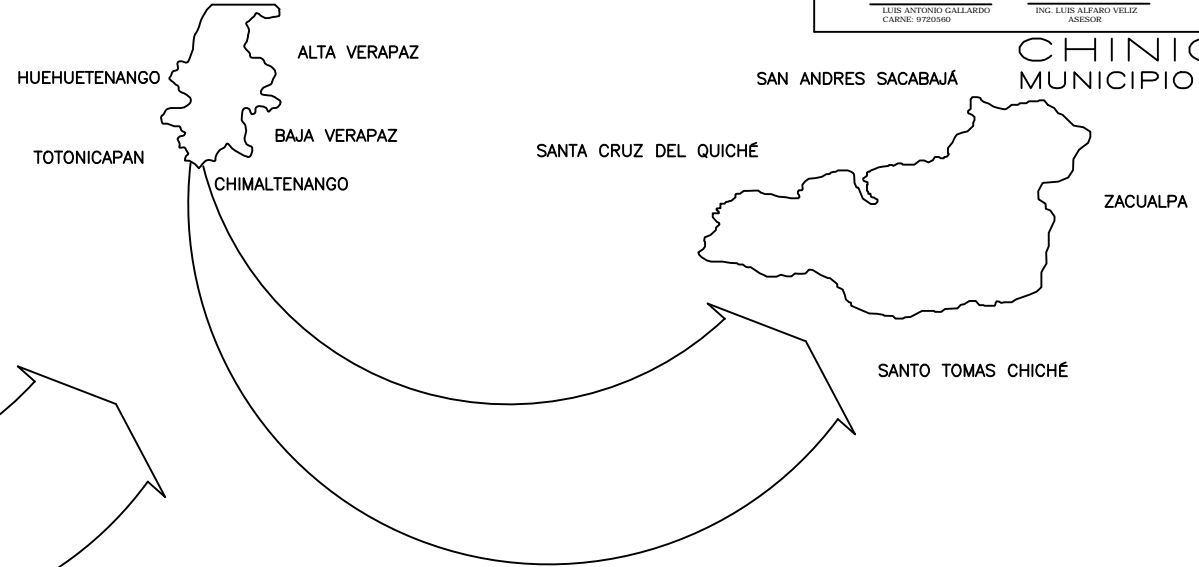
Anexo 2. **Planos del proyecto sistema de abastecimiento de agua potable del caserío El Madrón, Chinique, El Quiché**


INDICE DE PLANOS SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA	
HOJAS	CONTENIDO
1/18	Hoja de título
2/18	Planta de conjunto
3 - 11/18	Planta - Perfil
12/18	Detalles. Pasos de zanjón
13/18	Detalles. Pasos aéreos
14/18	Detalles. Cajas rompepresión + acometida domiciliar
15 –16	Detalles. Tanque de distribución
17/18	Detalles. Caja distribuidora de caudal
18/18	Detalles. Cajas de válvulas de aire y limpieza.

GUATEMALA



EL
QUICHÉ
DEPARTAMENTO



PROYECTO: DISEÑO Y PLANIFICACIÓN DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DEL CASERIO EL MADRON, DEL MUNICIPIO DE CHINIQUE DE LAS FLORES, EL QUICHÉ.		
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO FACULTAD DE INGENIERÍA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	CONTENIDO: UBICACION E INDICE	TOPOGRAFIA: LUIS A. GALLARDO M.
	PROPIETARIO: MUNICIPALIDAD DE CHINIQUE9@E1 =7<v	ASESOR: ING. LUIS ALFARO
LUIS ANTONIO GALLARDO CÁRNE: 9729560		ING. LUIS ALFARO VELIZ ASESOR
		FECHA: SEPTIEMBRE DE 2.011
		HOJA: 1 DE: 18

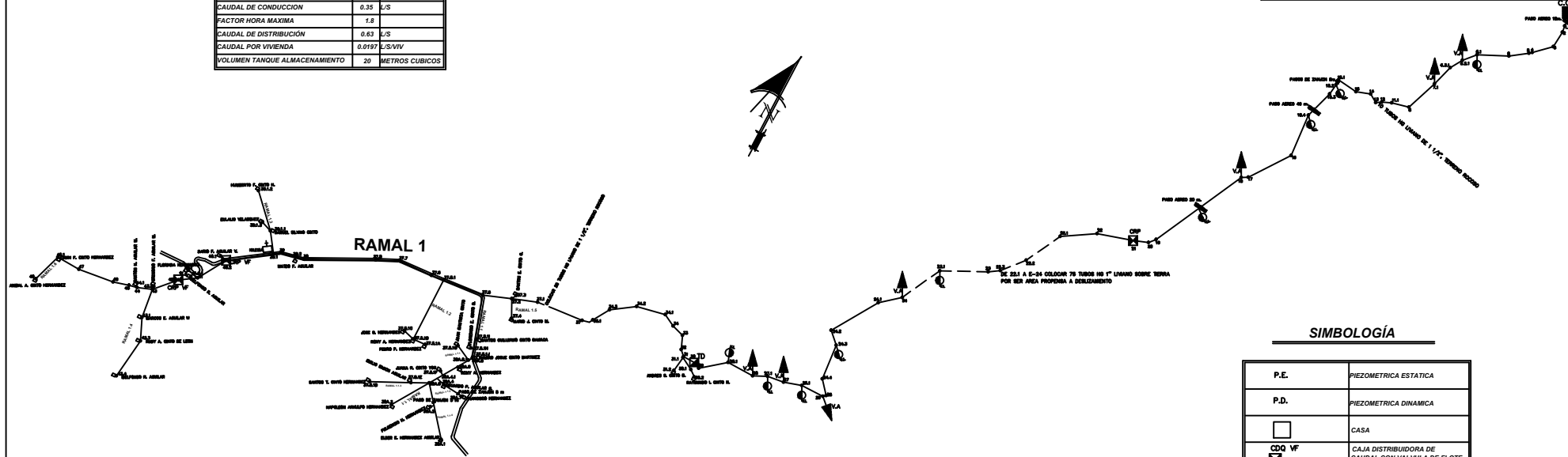
CHINIQUE
MUNICIPIO

INDICE DE PLANOS

HOJA TITULO	1/18
PLANTA CONJUNTO	2/18
PLANTA PERFIL	3/18 - 11/18
89H5@@9G'89'D5GCG'89'N5B>êB	12/18
DETALLES DE PASOS AEREOS	13/18
DETALLES DE CAJA DE CAPTACION + ACOMETIDA DOMICILIAR	14/18
DETALLES DE TANQUE DE DISTRIBUCION	15/18 - 16/18
DETALLES ROMPEPRESION DE 1M3 + CDQ	17/18
DETALLES CAJA DE VALVULAS, DE AIRE Y LIMPIEZA	18/18

DATOS DE DISEÑO

AFORO	0.35	L/S
VIVIENDAS	32	UNIDADES
DENSIDAD POBLACIONAL	7	HAB/VIV
POBLACION ACTUAL	224	HABITANTES
PERIODO DE DISEÑO	20	AÑOS
TASA DE CRECIMIENTO	3.1	% ANUAL
POBLACION FUTURA	413	HABITANTES
DOTACION	60	L/HAB/DIA
CAUDAL MEDIO	0.32	L/S
FACTOR DIA MAXIMO	1.2	
CAUDAL DE CONDUCCION	0.35	L/S
FACTOR HORA MAXIMA	1.8	
CAUDAL DE DISTRIBUCION	0.63	L/S
CAUDAL POR VIVIENDA	0.0197	L/S/VIV
VOLUMEN TANQUE ALMACENAMIENTO	20	METROS CUBICOS



PROYECTO: **DISEÑO Y PLANIFICACIÓN DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DEL CASERIO EL MADRON, DEL MUNICIPIO DE CHINIQUE DE LAS FLORES, EL QUICHÉ.**

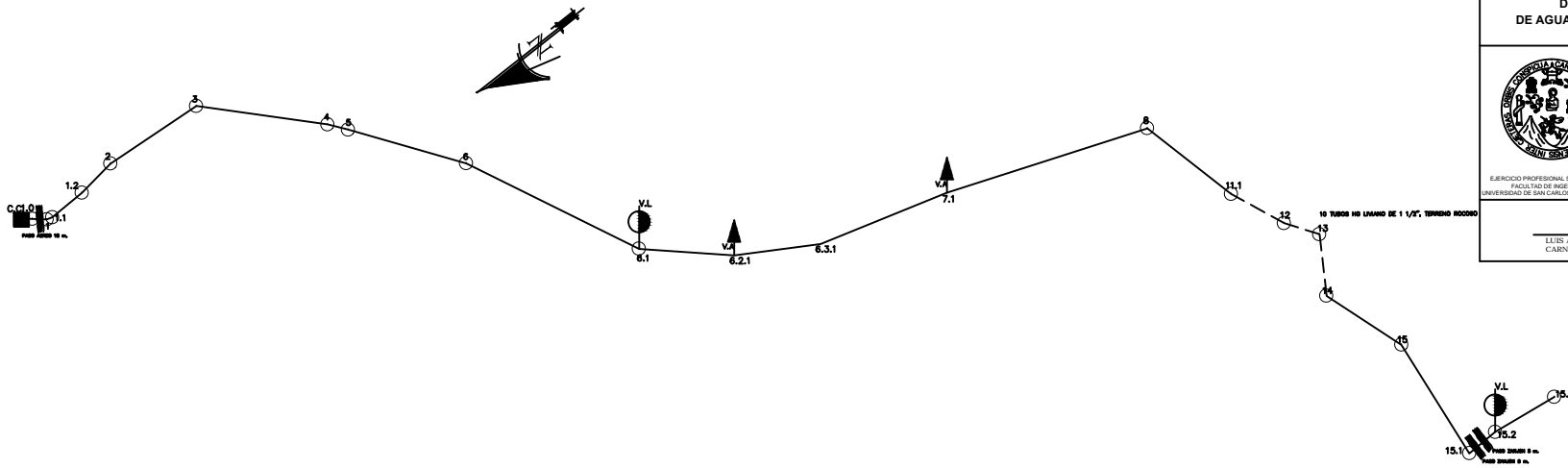
<p>EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO FACULTAD DE INGENIERÍA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA</p>	CONTENIDO: PLANTA DE CONJUNTO	TOPOGRAFIA: LUIS A. GALLARDO M. OSB-UK
	PROPIETARIO: MUNICIPALIDAD DE CHINIQUE 9@E1 =7 < v	ASESOR: ING. LUIS ALFARO
		FECHA: SEPTIEMBRE DE 2.011
LUIS ANTONIO GALLARDO CARNÉ: 9729560		ING. LUIS ALFARO VELIZ ASESOR
		HOJA: 2
		DE: 18

SIMBOLOGÍA

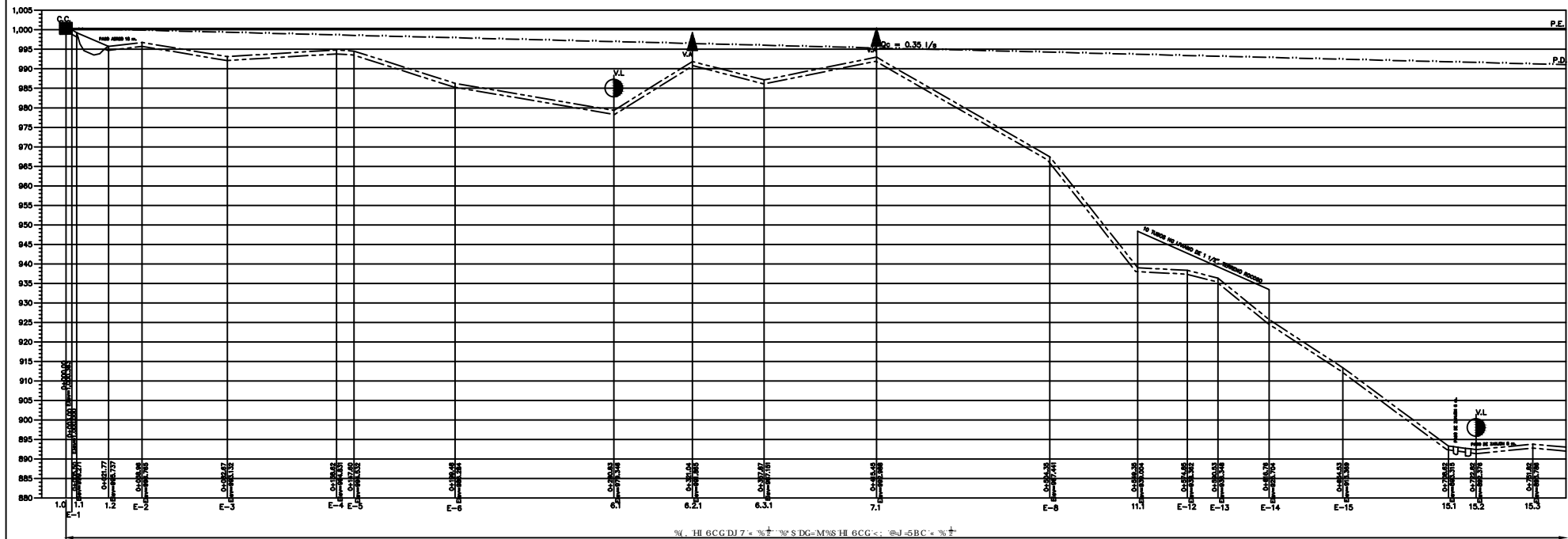
P.E.	PIEZOMETRICA ESTATICA
P.D.	PIEZOMETRICA DINAMICA
□	CASA
CDQ VF	CAJA DISTRIBUIDORA DE CAUDAL CON VALVULA DE FLOTE
CRP VF	CAJA ROMPE PRESION CON VALVULA DE FLOTE
▲	VALVULA DE AIRE
XL	VALVULA DE LIMPIEZA
C.C.	CAJA DE CAPTACION TIPICA
T.D.	TANQUE DE DISTRIBUCION
■	PASO AEREO DE ZANJON
○	ESTACION
Q _{ds}	CAUDAL DE DISEÑO
Q _c	CAUDAL DE CONDUCCION
---	TRAMO DE HG. SOBRE ROCA

PLANTA DE CONJUNTO

Escala 1/5000



PROYECTO: DISEÑO Y PLANIFICACIÓN DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DEL CASERIO EL MADRON, DEL MUNICIPIO DE CHINIQUE DE LAS FLORES, EL QUICHÉ.		
	CONTENIDO: PLANTA - PERFIL	TOPOGRAFIA: LUIS A. GALLARDO M.
	PROPIETARIO: MUNICIPALIDAD DE CHINIQUE	OSO-UK LUIS A. GALLARDO M.
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO FACULTAD DE INGENIERIA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA		ASESOR: ING. LUIS ALFARO
LUIS ANTONIO GALLARDO CARNÉ: 9729560		FECHA: SEPTIEMBRE DE 2.011
ING. LUIS ALFARO VELIZ ASESOR		HOJA: 3 DE: 18

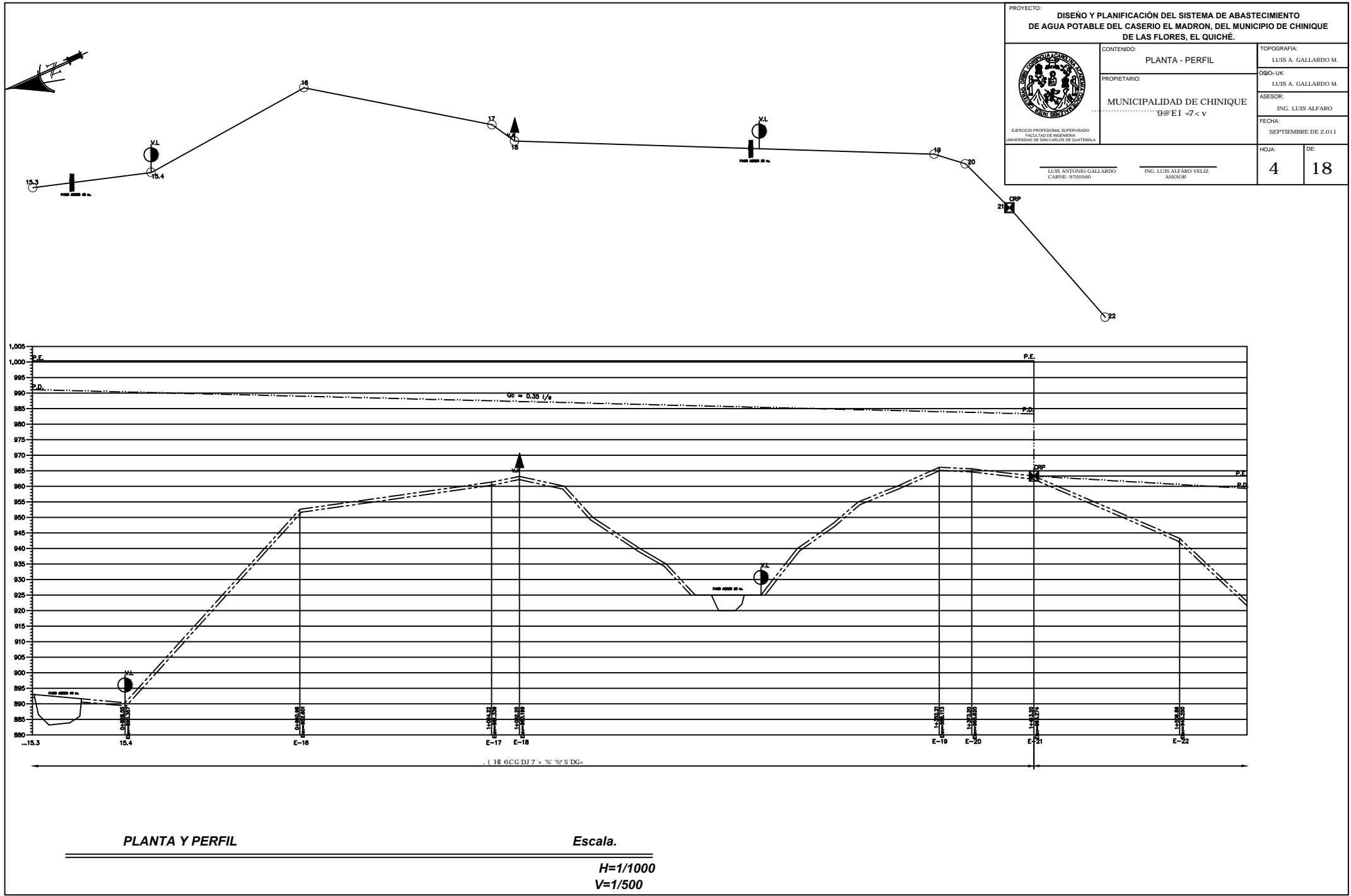



DE 1.0 A E-21 COLOCAR 148 TUBOS PVC DE 1 1/2", 10 TUBOS HG LIVIANO DE 1 1/2" Y 84 TUBOS DE 1" PVC DE 160 PSI

PLANTA Y PERFIL

Escala.

H=1/1000
V=1/500



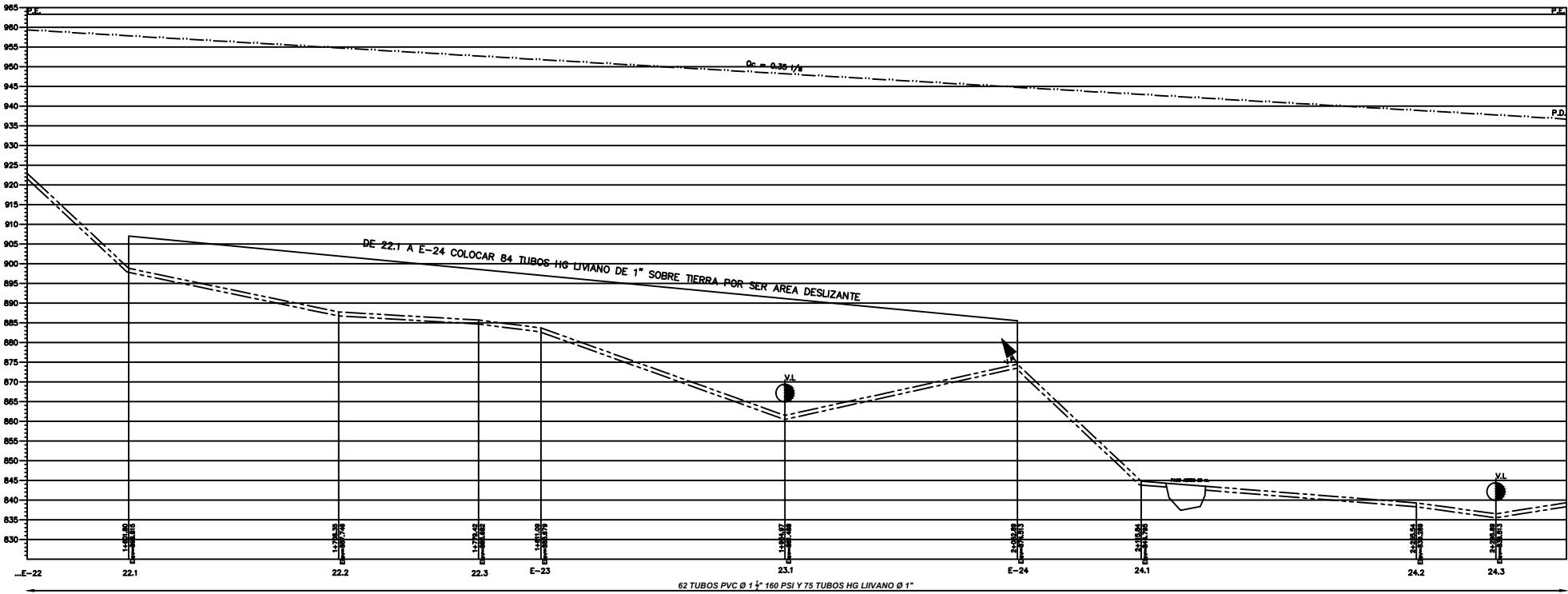
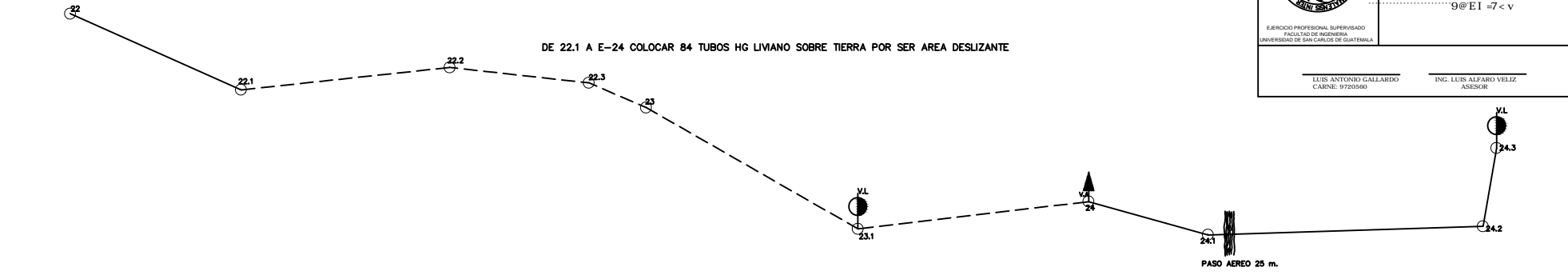
PROYECTO: DISEÑO Y PLANIFICACIÓN DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DEL CASERIO EL MADRON, DEL MUNICIPIO DE CHINIQUE DE LAS FLORES, EL QUICHÉ.		
	CONTENIDO: PLANTA - PERFIL	TOPOGRAFIA: LUIS A. GALLARDO M.
	PROPIETARIO: MUNICIPALIDAD DE CHINIQUE9@E1 =7 < v	ASesor: ING. LUIS ALFARO
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO FACULTAD DE INGENIERIA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA		FECHA: SEPTIEMBRE DE 2.011
LUIS ANTONIO GALLARDO CARNE: 9729560	ING. LUIS ALFARO VELIZ ASesor	HOJA: 4 DE: 18

PLANTA Y PERFIL

Escala.
 H=1/1000
 V=1/500




PROYECTO: DISÑO Y PLANIFICACIÓN DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DEL CASERIO EL MADRON, DEL MUNICIPIO DE CHINIQUE DE LAS FLORES, EL QUICHÉ.		
	CONTENIDO: PLANTA - PERFIL	TOPOGRAFIA: LUIS A. GALLARDO M.
	PROPIETARIO: MUNICIPALIDAD DE CHINIQUE	ASesor: ING. LUIS ALFARO
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO FACULTAD DE INGENIERIA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA		FECHA: SEPTIEMBRE DE 2.011
LUIS ANTONIO GALLARDO CARNÉ: 9729560	ING. LUIS ALFARO VELIZ ASesor	HOJA: 5 DE: 18

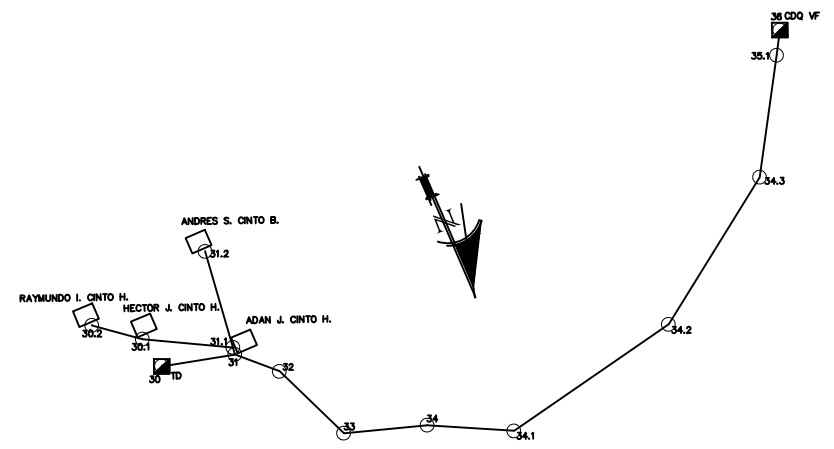
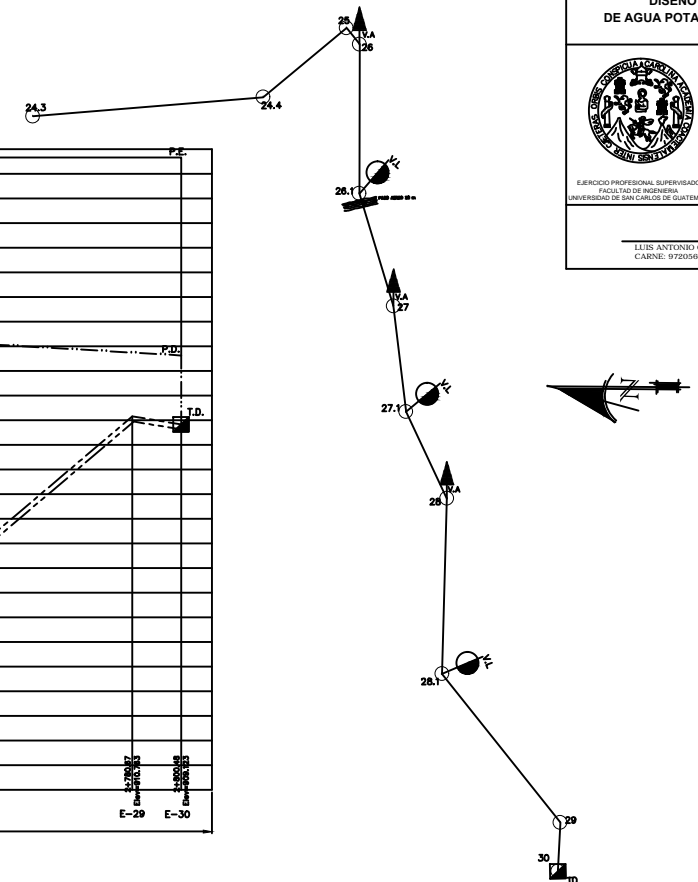
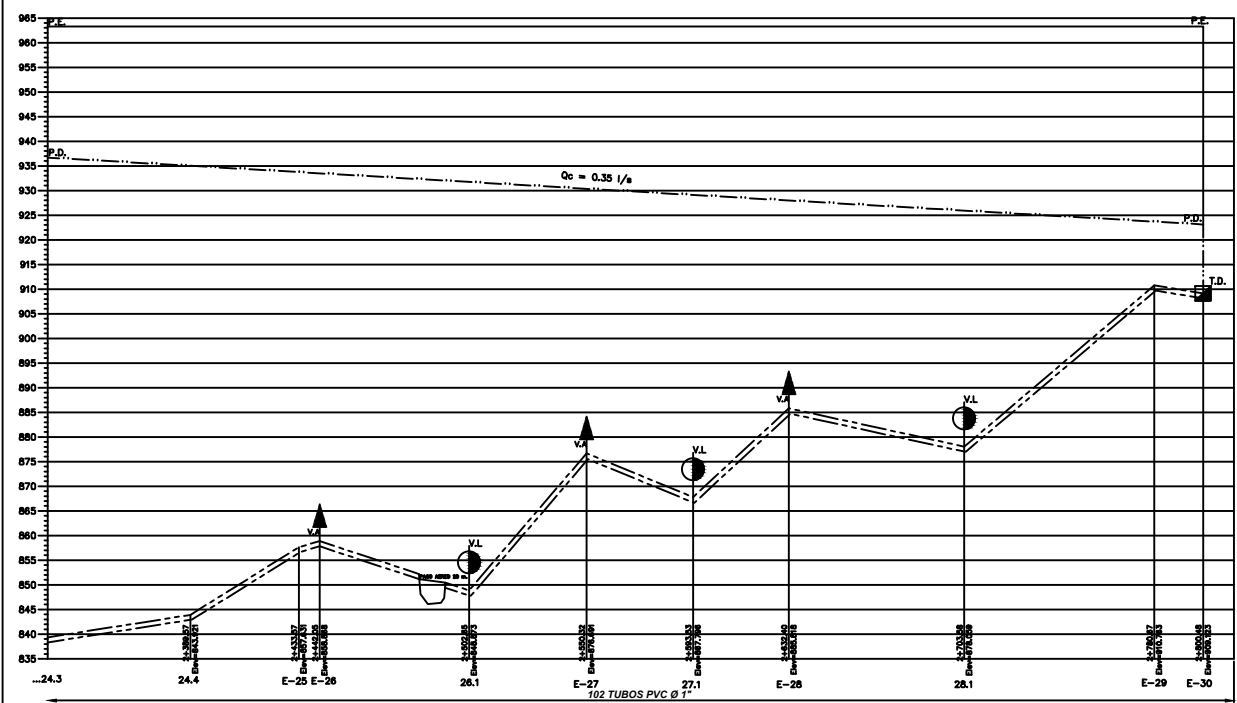


PLANTA Y PERFIL

Escala.
 $H=1/1000$
 $V=1/500$

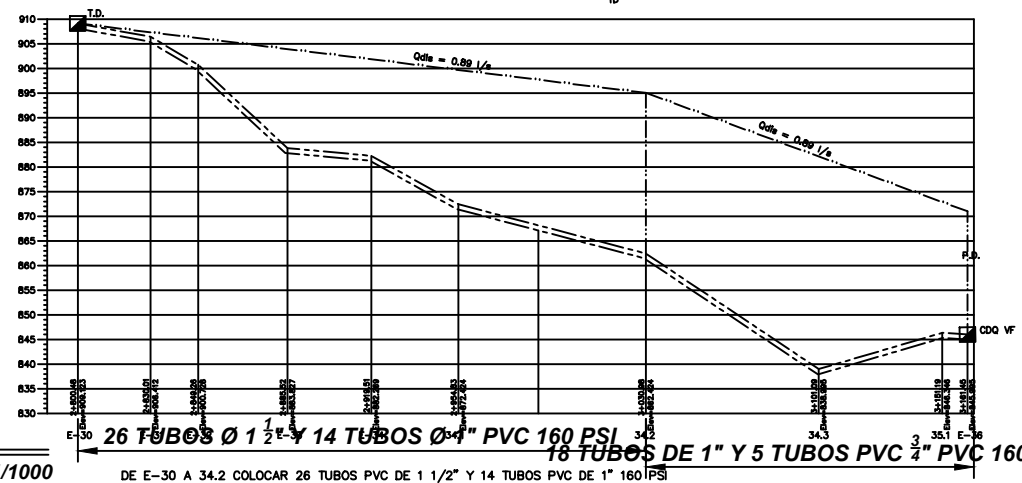
DE E-21 A E-30 COLOCAR 62 TUBOS PVC DE 1 1/2" 160 PSI, 75 TUBOS HG LIVIANO DE 1" Y 102 TUBOS PVC DE 1" 160 PSI

PROYECTO: DISEÑO Y PLANIFICACIÓN DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DEL CASERIO EL MADRON, DEL MUNICIPIO DE CHINIQUE DE LAS FLORES, EL QUICHÉ.		
	CONTENIDO: PLANTA - PERFIL	TOPOGRAFIA: LUIS A. GALLARDO M.
	PROPIETARIO: MUNICIPALIDAD DE CHINIQUE	ASESOR: LUIS A. GALLARDO M.
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO FACULTAD DE INGENIERÍA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA		ASESOR: ING. LUIS ALFARO
LUIS ANTONIO GALLARDO CARNE: 9729560		FECHA: SEPTIEMBRE DE 2.011
ING. LUIS ALFARO VELIZ ASESOR		HOJA: 6 DE: 18



PLANTA Y PERFIL

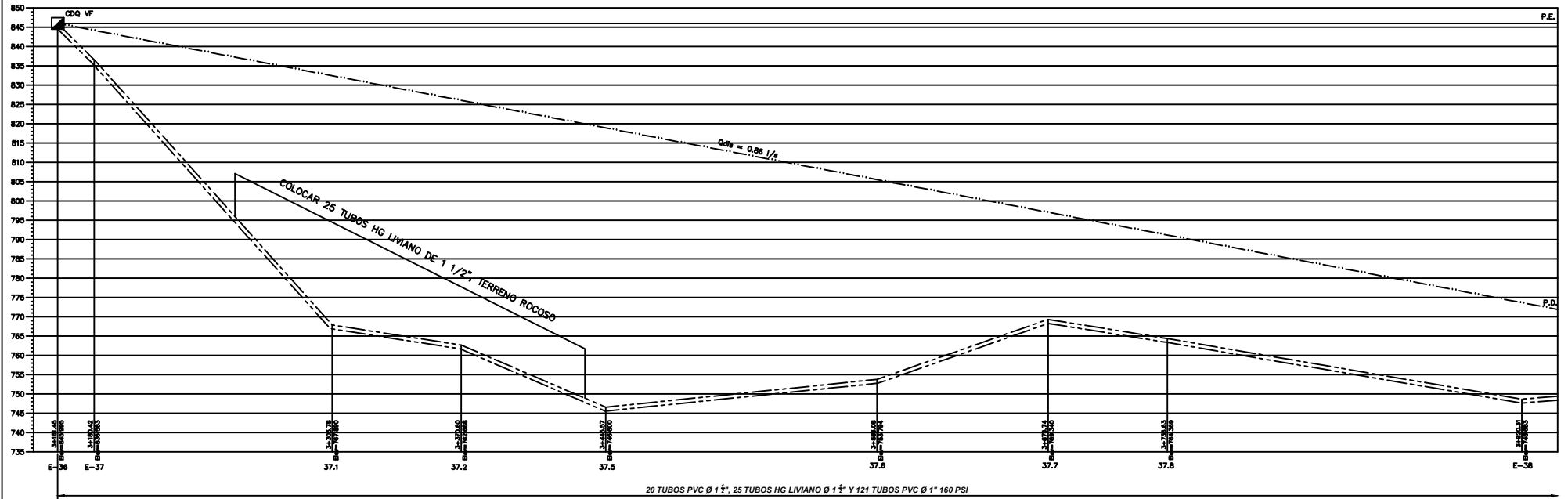
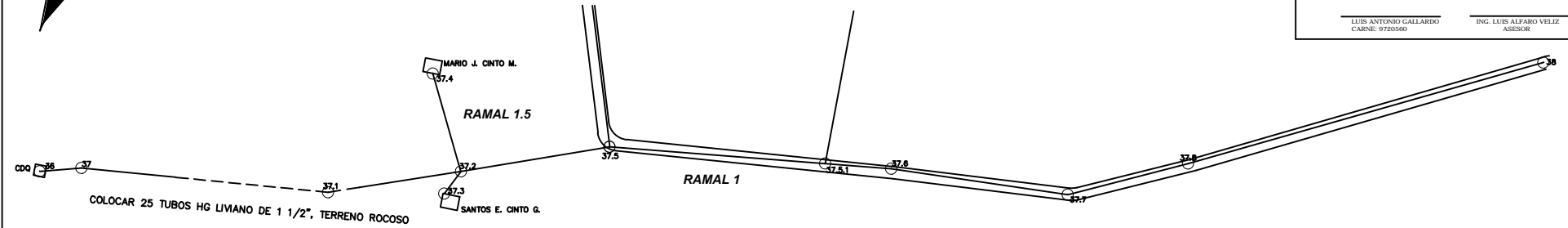
Escala.
 H=1/1000
 V=1/500



26 TUBOS Ø 1 1/2" Y 14 TUBOS Ø 4" PVC 160 PSI
 DE E-30 A 34.2 COLOCAR 26 TUBOS PVC DE 1 1/2" Y 14 TUBOS PVC DE 1" 160 PSI
18 TUBOS DE 1" Y 5 TUBOS PVC 3/4" PVC 160 PSI
 DE 34.2 A E-36 COLOCAR 18 TUBOS PVC DE 1" Y 5 TUBOS PVC DE 3/4" 160 PSI



PROYECTO: DISEÑO Y PLANIFICACIÓN DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DEL CASERIO EL MADRON, DEL MUNICIPIO DE CHINIQUE DE LAS FLORES, EL QUICHÉ.		
	CONTENIDO: PLANTA - PERFIL	TOPOGRAFIA: LUIS A. GALLARDO M. OSB-UK
	PROPIETARIO: MUNICIPALIDAD DE CHINIQUE9@E1 =7 < v	ASESOR: ING. LUIS ALFARO
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO FACULTAD DE INGENIERIA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA		FECHA: SEPTIEMBRE DE 2.011
LUIS ANTONIO GALLARDO CARNE: 9729560	ING. LUIS ALFARO VELIZ ASESOR	HOJA: 7 DE: 18



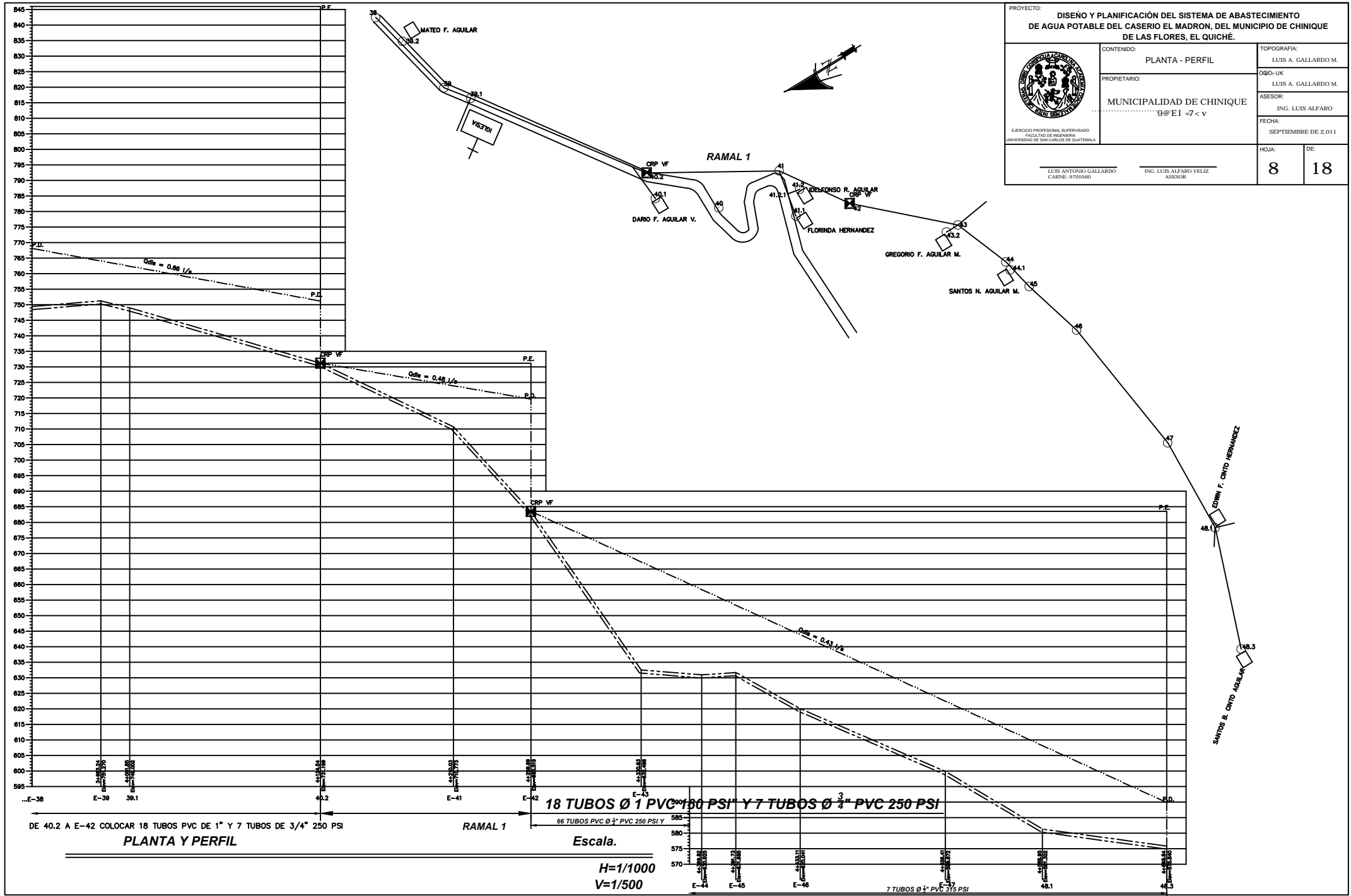
PLANTA Y PERFIL

RAMAL 1

Escala.

H=1/1000
V=1/500

DE E-36 A 40.2 COLOCAR 20 TUBOS PVC DE 1 1/2", 25 TUBOS HG LIVIANO DE 1 1/2" Y 121 TUBOS PVC DE 1" 160 PSI



PROYECTO: DISEÑO Y PLANIFICACIÓN DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DEL CASERIO EL MADRON, DEL MUNICIPIO DE CHINIQUE DE LAS FLORES, EL QUICHÉ.		TOPOGRAFIA: LUIS A. GALLARDO M.
CONTENIDO: PLANTA - PERFIL		OBO-UK LUIS A. GALLARDO M.
PROPIETARIO: MUNICIPALIDAD DE CHINIQUE		ASESOR: ING. LUIS ALFARO
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO FACULTAD DE INGENIERIA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA		FECHA: SEPTIEMBRE DE 2.011
LUIS ANTONIO GALLARDO CARNÉ: 9729560		ING. LUIS ALFARO VELIZ ASESOR
HOJA: 8	DE: 18	

DE 40.2 A E-42 COLOCAR 18 TUBOS PVC DE 1" Y 7 TUBOS DE 3/4" 250 PSI

PLANTA Y PERFIL

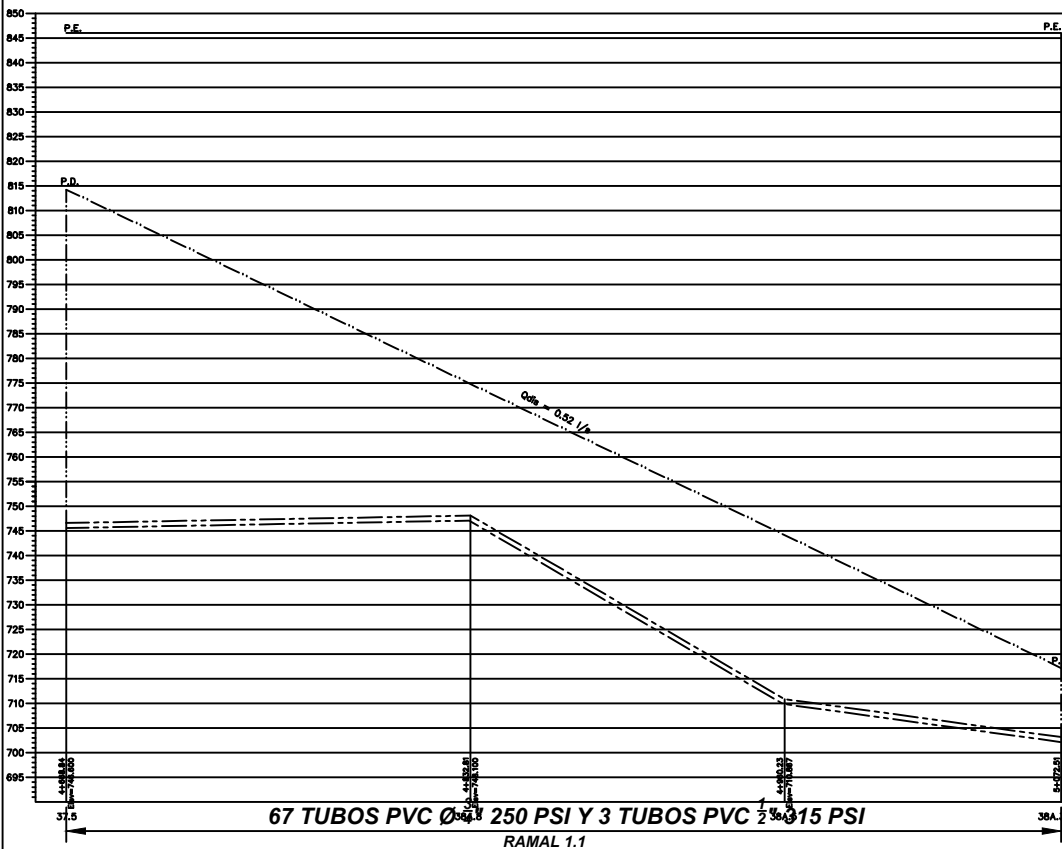
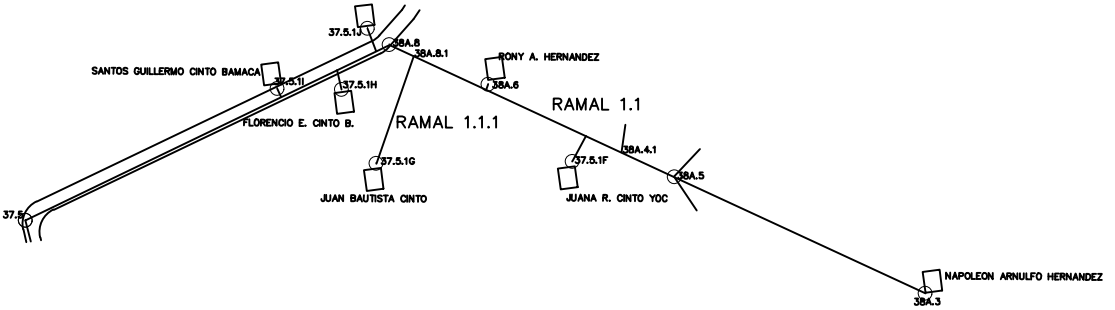
18 TUBOS Ø 1" PVC 150 PSI Y 7 TUBOS Ø 3/4" PVC 250 PSI

66 TUBOS PVC Ø 1/2" PVC 250 PSI Y

Escala.

H=1/1000
V=1/500

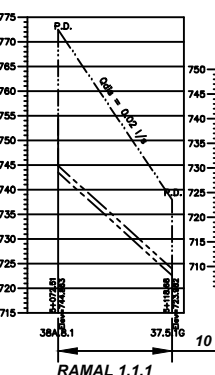
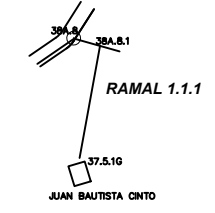
7 TUBOS Ø 1/2" PVC 250 PSI



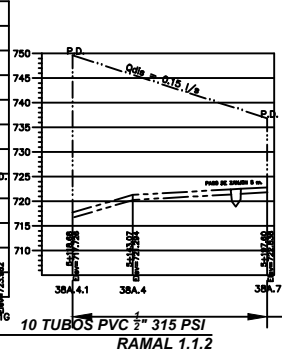
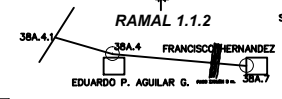
PLANTA Y PERFIL

Escala.

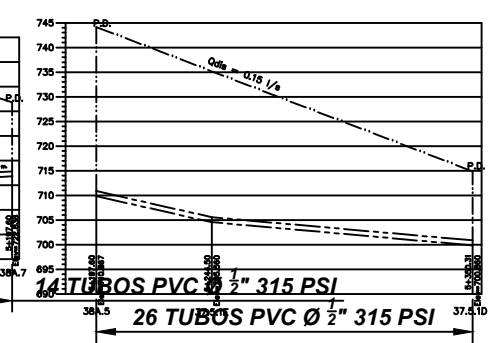
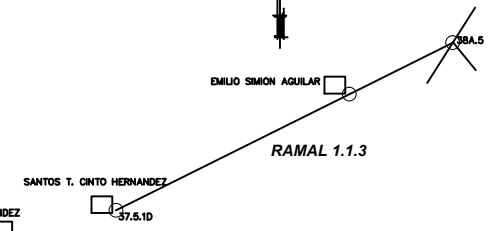
H=1/1000
V=1/500



RAMAL 1.1.1




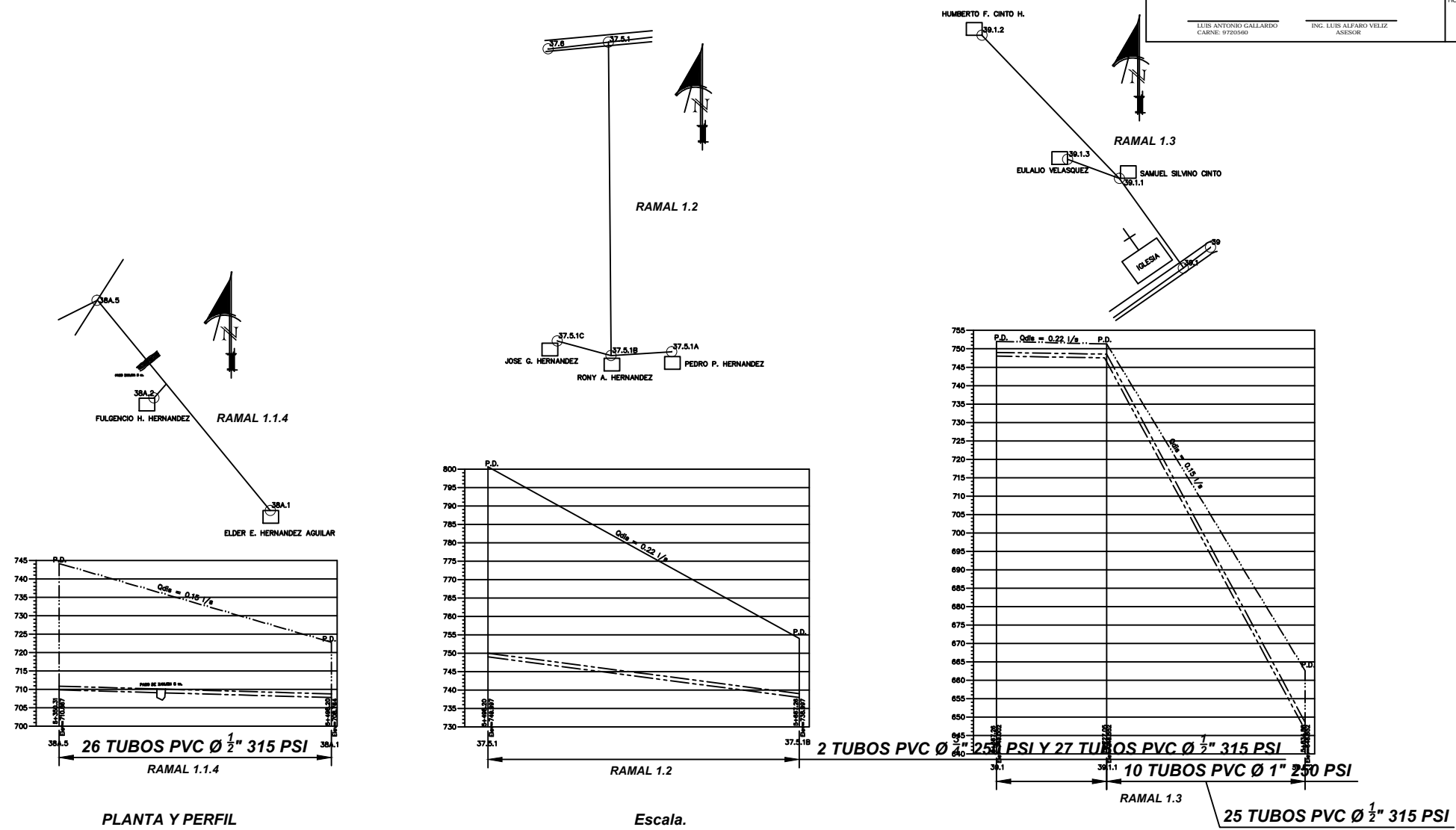
RAMAL 1.1.2




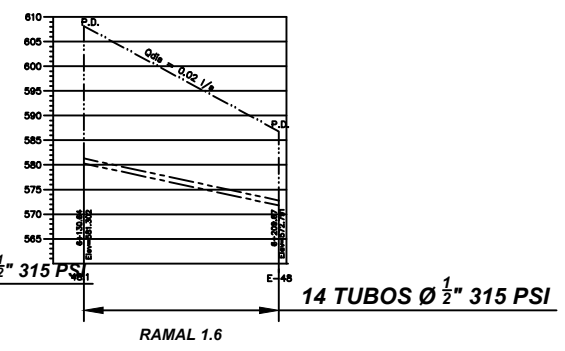
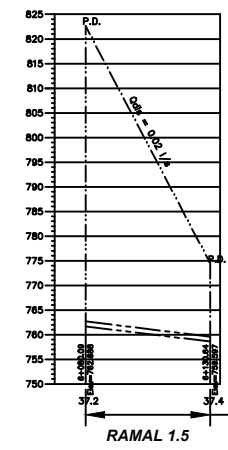
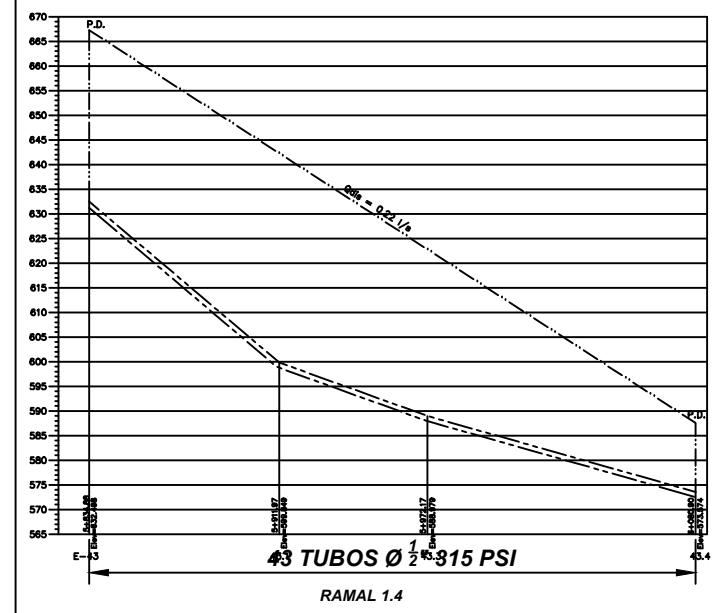
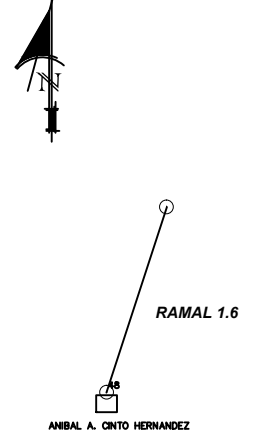
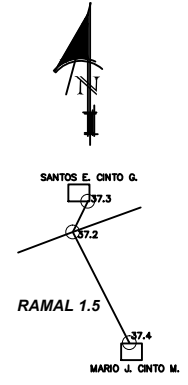
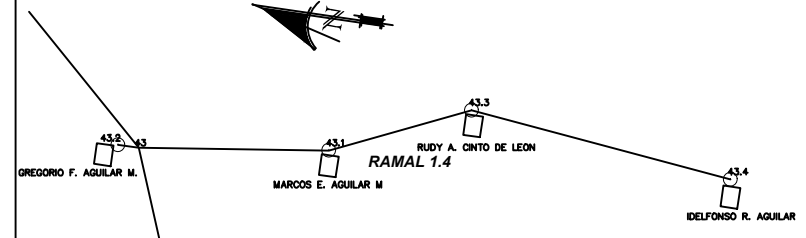
RAMAL 1.1.3

PROYECTO: DISEÑO Y PLANIFICACIÓN DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DEL CASERIO EL MADRON, DEL MUNICIPIO DE CHINIQUE DE LAS FLORES, EL QUICHÉ.		
	CONTENIDO: PLANTA - PERFIL	TOPOGRAFIA: LUIS A. GALLARDO M.
	PROPIETARIO: MUNICIPALIDAD DE CHINIQUE	OBO-UK LUIS A. GALLARDO M.
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO FACULTAD DE INGENIERIA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA		ASESOR: ING. LUIS ALFARO
LUIS ANTONIO GALLARDO CARNÉ: 9729560		INGENIERO ING. LUIS ALFARO VELIZ ASESOR
		FECHA: SEPTIEMBRE DE 2.011
		HOJA: 9 DE: 18

PROYECTO: DISEÑO Y PLANIFICACIÓN DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DEL CASERIO EL MADRON, DEL MUNICIPIO DE CHINIQUE DE LAS FLORES, EL QUICHÉ.		
	CONTENIDO: PLANTA - PERFIL	TOPOGRAFIA: LUIS A. GALLARDO M.
	PROPIETARIO: MUNICIPALIDAD DE CHINIQUE	ASesor: LUIS A. GALLARDO M.
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO FACULTAD DE INGENIERIA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA		ASesor: ING. LUIS ALFARO
LUIS ANTONIO GALLARDO CARNE: 9729560		FECHA: SEPTIEMBRE DE 2.011
ING. LUIS ALFARO VELIZ ASesor		HOJA: 10 DE: 18

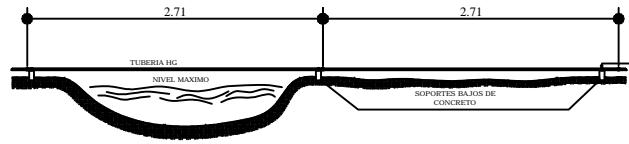


PROYECTO: DISEÑO Y PLANIFICACIÓN DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DEL CASERIO EL MADRON, DEL MUNICIPIO DE CHINIQUE DE LAS FLORES, EL QUICHÉ.		
	CONTENIDO: PLANTA - PERFIL	TOPOGRAFIA: LUIS A. GALLARDO M. OSBQ-UK
PROPIETARIO: MUNICIPALIDAD DE CHINIQUE		ASESOR: ING. LUIS ALFARO
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO FACULTAD DE INGENIERIA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA		FECHA: SEPTIEMBRE DE 2.011
LUIS ANTONIO GALLARDO CARNE: 9729560		ING. LUIS ALFARO VELIZ ASESOR
		HOJA: 11 DE: 18



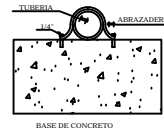
PLANTA Y PERFIL

Escala.
 H=1/1000
 V=1/500

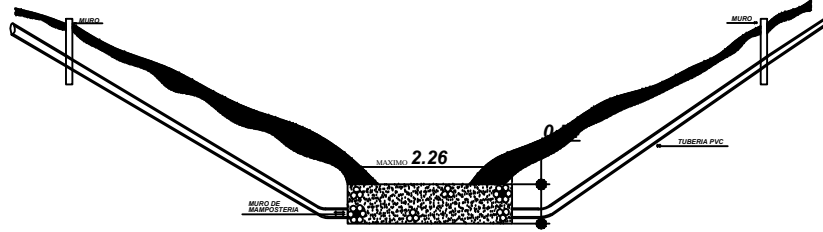


PASO DE ZANJON TIPO "A"

SIN ESCALA

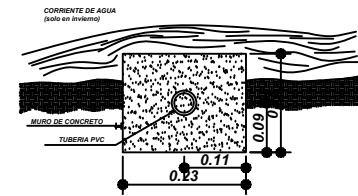


ANCLAJE TUBERIA EN TIPO "A"



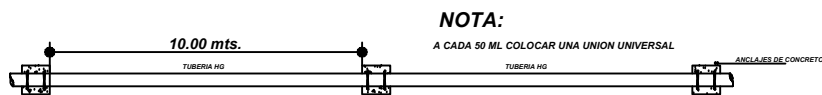
PASO DE ZANJON TIPO B

SIN ESCALA



DETALLE TRANSVERSAL TIPO "B"

SIN ESCALA

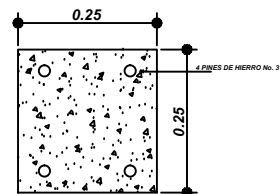


PASO DE TUBERIA SOBRE ROCA

SIN ESCALA

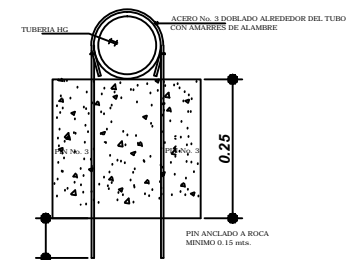
NOTA:

A CADA 50 ML COLOCAR UNA UNION UNIVERSAL



PLANTA ANCLAJES DE CONCRETO

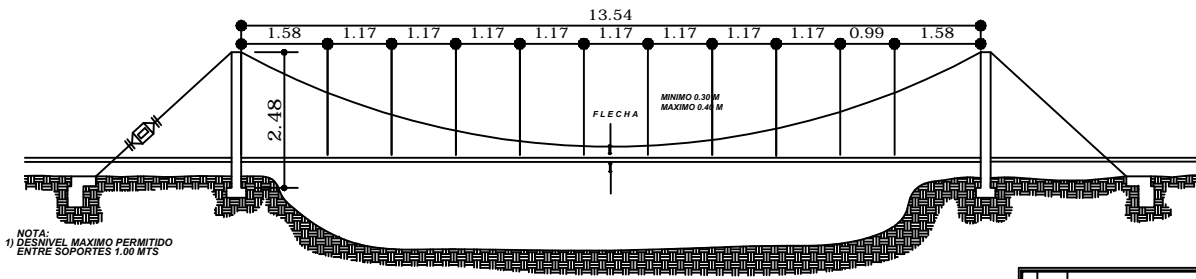
SIN ESCALA



SECCION DE ANCLAJES DE CONCRETO

SIN ESCALA

PROYECTO: DISEÑO Y PLANIFICACIÓN DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DEL CASERIO EL MADRON, DEL MUNICIPIO DE CHINIQUE DE LAS FLORES, EL QUICHÉ.		TOPOGRAFIA: LUIS A. GALLARDO M.
	CONTENIDO: PLANTA-PERFIL+PASOS DE ZANJON+ ANCLAJES DE TUBERIA	OBRERO: LUIS A. GALLARDO M.
	PROPIETARIO: MUNICIPALIDAD DE CHINIQUE	ASESOR: ING. LUIS ALFARO
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO FACULTAD DE INGENIERIA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA		FECHA: SEPTIEMBRE DE 2.011
LUIS ANTONIO GALLARDO CARNÉ: 9729560	ING. LUIS ALFARO VELIZ ASESOR	HOJA: 12 DE: 18



NOTA:
1) DESNIVEL MAXIMO PERMITIDO ENTRE SOPORTES 1.00 MTS

CASO I (terreno plano)

esc: 1/100

LONGITUD	Ø Cable	Ø Tensor	SECC. COLUMNA	ARMADO COLUMNA
0 - 10	3/8"	5/8"	0.20 X 0.20	8 Ø 3/8" + Estri. Ø 1/4" @ 0.15
10 - 20	3/8"	5/8"	0.30 X 0.30	8 Ø 1/2" + Estri. Ø 3/8" @ 0.15
20 - 30	3/8"	5/8"	0.30 X 0.30	8 Ø 1/2" + Estri. Ø 3/8" @ 0.15
30 - 40	3/8"	3/4"	0.30 X 0.30	8 Ø 1/2" + Estri. Ø 3/8" @ 0.15

PROYECTO: **DISEÑO Y PLANIFICACIÓN DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DEL CASERIO EL MADRON, DEL MUNICIPIO DE CHINIQUE DE LAS FLORES, EL QUICHÉ.**

CONTENIDO: **DETALLES DE PASOS AEREOS**

PROPIETARIO: **MUNICIPALIDAD DE CHINIQUE**

TOPOGRAFIA: LUIS A. GALLARDO M.

ASOSUR: LUIS A. GALLARDO M.

ASESOR: ING. LUIS ALFARO

FECHA: SEPTIEMBRE DE 2.011

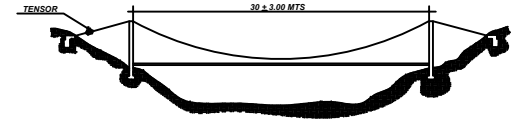
HOJA: **13** DE: **18**

LUIS ANTONIO GALLARDO CARNÉ: 9729560

ING. LUIS ALFARO VELIZ ASESOR

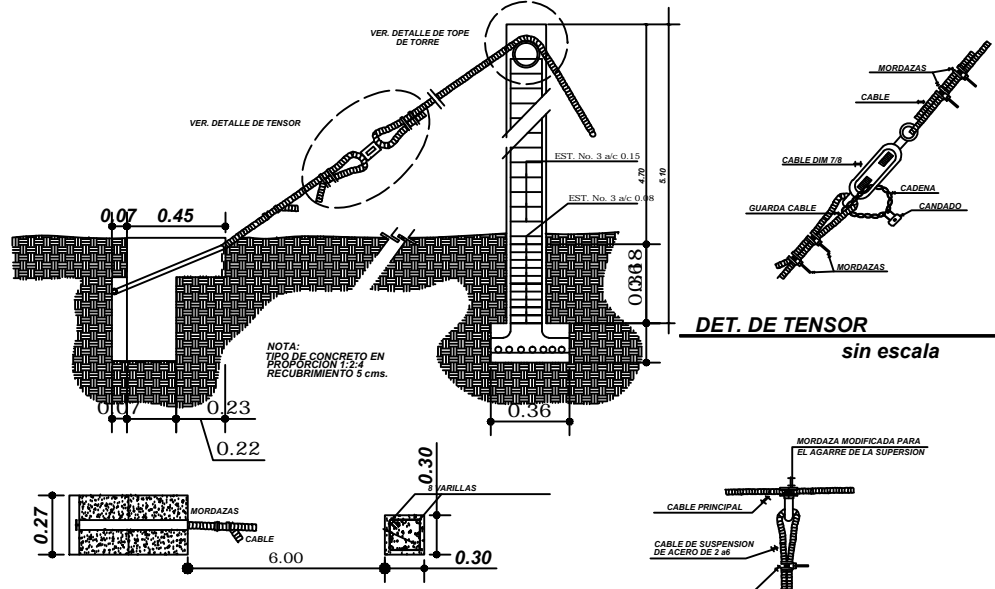
No.	CANT.	DESCRIPCION	L
1	1	CABLE TIRANTE	L 55 M
2	2	CABLE DE SUSPENSION	L 6.60
3	2	CABLE DE SUSPENSION	L 4.60
4	2	CABLE DE SUSPENSION	L 3.10
5	2	CABLE DE SUSPENSION	L 2.20
6	2	CABLE DE SUSPENSION	L 1.70

CABLE DE ACERO DIM 1/2"



CASO II (terreno inclinado)

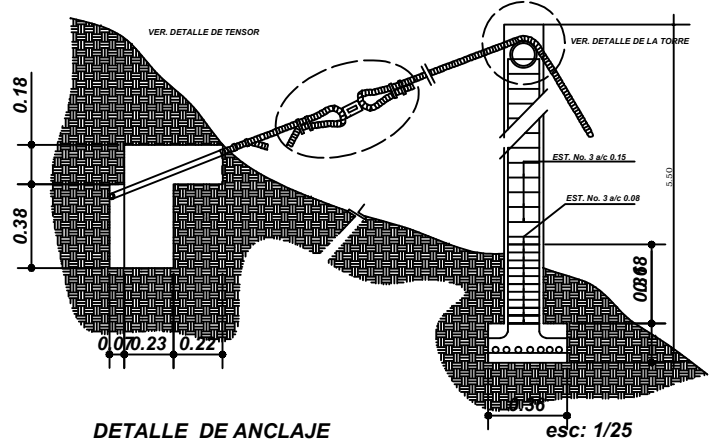
esc: 1/250



DET. DE TENSOR
sin escala

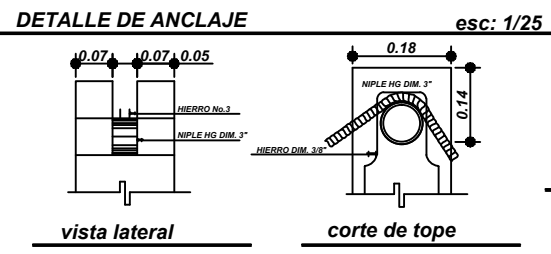
No.	CANT.	MATERIALES PARA PASOS AEREOS
1	31	SACOS DE CEMENTO
2	2	M3 DE ARENA DE RIO
3	3	M3 DE PIEDRIN
4	22	VARILLAS DIM 3/8"
5	26	VARILLAS DIM 1/2"
6	15	LIBRAS DE ALAMBRE DE AMARE
7	2	NIPLÉ HG DIM 3" 0.38 mts.
8	2	NIPLÉ HG DIM 3" 1.30mts.
9	12	TABLA DE 1" X8"
10	8	PARALES DE 3" X 3" X8"
11	4	TENDALES DE 3" X4" X10"

DESCRIPCION
18 MORDAZAS PARA CABLE DIM 1/2"
10 MORDAZAS MODIFICADAS DIM 1/2"
12 GUARDA CABLES DIM 1/2"
12 GUARDA CABLES DIM 1/2"



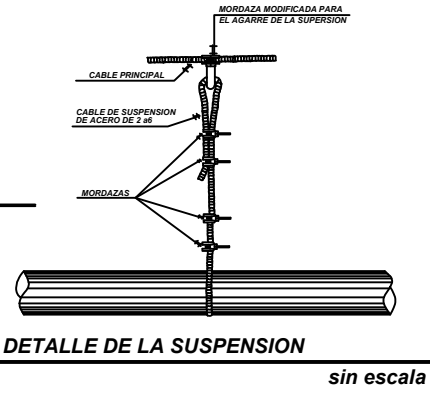
DETALLE DE ANCLAJE

esc: 1/25



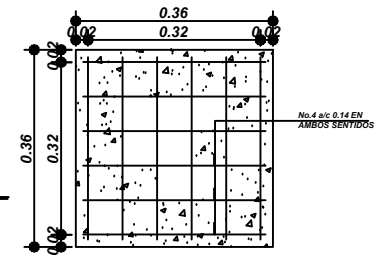
DETALLE DE TOPE DE TORRE

esc: 1/10



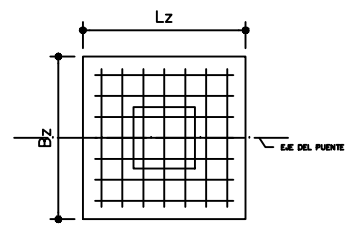
DETALLE DE LA SUSPENSION

sin escala

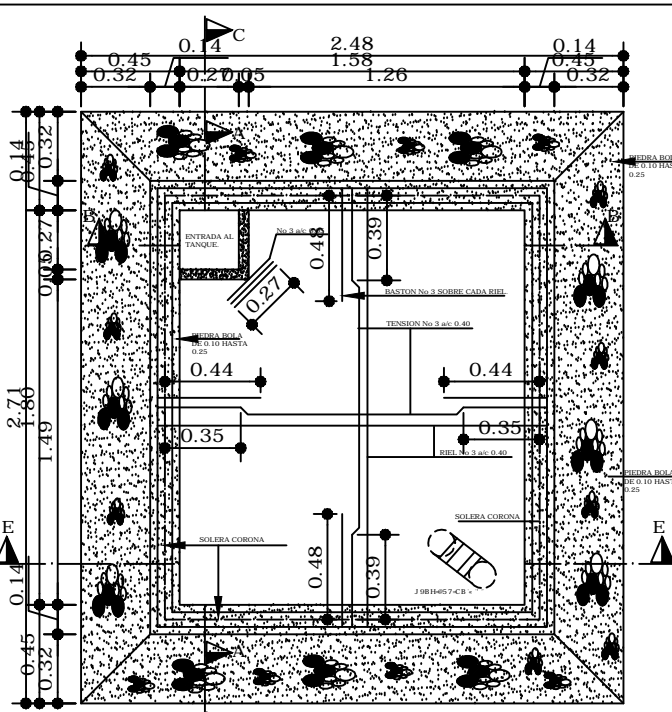


DET. DE ZAPATA

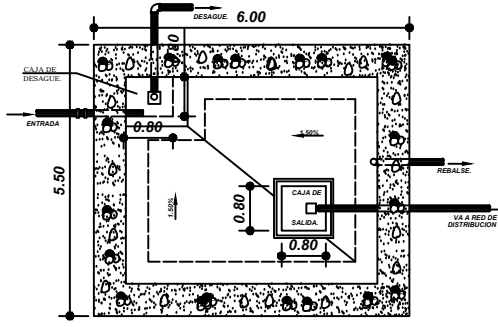
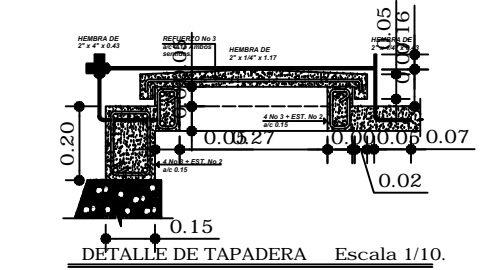
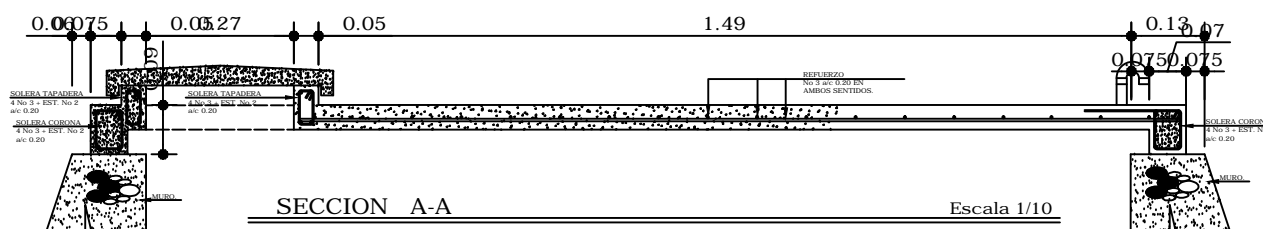
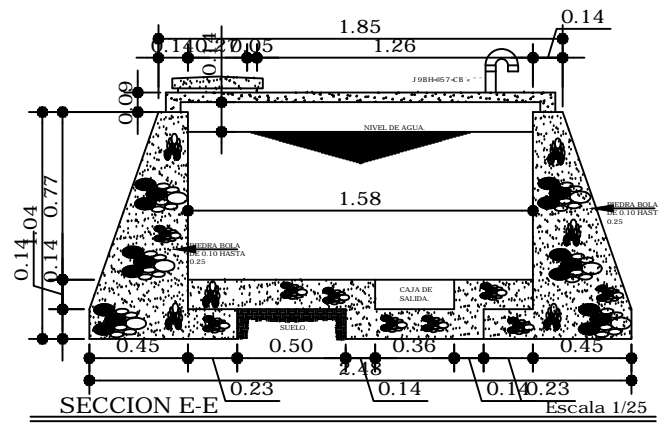
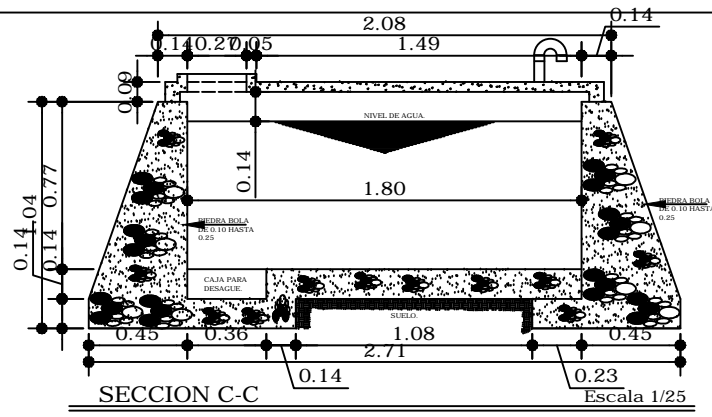
esc: 1/10



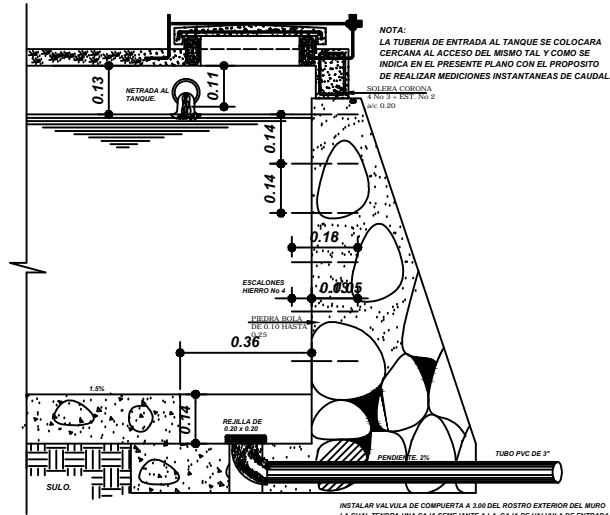
	DIAMETRO DE TUBERIA			
	2"	3"	4"	6"
Lz	1	1.15	1.30	1.80
Bz	1	1	1	1
REVERZO EN Bz	5 # 3/8"	5 # 3/8"	6 # 3/8"	6 # 3/8"
REVERZO EN Lz	5 # 3/8"	5 # 3/8"	6 # 3/8"	6 # 3/8"
X*Y=Z	1.35	1.45	1.80	1.80
# CABLE	3/8"	3/8"	3/8"	3/8"



PLANTA
ARMADO DE LOSA. Escala 1/25

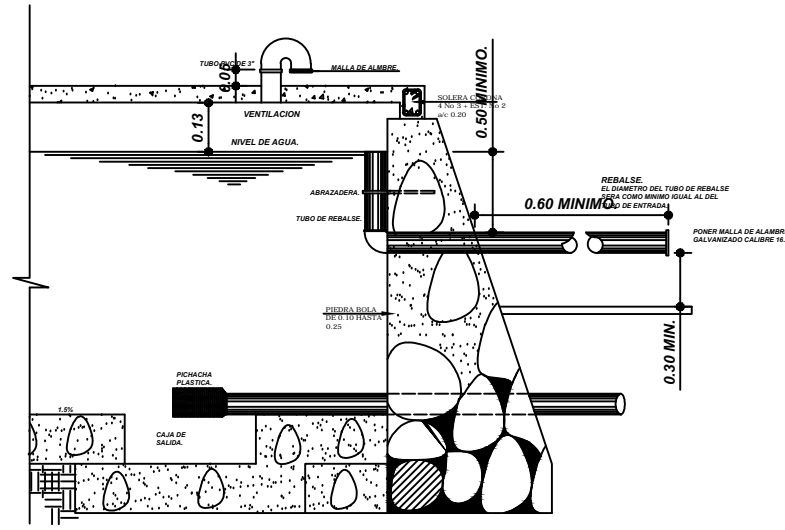


PROYECTO: DISEÑO Y PLANIFICACIÓN DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DEL CASERIO EL MADRON, DEL MUNICIPIO DE CHINIQUE DE LAS FLORES, EL QUICHÉ.		TOPOGRAFIA: LUIS A. GALLARDO M. OSIO-UK LUIS A. GALLARDO M.
	CONTENIDO: DETALLES DE TANQUE DE CONCRETO ARMADO	ASESOR: ING. LUIS ALFARO
	PROPIETARIO: MUNICIPALIDAD DE CHINIQUE 9@E1 #7<v	FECHA: SEPTIEMBRE DE 2.011
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO FACULTAD DE INGENIERIA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA LUIS ANTONIO GALLARDO CARNÉ: 9729560	ING. LUIS ALFARO VELIZ ASESOR	HOJA: 15 DE: 18



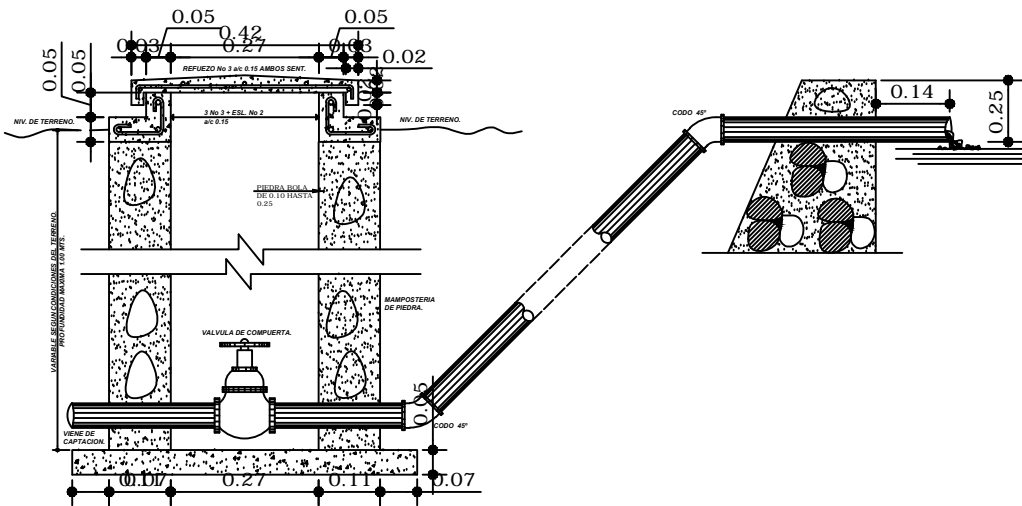
DET. DE ESCALONES ENTRADA Y DESAGUE.

Escla 1/15



DET. DE DISTRIBUCION Y REBALSE.

Escla 1/15



DET. DE ENTRADA AL TANQUE Y CAJA DE VALVULA.

Escla 1/10

NOTAS GENERALES.

MATERIALES:

- SE USARA CONCRETO CLASE "B" CON ESFUERZO DE RUPTURA A COMPRESION DE 165 Kg/cm² 2343 LBS/PUL² A LOS 28 DIAS
- SE USARA ACERO DE REFUERZO DE GRADO ESTRUCTURAL EN FORMA DE BARRAS
- LOS MUROS ESTAN DISEÑADOS PARA TRABAJAR SOBRE Y BAJO TIERRA.
- TODAS LAS DIMENSIONES ESTAN DADAS EN METROS.
- TODOS LOS RECUBRIMIENTOS SERAN DE 3 CENTIMETROS, EXCEPTO DONDE SE INDIQUE LO CONTRARIO.
- EL TERRENO BAJO LA LOSA DEL PISO, DEBERA SER PERFECTAMENTE COMPACTADO PARA EVITAR GRIETAS.
- LA LOSA DEL TECHO DEBERA TENER UNA PENDIENTE DEL 1.00% HACIA LOS LADOS.
- EN EL MOMENTO DE FUNDIR LA LOSA DEL TECHO, DEBERA COLOCARSE EN LA PARTE SUPERIOR DE LOS MUROS ACEITE O CUALQUIER SUSTANCIA QUE GARANTICE LA NO ADHERENCIA ENTRE LOSA Y LOS MUROS
- CUALQUIER MODIFICACION QUE QUIERA HACERSE A ESTOS PLANOS DEBERA CONSULTARSE PREVIAMENTE AL INGENIERO SUPERVISOR DE LA OBRA O DE LO CONTRARIO EL MISMO SE HACE RESPONSABLE DE LAS POSIBLES CONSECUENCIAS.
- LOS MUROS DE PIEDRA DEBERAN IMPERMEABILIZARSE EN SU CARAS INTERIORES POR MEDIO DE UNA CAPA DE SAVIETA DE CEMENTO Y ARENA, PROPORCION (1:1) DEBIDAMENTE ALIZADA.
- LA SUPERFICIE DE LAS DE LOSAS DE CONCRETO DEBERAN QUEDAR CERNIDAS CON CEMENTO Y ARENA.
- LA MAMPOSTERIA TENDRA LA PROPORCION SIGUIENTE.
 - 77% PIEDRA BOLA.
 - 33% MORTERO.
- EL MORTERO SERA: CEMENTO : 1 ARENA DE RIO : 3.
- DEBERA CONSTRUIRSE UNA BANQUETA PERIMETRAL DE 0.50 x 0.05 x 33.00 MTS. CON CONCRETO : 1:2:4.

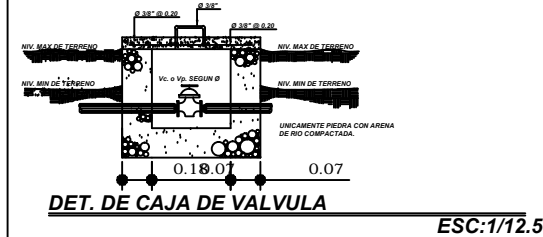
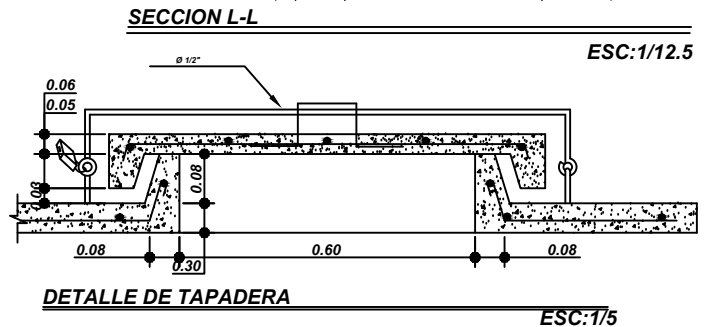
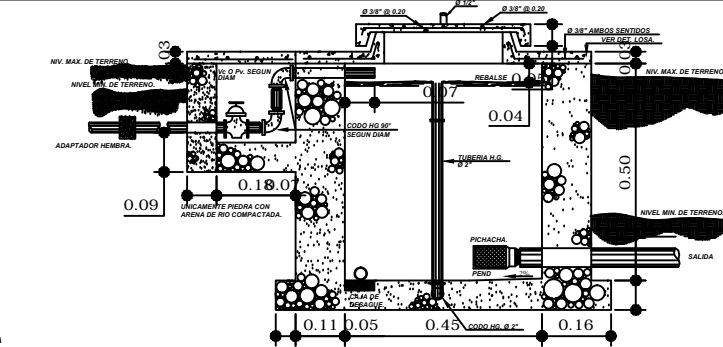
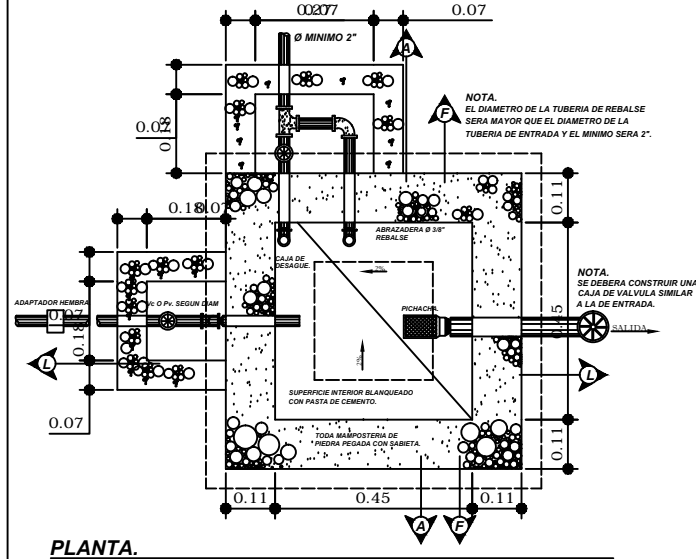
PIEDRA BOLA DE 6.10 HASTA 0.25
APROXIMADAMENTE 3.00 MTS.
VALVULA DE COMPUERTA
MAMPOSTERIA DE PIEDRA
0.05
0.10
0.27
0.11
0.07

DET. DE CAJA DE VALVULA DE SALIDA.

Escla 1/10

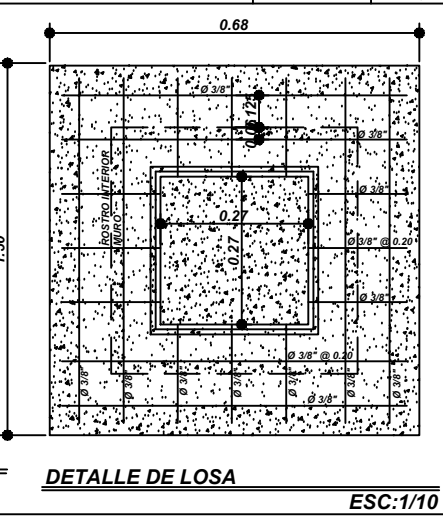
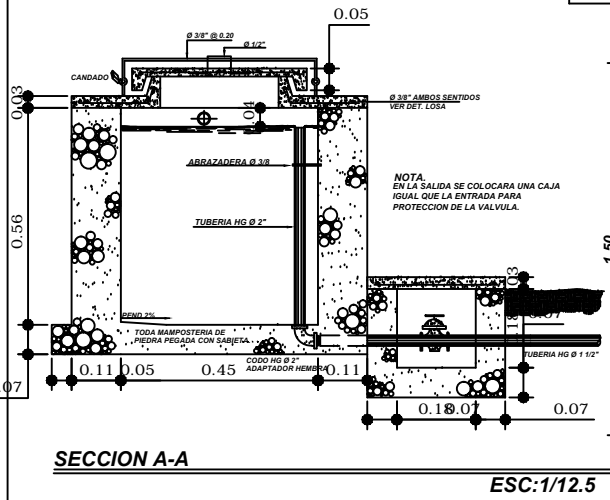
PROYECTO: DISEÑO Y PLANIFICACIÓN DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DEL CASERIO EL MADRON, DEL MUNICIPIO DE CHINIQUE DE LAS FLORES, EL QUICHÉ.		
	CONTENIDO: DETALLES DE TANQUE DE ALMACENAMIENTO	TOPOGRAFIA: LUIS A. GALLARDO M.
	PROPIETARIO: MUNICIPALIDAD DE CHINIQUE	ASESOR: ING. LUIS ALFARO
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO FACULTAD DE INGENIERIA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA		FECHA: SEPTIEMBRE DE 2.011
LUIS ANTONIO GALLARDO CARNÉ: 9729560	ING. LUIS ALFARO VELIZ ASESOR	HOJA: 16 DE: 18

NOTA.
EN LA RED DE DISTRIBUCION, LAS CAJAS ROMPEPRESION
LLEVARAN VALVULA DE FLOTE, AL IGUAL QUE LA CAJA DISTRIBUIDORA DE CAUDALES



LISTADO DE MATERIALES DE CONSTRUCCION.

MATERIALES.	UNIDADES.	CANTIDAD.
CEMENTO	SCS	13
PIEDRA BOLA	MTS	2
PIEDRIN	MTS	2
ARENA DE RIO	MTS	2
HIERRO DE REFUERZO Ø 3/8"	VAR	11
HIERRO DE REFUERZO Ø 1/2"	VAR	1
ALAMBRE DE AMARRE	LBS	10



PROYECTO: **DISEÑO Y PLANIFICACIÓN DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DEL CASERIO EL MADRON, DEL MUNICIPIO DE CHINIQUE DE LAS FLORES, EL QUICHÉ.**

CONTENIDO: **DETALLES CAJA ROMPEPRESION DE 1 M3 + CDQ**

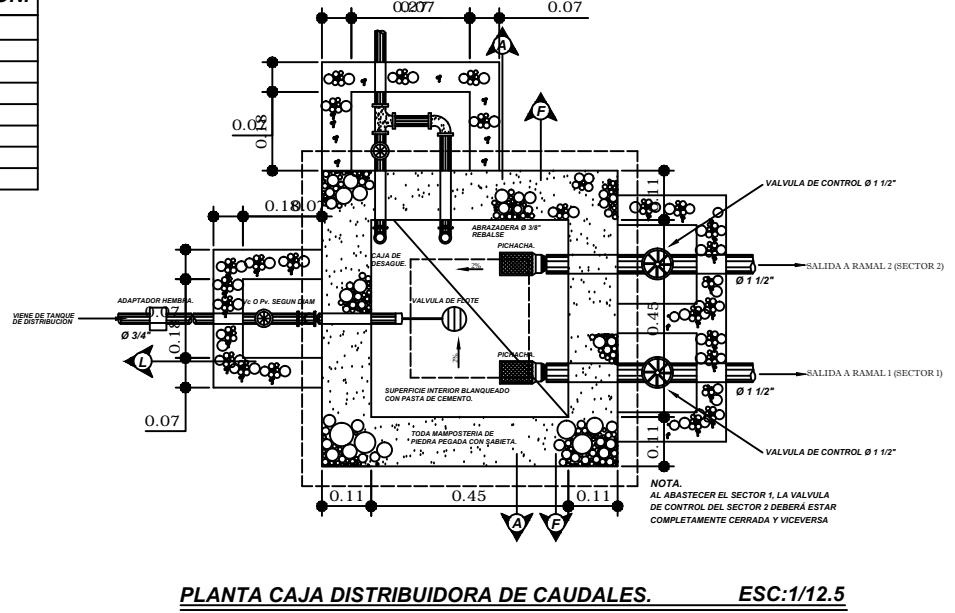
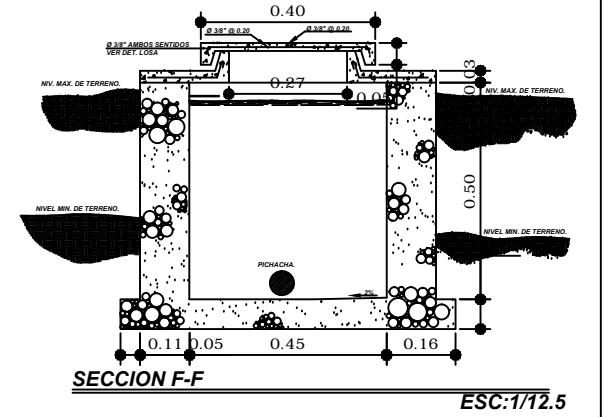
PROPIETARIO: **MUNICIPALIDAD DE CHINIQUE**

TOPOGRAFIA: **LUIS A. GALLARDO M.**

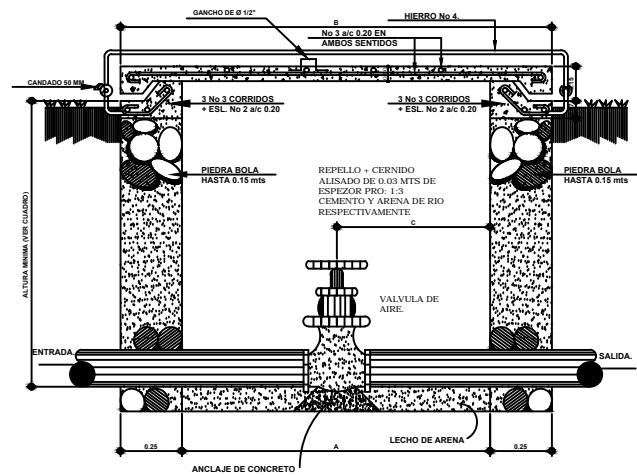
ASESOR: **ING. LUIS ALFARO**

FECHA: **SEPTIEMBRE DE 2.011**

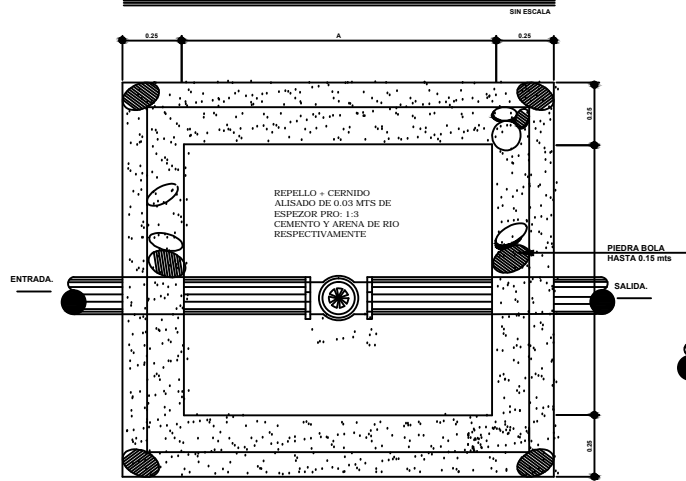
HOJA: **17** DE: **18**



NOTA.
AL ABASTECER EL SECTOR 1, LA VALVULA DE CONTROL DEL SECTOR 2 DEBERA ESTAR COMPLETAMENTE CERRADA Y VICEVERSA



CAJA DE VALVULA DE AIRE



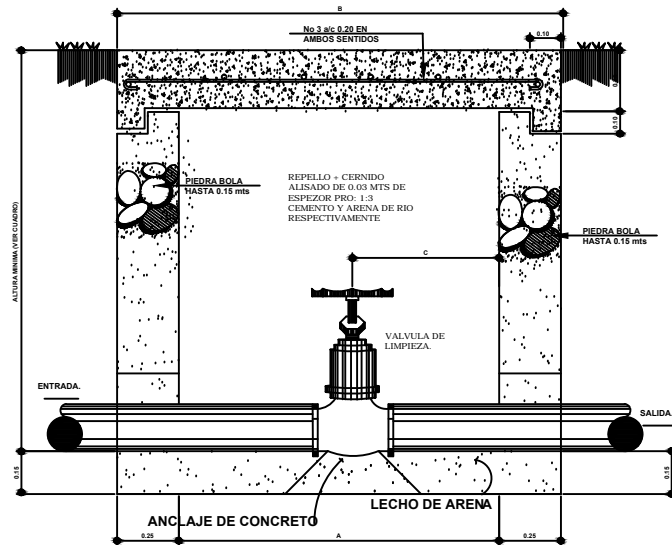
PLANTA

CAJA DE VALVULA DE AIRE

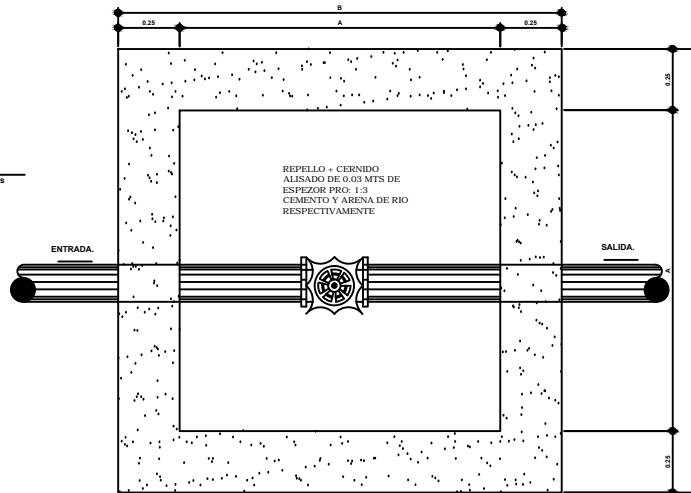
DIMENSIONES V.A.				
Ø	A	B	C	ALTURA MIN.
1/2"	30	40	15	30
3/4"	30	40	15	30
1"	35	45	17.5	45
1 1/4"	35	45	17.5	45
1 1/2"	40	50	2.0	30

DIMENSIONES V.L.				
Ø	A	B	C	ALTURA MIN.
2"	80	70	25	40
2 1/2"	80	80	30	50
3"	70	90	35	60
4"	100	120	50	70

NOTA
1-LAS VALVULAS SE ASENTARAN SOBRE UN LECHO DE ARENA, PARA FACILITAR EL DRENAJE.



CAJA DE VALVULA DE LIMPIEZA



PLANTA

CAJA DE VALVULA DE LIMPIEZA

PROYECTO: **DISEÑO Y PLANIFICACIÓN DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DEL CASERIO EL MADRON, DEL MUNICIPIO DE CHINIQUE DE LAS FLORES, EL QUICHÉ.**

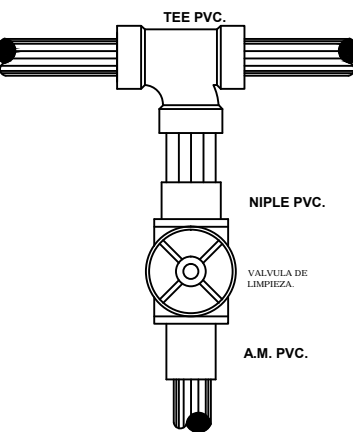
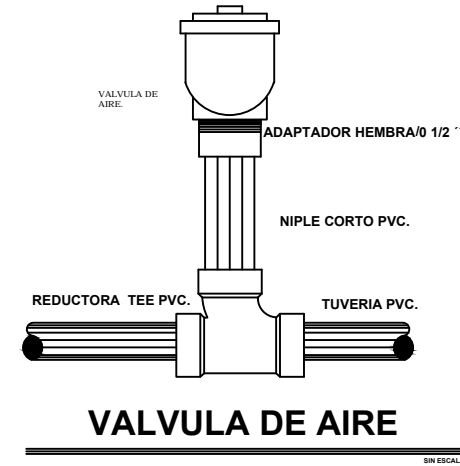
CONTENIDO: **DETALLES DE CAJA DE VALVULAS, DE AIRE Y LIMPIEZA**

PROPIETARIO: **MUNICIPALIDAD DE CHINIQUE**

TOPOGRAFIA: LUIS A. GALLARDO M.
OBRERO: LUIS A. GALLARDO M.
ASESOR: ING. LUIS ALFARO
FECHA: SEPTIEMBRE DE 2.011

HOJA: **18** DE: **18**

LUIS ANTONIO GALLARDO CARNÉ: 9729560 | ING. LUIS ALFARO VELIZ ASESOR



VALVULA DE LIMPIEZA

Anexo 3. **Planos del proyecto diseño de puente vehicular sobre
río San Juan del caserío Ximbaxuc II, Chinique**

INDICE DE PLANOS DISEÑO DE PUENTE VEHICULAR XIMBAXUC II	
HOJAS	CONTENIDO
1/6	Hoja de título
2/6	Curvas de nivel y perfil
3/6	Planta general + sección A-A'
4/6	Detalles. Armado de losa + vigas
5/6	Detalles. Viga de apoyo + diafragmas
6/6	Detalles. Estribos + aletones

GUATEMALA



DEPARTAMENTO EL QUICHÉ



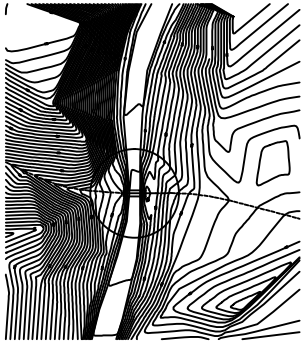
MUNICIPIO CHINIQUE



INDICE DE PLANOS

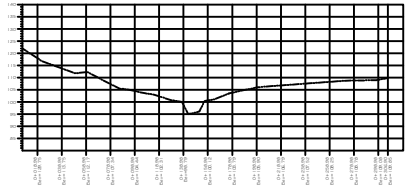
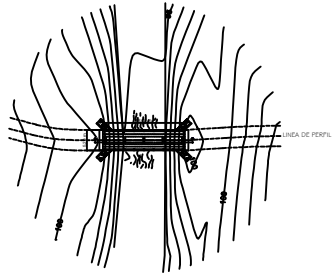
1. VUEVQCB Y 2.XVW	01/6
Curvas de nivel y perfil	02/6
D'UbHJ YbYFU'mgYVWQCB 5 !5§	03/6
Armado de losa + vigas	04/6
Detalles. Viga de apoyo y diafragma	05/6
Detalles. Estribos + aletones	06/6

TÍTULO DISEÑO DE PUENTE VEHICULAR SOBRE RÍO SAN JUAN DEL CASERO EMBAJADO, EN MUNICIPIO DE CHINIQUE DE LAS FLORES, EL QUICHÉ	
UBICACIÓN E ÍNDICE 	AUTORIZACIÓN N.º DE CALIFICACIÓN FECHA DE CALIFICACIÓN FECHA DE APROBACIÓN FIRMAS Y SELLOS DE LOS AUTORIZADOS
MUNICIPIALIDAD DE CHINIQUE "MUNICIPALIDAD DE CHINIQUE" (SELLA)	PÁGINA 1 DE 6



CURVAS DE NIVEL

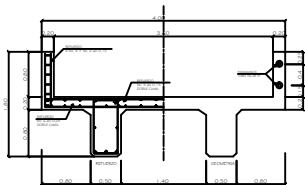
ESCALA 1 : 1000



PERFIL

ESCALA HORIZONTAL 1 : 1000
ESCALA VERTICAL 1 : 500

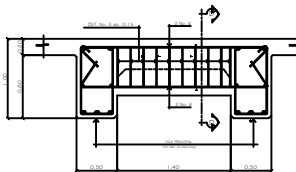
<p>SECRETARÍA DE OBRAS PÚBLICAS, TRANSPORTES Y COMUNICACIONES</p> <p>SECRETARÍA DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES</p> <p>SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA Y VIALIDAD</p>		<p>PROYECTO:</p> <p>BIENIO DE PUENTES VEHICULARES SOBRE RÍO SAN JUAN DEL CASERIO EMBAJADO, EN EL MUNICIPIO DE CHIVIGUÉ DE LAS PLUMAS, EL QUICHÉ</p>
	<p>TÍTULO:</p> <p>CURVAS DE NIVEL Y PERFIL</p>	<p>PROYECTANTE:</p> <p>S. G. CALZADILLA</p>
	<p>CLIENTE:</p> <p>MUNICIPALIDAD DE CHIVIGUÉ</p>	<p>FECHA:</p> <p>15 DE ABRIL DEL 2011</p>
<p>HOJA:</p> <p>2 DE 6</p>		<p>PROYECTO:</p> <p>BIENIO DE PUENTES VEHICULARES SOBRE RÍO SAN JUAN DEL CASERIO EMBAJADO, EN EL MUNICIPIO DE CHIVIGUÉ DE LAS PLUMAS, EL QUICHÉ</p>



SECCION B - B

ESCALA 1 : 15

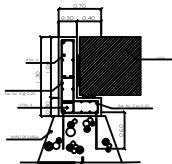
LOSA + VIGAS



SECCION B - B

ESCALA 1 : 15

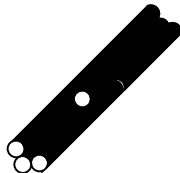
ARMADO DE DIAFRAGMAS



VIGA DE APOYO + CORTINA

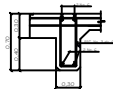
ESCALA 1 : 20

SECCION



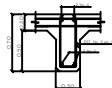
DETALLE DE TRASLAPE

SIN ESCALA



DIAFRAGMA EXTERIOR

ESCALA 1 : 15



SECCION D - D

ESCALA 1 : 15

DIAFRAGMA INTERIOR

DISEÑO DE PUENTE VEHICULAR SOBRE RIO SAN JUAN DEL CASERIO EMBAJADO, EN MUNICIPIO DE CHIRIQUE DE LAS FLORAS, EL QUINCE		PROYECTO: 1.0.000.000.000
DETALLES DE VIGA DE APOYO + CORTINAS		PROYECTISTA: E. GARCIA
MUNICIPALIDAD DE CHIRIQUE "CASA VERDE"		CLIENTE: ING. JOSE ALVARO GONZALEZ
MUNICIPIO DE CHIRIQUE		FECHA: 2011
5		6

