



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

**DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA
POTABLE PARA LA ALDEA EL RODEO Y PUENTE VEHICULAR
EN LA ALDEA LA PAZ, MUNICIPIO DE JALAPA**

José Mario Recinos Aquino

Asesorado por el Ing. Juan Merck Cos

Guatemala, julio de 2011

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA
LA ALDEA EL RODEO Y PUENTE VEHICULAR EN LA ALDEA LA PAZ,
MUNICIPIO DE JALAPA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

JOSÉ MARIO RECINOS AQUINO
ASESORADO POR EL ING. JUAN MERCK COS

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, JULIO DE 2011

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	Ing. Miguel Ángel Dávila
VOCAL IV	Br. Juan Carlos Molina Jiménez
VOCAL V	Br. Mario Maldonado Muralles
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Juan Merck Cos
EXAMINADOR	Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
EXAMINADOR	Ing. Hugo Leonel Montenegro
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

**DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA
LA ALDEA EL RODEO Y PUENTE VEHICULAR EN LA ALDEA LA PAZ,
MUNICIPIO DE JALAPA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil con fecha 28 de Marzo de 2008.


José Mario Reginos Aquino



Guatemala 24 de febrero de 2011.
Ref.EPS.DOC.303.02.11.

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 **José Mario Recinos Aquino** de la Carrera de Ingeniería Civil, con carné No. **199819242**, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **“DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA EL RODEO Y PUENTE VEHICULAR EN LA ALDEA LA PAZ, MUNICIPIO DE JALAPA”**.

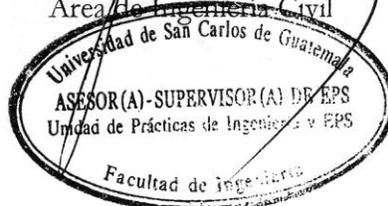
En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”

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



c.c. Archivo
JMC/ra



Guatemala, 24 de febrero de 2011.

Ref.EPS.D.145.02.11

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

Estimado Ingeniero Montenegro Franco.

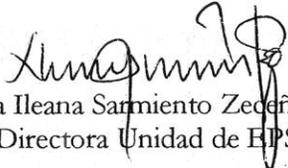
Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **"DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA EL RODEO Y PUENTE VEHICULAR EN LA ALDEA LA PAZ, MUNICIPIO DE JALAPA"** que fue desarrollado por el estudiante universitario **José Mario Recinos Aquino**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ing. Juan Merck Cos.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación 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. Norma Ileana Sarmiento Zedeña de Serrano
Directora Unidad de EPS



NISZ/ra



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



Guatemala,
16 de marzo de 2011

Ingeniero
Hugo Leonel Montenegro Franco
Director de la Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ing. Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA EL RODEO Y PUENTE VEHICULAR EN LA ALDEA LA PAZ, MUNICIPIO DE JALAPA**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil José Mario Recinos Aquino, quien contó con la asesoría del Ing. Juan Merck Cos.

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,

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



FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
HIDRAULICA
USAC

/bbdeb.



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



Guatemala,
29 de abril de 2011

Ingeniero
Hugo Leonel Montenegro Franco
Director de la Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ing. Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA EL RODEO Y PUENTE VEHICULAR EN LA ALDEA LA PAZ, MUNICIPIO DE JALAPA**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil José Mario Recinos Aquino, quien contó con la asesoría del Ing. Juan Merck Cos.

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 INGENIERÍA,
DEPARTAMENTO
DE
ESTRUCTURAS
USAC

/bbdeb.



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



El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Juan Merck Cos y de la Coordinadora de E.P.S. Inga. Norma Ileana Sarmientos Zeceña, al trabajo de graduación de la estudiante José Mario Recinos Aquino, titulado DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA EL RODEO Y PUENTE VEHICULAR EN LA ALDEA LA PAZ, MUNICIPIO DE JALAPA da por este medio su aprobación a dicho trabajo.


Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, julio de 2011-07-04

/bbdeb.

ACTO QUE DEDICO A:

Mis padres	José Mario Recinos Leiva (q.e.p.d) y Milvia Josefina Aquino Lucero. Con mucho amor y admiración por su esfuerzo y apoyo incondicional para la obtención de este triunfo, sin ellos no lo hubiera logrado.
Mis hermanos	Marilú, Ivonné, Lisbeth, Rocio. Con mucho cariño, deseándoles todo lo mejor en todo lo que se propongan.
Mis abuelos	Sarbelio Aquino Ortega, Nohelia Margarita Lucero (q.e.p.d), Miguel Ángel Recinos (q.e.p.d), Emilia Leiva (q.e.p.d). Por sus consejos y cariño hacia mi persona.
Mis tíos	Amanda, Mario, Lilian, Luis. Con cariño y aprecio a todos.
Mis sobrinos	Adriana, Rodrigo, André, Javier, Ángel, Emilio, Andrea. Que mi triunfo sirva de ejemplo para ellos.
Compañeros de estudio	Por su amistad invaluable.
La Facultad de Ingeniería	Con gratitud por la formación profesional.

AGRADECIMIENTOS A:

Dios	Por haberme dado la vida y por la bendición de permitirme alcanzar este anhelado triunfo.
Mis padres	José Mario Recinos Leiva y Milvia Josefina Aquino Lucero, por su paciencia, esmero y por el apoyo incondicional que siempre me han dado en la vida.
Mis hermanos	Por el cariño y por el apoyo que me han brindado incondicionalmente.
Ing. Juan Merck	Por brindarme su asesoría y apoyo incondicional.
Toda mi familia	Por su aprecio y por el apoyo que siempre me han manifestado.
Mis compañeros y amigos	Por compartir con todos ellos la factura, que nos presenta la vida paso a paso.
La municipalidad de Jalapa	Por la colaboración en la realización del Ejercicio Supervisado de Ingeniería
La Facultad de Ingeniería	Por permitirme forjar en sus aulas uno de mis más grandes anhelos.
La Universidad de San Carlos de Guatemala	Por darme la oportunidad para poder llegar a ser un profesional de éxito.

Y muy especialmente a todas las personas que me brindaron su ayuda y el apoyo desinteresado en la realización del EPS y del Trabajo de Graduación.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	XIII
RESUMEN	XVII
OBJETIVOS	XIX
INTRODUCCIÓN	XXI
1. INVESTIGACIÓN	1
1.1. Monografía del municipio de Jalapa	1
1.1.1. Aspectos generales	1
1.1.2. Antecedentes históricos	1
1.1.3. Localización	2
1.1.4. Situación demográfica	3
1.1.5. Aspectos económicos y actividades productivas	3
1.1.6. Extensión	3
1.1.7. Límites	4
1.1.8. Clima	4
1.1.9. Vías de acceso	5
1.1.10. Servicios públicos	5
1.1.11. Comercio	6
1.1.12. Turismo	6
1.2. Investigación diagnóstica sobre las necesidades de servicios básicos e infraestructura de las aldeas El Rodeo y La Paz municipio de Jalapa	7
1.2.1. Descripción de las necesidades	7

1.2.2.	Análisis y priorización de las necesidades	8
2.	SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL	9
2.1.	Diseño de sistema de abastecimiento de agua potable para la aldea El Rodeo, Jalapa	9
2.1.1.	Descripción del proyecto	9
2.1.1.1.	Visita preliminar	9
2.1.2.	Fuentes de agua	9
2.1.2.1.	Aforo de la fuente	10
2.1.3.	Calidad del agua	10
2.1.3.1.	Examen bacteriológico	10
2.1.3.2.	Examen físico-químico	10
2.1.4.	Levantamiento topográfico	11
2.1.4.1.	Levantamiento planimétrico	11
2.1.4.2.	Levantamiento altimétrico	12
2.1.5.	Base para diseño hidráulico	12
2.1.5.1.	Período de diseño	12
2.1.5.2.	Crecimiento de la población	12
2.1.5.2.1.	Método de incremento geométrico	12
2.1.6.	Factores de consumo	13
2.1.6.1.	Consumo medio diario	13
2.1.6.2.	Consumo máximo diario	14
2.1.6.3.	Consumo máximo horario	15
2.1.7.	Diseño hidráulico de los componentes	15
2.1.7.1.	Fórmulas, coeficientes y diámetros de tubería	15
2.1.7.2.	Clases y trabajo de tubería	16
2.1.7.3.	Velocidades y presiones mínimas y máximas	17
2.1.7.4.	Diseño de la captación	19
2.1.7.5.	Diseño de red de conducción	19

2.1.7.6.	Diseño de red de distribución	22
2.1.7.7.	Obras hidráulicas	24
2.1.7.8.	Tanque de almacenamiento	25
2.1.7.9.	Desinfección	38
2.1.7.10.	Obras de arte	39
2.1.7.11.	Válvulas de limpieza	40
2.1.8.	Elaboración de planos	42
2.1.9.	Elaboración de presupuesto	42
2.1.10.	Programa de operación y mantenimiento	43
2.1.11.	Propuesta de tarifa	45
2.1.12.	Evaluación de impacto ambiental	47
2.1.13.	Evaluación económica financiera	49
2.1.13.1.	Valor presente neto	50
2.1.13.2.	Tasa interna de retorno	52
2.2.	Diseño de puente vehicular en la aldea La Paz, Jalapa	53
2.2.1.	Descripción del proyecto	53
2.2.2.	Diseño de puente vehicular en la aldea La Paz, Jalapa	54
2.2.2.1.	Criterios y especificaciones para el diseño de puentes de concreto de sección en viga y losa	54
2.2.2.2.	Levantamiento topográfico	55
2.2.2.3.	Cálculo del caudal máximo para el diseño	56
2.2.2.4.	Determinación de la calidad del suelo	59
2.2.3.	Diseño de superestructura	61
2.2.3.1.	Diseño de la losa	62
2.2.3.2.	Diseño de barandal	67
2.2.3.3.	Diseño de diafragma	69
2.2.3.4.	Diseño de vigas principales	70
2.2.4.	Diseño de subestructura	80
2.2.4.1.	Diseño de la cortina	80

2.2.4.2.	Diseño de la viga de apoyo	83
2.2.4.3.	Diseño de neopreno	84
2.2.4.4.	Diseño de estribos	94
2.2.4.5.	Diseño de obras de protección	98
2.2.5	Planos	98
2.2.6	Presupuesto	98
CONCLUSIONES		101
RECOMENDACIONES		103
BIBLIOGRAFÍA		105
ANEXO		107

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Dimensiones del tanque (perfil)	27
2.	Dimensiones del tanque (planta)	28
3.	Diagrama de momento último en losa	29
4.	Área tributaria sobre muro y vigas	31
5.	Diagrama de fuerzas actuantes sobre el muro	35
6.	Esquema de ingresos y egresos durante el período de diseño	51
7.	Geometría de superestructura	62
8.	Detalle armado final de losa	67
9.	Detalle armado de diafragma interno	70
10.	Sección transversal de superestructura	71
11.	Diagrama de carga viva sobre viga	73
12.	Diagrama de factor de distribución de carga viva en puente	75
13.	Diagrama de posición de camión que produce el corte máximo	77
14.	Relación de corte para viga	78
15.	Detalle armado de viga	79
16.	Geometría de cortina y viga de apoyo	81
17.	Detalle armado de cortina y viga de apoyo	84
18.	Geometría y diagrama de presiones en estribo	94

TABLAS

I.	Estadística demográfica	3
II.	Resumen diseño red de conducción (tubería 160 psi)	21

III.	Resumen diseño red de conducción	24
IV.	Cálculo de momento respecto al punto A	37
V.	Presupuesto sistema de abastecimiento de agua potable para la aldea El Rodeo, Jalapa	42
VI.	Cuadro de impactos ambientales	47
VII.	Resultado de las fuerzas aplicadas al estribo	95
VIII.	Resultado de las fuerzas estabilizantes en el estribo	95
IX.	Presupuesto construcción puente vehicular aldea La Paz, Jalapa	99

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
H	Altura
A	Área
As	Área de acero
Av	Área de varilla
cm	Carga muerta
W	Carga o peso
C.U	Carga última
Cv	Carga viva
Q	Caudal
Qm	Caudal medio
cm²	Centímetros cuadrados
Kp	Coeficiente de empuje pasivo

COCODE	Consejo comunitario de desarrollo
Cos α	Coseno del ángulo
DGC	Dirección general de caminos
σ	Esfuerzo
V	Esfuerzo de corte
F_s	Esfuerzo de flexión
F_y, f_y	Esfuerzo de fluencia del acero
σ_t	Esfuerzo total
F.S	Factor de deslizamiento
F_{dm}	Factor de día máximo
F_{hm}	Factor horario máximo
F_v	Fuerza vertical
INE	Instituto nacional de estadística

INSIVUMEH	Instituto nacional de sismología, vulcanología, meteorología e hidrología
INTA	Instituto nacional de transformación agraria
kg	Kilogramo
kg –m	Kilogramo – metro
lb	Libras
psi	Libras sobre pulgada cuadrada
l	Litros
lt/hab/día	Litros por habitante por día
l/s	Litros por segundo
L	Longitud
m²	Metro cuadrado
m³	Metro cúbico
m	Metros

m.c.a.	Metros columna de agua
M	Momento
M.T	Momento total
Wcm	Peso de la carga muerta
Wcv	Peso de la carga viva
Wc	Peso del concreto
Ws	Peso del suelo
Wt	Peso total
Pa	Población actual
Pf	Población futura
F'c, f'c	Resistencia del concreto
RN	Ruta nacional
Sen α	Seno del ángulo
T	Tensión
Tx	Tensión en el sentido x

Ty

Tensión en el sentido y

ton

Toneladas

GLOSARIO

Aforo	Acción de medir un caudal de una fuente.
Agua potable	Agua apta para el consumo humano y agradable a los sentidos.
Altimetría	Parte de la topografía que enseña a medir alturas.
Anclaje	Conjunto de elementos destinados a mantener fijos, cualquier elemento al suelo.
Articulación	Unión de dos piezas rígidas que permite el movimiento relativo entre ellas.
Cable	Elemento estructural de escasa sección transversal y flexible de acero, formado por alambres retorcidos en espiral para darle mayor resistencia a tensión.
Carga muerta	Peso propio de una estructura y de todas las cargas inmóviles constantes en magnitud y asignadas, permanentemente a la misma.

Carga viva	Cargas no permanentes y que varían durante el emplazamiento de la estructura.
Caudal	Es la cantidad de agua en unidades de volumen por unidad de tiempo, que pasa en un punto determinado donde circula un líquido.
Concreto	Es un material pétreo, artificial, obtenido de la mezcla, en proporciones determinadas, de cemento, arena, pedrín y agua.
Concreto ciclópeo	Material de construcción obtenido de una mezcla proporcionada de cemento, arena, piedra y agua; a diferencia del concreto reforzado, los áridos son mucho más gruesos.
Concreto reforzado	Material de construcción obtenido de una mezcla cuidadosamente proporcionada de cemento, arena, grava y agua; todo esto combinado con el acero, que es un elemento homogéneo, usualmente reticular, cuyas características atómicas lo hacen extremadamente resistente a esfuerzos de tensión.
Conexión domiciliar	La componen las tuberías y accesorios destinados a llevar el servicio de agua, de la red de distribución al interior de la vivienda.

Consumo	Cantidad de agua usada por una persona.
Cota de terreno	Indica la altura de un punto sobre un plano de referencia.
Crecida máxima	Estado que tiene una corriente de agua en el momento en que su caudal, que ha estado aumentando, pasa a ser mayor que cierto valor específico.
Deflexión	Desplazamiento vertical del eje axial de la viga.
Demanda	Cantidad de agua deseada por el usuario.
Desinfección	Es la destrucción de casi todas las bacterias patógenas que existen en el agua por medio de sustancias químicas, calor, luz ultravioleta, etc.
Dotación	Estimación de la cantidad de agua que en promedio consume cada habitante por día.
Esfuerzo de fluencia del acero	Esfuerzo ante el cual el acero sufre una deformación considerable.
Eslabón	Pieza en figura de anillo o de otra curva cerrada que, enlazada a otra, forma una cadena.

Estación	Cada uno de los puntos en el que se coloca el instrumento topográfico en cualquier operación de levantamiento planimétrico o de nivelación.
Flecha	Distancia vertical de la diferencia de alturas entre el amarre del cable y la parte más baja de la curva que adopte el cable.
Flexible	Que tiene disposición para doblarse fácilmente.
Piezométrica	Relativo a cargas de presión en el funcionamiento hidráulico de tuberías.
Tensor	Origina tensión o está dispuesto a producirla.
Tirante	Pieza de hierro o de acero, destinada a soportar un esfuerzo de tensión.
Topografía	Ciencia y arte de determinar posiciones relativas de puntos situados encima y debajo de la superficie.

RESUMEN

El presente trabajo de graduación es el resultado del Ejercicio Profesional Supervisado, realizado en el municipio de Jalapa, del departamento de Jalapa.

En este municipio se realizó un estudio para conocer las necesidades de sus pobladores, encontrándose que la falta de un sistema de agua en la aldea El Rodeo y de un puente vehicular en la aldea La Paz, perjudicaba la salud y el desarrollo de sus habitantes.

Por tal razón, se decidió realizar el diseño del sistema de agua potable con el propósito de brindar un buen servicio a todos los usuarios. Entre las actividades necesarias que se desarrollaron para el diseño, son: visita preliminar de campo, levantamiento topográfico, determinación de aforo de fuente, análisis de laboratorio de agua, etc. Por las características del terreno el sistema de agua potable será diseñado por gravedad.

El puente vehicular, consiste en: levantamiento topográfico, determinación del valor soporte del suelo, diseño de superestructura (losa, barandal, diafragma, vigas principales), diseño subestructura (cortina, viga de apoyo, neopreno, estribos, obras de protección), longitud del puente será de 6 metros con un ancho de 5,20 metros, carga viva AASHTO HS15-44 de 12 000 lb en el eje más pesado. Considerando que dicho proyecto beneficia y solventa el problema de los accesos hacia los Caseríos y poblaciones vecinas, facilitando así su movilización y transporte.

OBJETIVOS

General

Diseñar el sistema de abastecimiento de agua potable para la aldea El Rodeo y puente vehicular aldea La Paz del municipio de Jalapa, departamento de Jalapa.

Específicos

1. Realizar una investigación de tipo monográfica y un diagnóstico sobre las necesidades de servicios básicos e infraestructura del departamento de Jalapa.
2. Capacitar a los miembros del COCODE de la aldea El Rodeo, sobre la operación y mantenimiento del sistema de agua potable.
3. Contribuir con este trabajo para mejorar la infraestructura de comunicación, por medio de diseño del puente vehicular.

INTRODUCCIÓN

El programa del Ejercicio Profesional Supervisado de la Facultad de Ingeniería, de la Universidad de San Carlos de Guatemala, busca brindar el apoyo necesario a las comunidades que no cuentan con servicios básicos y de infraestructura, como: agua potable, servicios de salud, puentes, escuelas etc.

Por lo anteriormente mencionado, en este caso, en el municipio de Jalapa del departamento de Jalapa, surge la necesidad de diseñar para la aldea El Rodeo, un sistema de introducción de agua con su sistema de cloración, para eliminar cualquier parásito o bacteria que pueda afectar la salud de los habitantes de la comunidad.

Asimismo, para lograr el desarrollo e integración de comunidades rurales en Guatemala, es importante contar con la infraestructura adecuada que facilite el acceso a dichas comunidades, es de interés para los habitantes de la aldea La Paz, un puente vehicular de 6 metros de largo y 5,20 metros de ancho, para garantizar y salvaguardar la vida de los vecinos.

Este trabajo de graduación tiene como objetivo principal, presentar el diseño de un sistema de agua potable, y un puente vehicular para el área rural, presentando también, las generalidades de la comunidad atendida.

1. INVESTIGACIÓN

1.1. Monografía del municipio de Jalapa

1.1.1. Aspectos generales

El primer asentamiento de Jalapa, del que se tiene noticias fue un lugar llamado Xhule, después se trasladaron al valle de Santa María Xalapán, donde un grupo de religiosos se quedó adoctrinando a los aborígenes, llegando a construirse cabecera de curato del Ayuntamiento. Después formó parte del territorio de Mictlán y luego de Jutiapán, y por Decreto No 197 del 24 de noviembre de 1873, emitido por el General Justo Rufino Barrios se constituyó en departamento, siendo su primer; Jefe Político el Coronel Vicente Fuentes.

1.1.2. Antecedentes históricos

El Obispado de Jalapa fue erigido el 30 de abril de 1951, pero dado a conocer el 11 de marzo del mismo año. Ahora los departamentos de Jalapa, Jutiapa y el Progreso, pertenecen a este Obispado, con sede en Jalapa.

Según el Dr. Jorge Luis Arriola, la palabra Jalapa se deriva del nahuatl “*xala-pan*” que significa “en agua arenosa”. De *Xalli-* arena, a-pocope de Atl.- agua, río, y pan-pospoción locativa.

Según proyecciones del Instituto Nacional de Estadística y del Centro Latinoamericano de Demografía, para el año 2000, la población total del departamento era de 270 055 habitantes, de los cuales 101 952 (37,44%) eran indígenas; 161 952 (59,97% no indígenas; y 6 994(2,59%) ignorado.

La lengua indígena predominante es el Poqoman, aunque está en vías de extinción, pues solamente lo hablan algunos ancianos en los municipios de San Pedro Pinula, San Luis Jilotepeque, Mataquescuintla, y San Carlos Alzatate del departamento de Jalapa.

1.1.3. Localización

El municipio de Jalapa del departamento de Jalapa se encuentra localizado aproximadamente a 172 kilómetros en dirección Este-Noreste de la capital de la república, y a 98 kilómetros en dirección Norte.

Según el Instituto Geográfico Nacional, el parque de la cabecera se encuentra localizado a 1 361,91 metros sobre el nivel de mar, latitud 14°38'02", y longitud 89°58'52". La aldea El Rodeo del municipio de Jalapa se encuentra localizada a 16 kilómetros de la cabecera departamental con una elevación de 2 000 metros sobre el nivel del mar, latitud 14°40'26", y longitud 90°40'26". La aldea La Paz se encuentra localizada a 22 kilómetros de la cabecera departamental con una elevación de 1 785 metros sobre el nivel del mar, latitud 14°45'32", y longitud 89°25'41".

1.1.4. Situación demográfica

Tabla I. Estadística demográfica

	URBANA				RURAL				TOTAL	%
	HOMBRES	%	MUJERES	%	HOMBRES	%	MUJERES	%		
PEA	4 232	19	1 959	9	14 357	64	1 760	8	22 308	100

Fuente: elaboración Instituto Nacional de Estadística.

1.1.5. Aspectos económicos y actividades productivas

Entre sus principales productos pueden mencionarse flores, maíz, aguacate, membrillo, frijol, arroz, papa, yuca, chile, café, banano, tabaco, caña, ganado vacuno, caballar y porcino. En la misma forma, la producción artesanal es variada, sobresaliendo en la cerámica vidriada, cuyos diseños son tan propios de la zona que no hay iguales en el resto de la república; se trabajan también, piedras de moler, jarcia, palma, productos de cuero, instrumentos musicales, cohetería y otros. Jalapa también es conocida por la excelente calidad de su queso y crema.

Jalapa está constituida por: 1 ciudad, 33 aldeas y 112 caseríos.

1.1.6. Extensión

El Municipio de Jalapa del departamento de Jalapa, cuenta con una extensión territorial de 554 km². Conforme a datos proporcionados por el Instituto Nacional de Transformación Agraria (INTA).

1.1.7. Límites

El municipio de Jalapa está limitado en la forma siguiente: al Norte con los municipios de Sanarate y Sansare del departamento de El Progreso, al Sur con el municipio de Monjas, al Este con el municipio de San Pedro Pinula y San Luís Jilotepeque y al Oeste con Mataquescuintla, y San Carlos Alzatate, todos del departamento de Jalapa.

La aldea El Rodeo está limitada al Norte con Quebrada La Lima, al sur con Itzacoba, al Oeste con Quebrada Peña Blanca y al Este con Quebrada El Mangal.

Aldea La Paz está limitada al Norte por el caserío Sansurutate, al Sur con aldea El Duraznito, al Oeste con caserío Volcán La Paz y al Este con caserío Los González.

1.1.8. Clima

Se encuentra dentro de la región oriental, la característica principal es la deficiencia de lluvia (la región del país donde menos llueve) con marcado déficit la mayoría del año y con los valores más altos de temperatura, aquí se manifiestan climas de género cálido con invierno seco, variando su carácter de semisecos sin estación seca bien definida, hasta secos. La vegetación característica es el pastizal, a continuación se presentan algunos datos del departamento de Jalapa obtenidos por el INSIVUMEH:

Elevación (msnm)	1 760
Temperaturas °C máx. mín.	21,7 – 8,7
Temperaturas absolutas máx. mín.	29,8 – -4,0

Precipitación en mm	1 002,8
Brillo solar total/h/ promedio mes	-99
Humedad relativa %	83
Velocidad del viento km/h	3,2
Evaporación en mm	-99
Dirección del viento	NE

1.1.9 Vías de acceso

El municipio de Jalapa del departamento de Jalapa cuenta con 2 vías de acceso principales las cuales comunican a la cabecera departamental con la ciudad capital, una de ellas lo hace por la vía Sanarate, El Progreso, y la otra por la vía de Jutiapa; comunicando también a la cabecera departamental con los diferentes municipios que se encuentran localizados sobre la ruta, y con otros municipios; los cuales cuentan con rutas de acceso que están conectadas con dichas rutas.

La aldea El Rodeo cuenta con una vía de acceso, una de ellas conduce al municipio de Mataquescuintla del departamento de Jalapa, la RN-19 que tiene parte de asfalto y terracería.

La aldea La Paz cuenta sólo con una vía de acceso, la RN-19 que tiene parte de asfalto y terracería.

1.1.10 Servicios públicos

El municipio de Jalapa del departamento de Jalapa, en la cabecera departamental cuenta con los siguientes servicios públicos: transporte urbano y extra urbano, agua potable, energía eléctrica, bancos, mercado, correos y

telégrafos, escuelas, institutos, universidad, radios, empresa de cable para TV., hospital, servicio de drenajes, centro de salud, biblioteca, telefonía pública, telefonía celular, telefonía residencial, rastro municipal, etc.

1.1.11. Comercio

Jalapa, respalda su economía en diversas actividades comerciales, las que también se ven influenciadas por las mismas condiciones del terreno, sobre todo en la rama agrícola, pues existe la producción de diversidad de cultivos de acuerdo a los climas variados existentes por la topografía del terreno, y entre éstos tenemos la producción de maíz, frijol, arroz, papa, yuca, chile, café, banano, tabaco, caña de azúcar, trigo, etc. En cuanto a las actividades pecuarias, se tiene la crianza de ganado vacuno, caballar y porcino; también se destaca la elaboración de los productos lácteos, la panela, el beneficiado de café, productos de cuero; y la actividad artesanal, que se distingue con la producción de tejidos de algodón y cerámica tradicional.

1.1.12. Turismo

El departamento de Jalapa cuenta con varios lugares turísticos naturales como: las Cascadas de Tatasirire, la Laguna de Achiotes Jumay, el Salto, el Paraíso, el Balneario Los Chorros y el de Agua Tibia en Monjas, los balnearios de Agua Caliente y los Encuentros, la laguna del Hoyo, el balneario Agua Tibia y el río Mojarritas en Monjas; los balnearios de El Cajón, Ignacio y Taburetes en San Manuel Chaparrón, el balneario San Juan en San Carlos Alzatate, etc.

En este departamento también se encuentran varios centros históricos como las Ruinas Coloniales del Ingenio de Ayarza en el municipio de Jalapa; la

Iglesia Colonial de San Luis Jilotepeque, Iglesia Colonial de Santo Domingo en el municipio de San Pedro Pinula.

1.2. Investigación diagnóstica sobre las necesidades de servicios básicos e infraestructura de las aldeas El Rodeo y La Paz municipio de Jalapa

1.2.1. Descripción de las necesidades

Las necesidades que se presentan son distintas dependiendo de cada comunidad o población, siendo las más comunes en el municipio las vías de acceso hacia los caseríos o aldeas. Las necesidades principales que surgen en el área rural es el la falta o mal funcionamiento de los sistemas de agua potable y alcantarillado sanitario. Así como la falta de edificios escolares en las aldeas y caseríos del municipio.

- Agua potable: la aldea El Rodeo carece de un sistema de abastecimiento, ya que actualmente lo hacen de fuentes inadecuadas, lo que provoca la proliferación de enfermedades gastrointestinales.
- Drenaje: no se cuenta con un sistema de drenaje en la aldea El Rodeo, porque los mismos van sobre las calles, lo cual contamina con malos olores, producto de las aguas servidas y mal manejo de los desechos sólidos.
- Puente: en la aldea La Paz se hace necesario la construcción de un puente vehicular, que permita la comunicación con las demás comunidades, así como también la comercialización de los productos agrícolas.

- Escuela: por la demanda creciente que presenta la población estudiantil de la aldea La Paz, la construcción de una escuela primaria es evidente para ayudar a fomentar la superación personal.

1.2.2 Análisis y priorización de las necesidades

De acuerdo a la evaluación anterior y pláticas con las comunidades, se llegó a la conclusión de priorizar las necesidades de la siguiente forma:

- a) Agua potable
- b) Puente
- c) Drenaje
- d) Escuela

2. SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL

2.1. Diseño de sistema de abastecimiento de agua potable para la aldea El Rodeo, Jalapa

2.1.1. Descripción del proyecto

El proyecto consiste en el diseño de un sistema de abastecimiento de agua potable por gravedad para la aldea El Rodeo, cuenta con una población actual de 960 habitantes. La fuente es un manantial natural, concentrado en un punto definido. Los componentes del proyecto son: 2 165,70 metros red de conducción, 50 m³ tanque de distribución, 5 219,78 metros red de distribución, obras hidráulicas y 210 unidades de conexiones domiciliarias.

2.1.1.1. Visita preliminar

Al momento de realizar la visita se verificó que la captación ya está construida y protegida apropiadamente, por lo que se aprovechará el rebalse que tiene, además se observó que en la aldea El Rodeo las viviendas están dispersas, no se tiene problemas con los derechos de paso de los terrenos por donde pasará la tubería, también se cuenta con el terreno necesario para la construcción del tanque de distribución.

2.1.2. Fuentes de agua

La fuente de abastecimiento es un brote definido en ladera, ubicado aproximadamente a una distancia de 4,5 kilómetros del área a servir.

2.1.2.1. Aforo de la fuente

En este caso, se aforó el rebalse empleando el método volumétrico, dando un caudal de 2,54 l/s.

2.1.3. Calidad del agua

El agua es un elemento indispensable para la vida, por lo que, la calidad de ésta debe ser sanitariamente segura para el consumo humano. Para determinar la calidad sanitaria del agua es necesario efectuar un examen físico-químico sanitario y bacteriológico, los cuales deben acatar las normas COGUANOR NGO 29001 (ver anexo).

2.1.3.1. Examen bacteriológico

El objetivo principal del análisis bacteriológico es proporcionar el grado de contaminación bacteriana y con materia fecal encontradas en la muestra, para lo cual se busca la presencia del grupo coliforme. Los resultados del examen bacteriológico indican que el agua no es potable, según norma COGUANOR NGO 29001.

Por lo tanto, con base a los datos anteriores, se debe incorporar un sistema de desinfección utilizando hipoclorito de calcio, antes de ser consumida, aspecto que se describe en el inciso 2.1.7.9.

2.1.3.2. Análisis físico-químico

El análisis físico determina el aspecto, color, turbiedad, olor, sabor, pH, temperatura y conductividad eléctrica, y el análisis químico mide las cantidades

de minerales y materia orgánica existentes en el agua que afectan su calidad, como lo son: amoníaco, nitritos, nitratos, cloro residual, manganeso, cloruros, fluoruros, sulfatos, hierro total, dureza total, sólidos totales, sólidos volátiles, sólidos fijos, sólidos en suspensión, sólidos disueltos y también su alcalinidad (clasificación).

El resultado que se obtuvo del examen físico-químico sanitario indica que el agua es ligeramente turbia (rechazable), desde el punto de vista de la calidad química el agua cumple con la Norma COGUANOR NGO 29001. Todas las determinaciones se encuentran dentro de los límites máximos aceptables.

2.1.4. Levantamiento topográfico

Éste constituye un elemento básico para la elaboración del diseño, ya que permite representar gráficamente los posibles puntos de ubicación de la obra en estudio. El equipo utilizado fue el siguiente:

- Teodolito marca WILD T-1
- Estadia
- Cinta métrica de 25 m
- Plomada
- Estacas de madera, pintura, clavos, martillo, etc.

2.1.4.1. Levantamiento planimétrico

El levantamiento planimétrico se ejecutó como una poligonal abierta, utilizando para ello, el método de conservación de azimut con vuelta de campana.

2.1.4.2. Levantamiento altimétrico

En esta fase, se obtienen los datos para identificar los diferentes niveles del terreno con la ayuda del equipo de topografía antes mencionado. El método de levantamiento fue el taquimétrico.

2.1.5. Base para diseño hidráulico

2.1.5.1. Período de diseño

Éste representa el tiempo en que la capacidad del sistema atiende la demanda o es eficiente en un 100%. Aunque el sistema varía de acuerdo a la capacidad de la administración, en aspectos de operación y mantenimiento. Comprende desde el momento de la construcción e inicio de funcionamiento del sistema, hasta el momento que sobrepasa las condiciones de diseño, que en este caso se adoptó un período de diseño de 22 años.

2.1.5.2. Crecimiento de la población

2.1.5.2.1. Método de incremento geométrico

Para la estimación de la población futura existen varios métodos, en este caso se consideró el método de incremento geométrico; el cual consiste en el cálculo de la población con base a la tasa de crecimiento poblacional que se tiene registrado de los censos de la población, debe proyectarse en el tiempo según el período de diseño que se estime.

$$Pf = Pa * (1 + r)^n$$

Donde:

Pf = Población futura

Pa = Población actual = 960 habitantes

r = Tasa de crecimiento = 3 %

n = Período de diseño en años = 22 años

$$Pf = Pa * (1 + 0,03)^{22} = 1839 \text{ hab.}$$

Dotación

Es la cantidad de agua asignada a una persona en litros/habitante/día; para la adopción de una dotación adecuada se debe tomar en cuenta el clima y la ubicación de la población, es decir, si es área urbana o rural y sus distintas actividades comerciales. Para proyectos de abastecimiento de agua potable a comunidades del área rural de clima frío se recomienda que la dotación esté entre 60 l/hab/día a 90 l/hab/día. Para el presente proyecto se tomó una dotación de 80 l/hab/día.

2.1.6. Factores de consumo

2.1.6.1. Consumo medio diario

Conocido también como caudal medio, es la cantidad de agua que consume una población en un día. Se obtiene del promedio de consumos diarios durante un año, pero cuando no se cuenta con registros de consumo diario se puede calcular en función de la población futura y de la dotación asignada en un día.

Para su cálculo se utiliza la siguiente fórmula:

$$Q_m = \frac{P_f \text{ hab} \cdot \text{Dot} \text{ / hab / día}}{86\,400 \text{ / día}}$$

$$Q_m = \frac{839 \text{ hab} \cdot 80 \text{ / hab / día}}{86\,400 \text{ / día}} = 1,703 \text{ l/s}$$

2.1.6.2. Consumo máximo diario

Es conocido como caudal de conducción, es el consumo máximo de agua que puede haber en 24 horas, observado durante un año y regularmente sucede cuando hay actividades en las cuales participa la mayor parte de la población, el cual no incluye gastos causados por incendios. Cuando no se cuenta con información de consumo diario, éste se puede calcular con un porcentaje denominado factor de día máximo (Fdm). Este factor en área rural está comprendido dentro los valores siguientes: 1,2 para poblaciones futuras mayores de 1 000 habitantes, y de 1,2 a 1,5 para poblaciones futuras menores de 1 000 habitantes. Tomando en cuenta el clima, el nivel socioeconómico y la cantidad de habitantes, se determina que el factor de día máximo es de 1,2.

$$Q_{md} = Q_m \left[\frac{l}{s} \right] * Fdm$$

$$Q_{md} = 1,703 \frac{l}{s} * 1,2 = 2,04 \frac{l}{s}$$

2.1.6.3. Consumo máximo horario

Conocido también como caudal de distribución, es el consumo máximo en una hora del día, el cual se obtiene de la observación del consumo durante un período equivalente a un año. Si no se tienen registros, se puede obtener multiplicando el caudal medio diario por el factor de hora máxima.

El factor de hora máxima (Fhm) está comprendido en el área rural entre los valores siguientes: 2,0 para poblaciones futuras mayores de 1 000 habitantes, y de 2 a 3,0 para poblaciones futuras menores de 1 000 habitantes.

Tomando en cuenta el clima, el nivel socioeconómico y la cantidad de habitantes, se determina que el factor de hora máxima es de 2,0.

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

$$Q_{md} = 1,703 \frac{l}{s} * 2,0 = 3,4064 \frac{l}{s}$$

2.1.7. Diseño hidráulico de los componentes

2.1.7.1. Fórmulas, coeficientes y diámetros de tubería

Para determinar las pérdidas de carga en la tubería, se recurre a la fórmula de Hazen Williams, la cual está expresada por:

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

Donde:

H_f = pérdida de carga en metros

C = coeficiente de fricción interno (para HG ($C=100$), y para PVC ($C=150$))

D = diámetro interno en pulgadas

L = longitud de diseño en metros

Q = caudal en litros por segundo

Conociendo la altura máxima disponible por perder, se toma como H_f , la cual permitirá encontrar el diámetro teórico necesario para la conducción del agua. Despejando el diámetro de la fórmula anterior se tiene:

$$D = \left[\frac{1743,811141 \times L \times Q^{1,85}}{H_f \times C^{1,85}} \right]^{1/4,87}$$

Obteniendo el diámetro teórico, se procede a seleccionar el diámetro comercial superior y se calcula el H_f final.

2.1.7.2. Clases y trabajo de tubería

En el proyecto se utilizará, en su mayoría, tubería de cloruro de polivinilo PVC, bajo las denominaciones SDR, de las cuales se usarán las siguientes.

SDR 13,5 presión de trabajo de 315 psi (222 m.c.a.)

SDR 17, presión de trabajo de 250 psi (176 m.c.a.)

SDR 26, presión de trabajo de 160 psi (113 m.c.a.)

En algunos tramos, por el tipo de suelo y la topografía del terreno, se usará tubería de hierro galvanizado tipo liviano.

2.1.7.3. Velocidades y presiones mínimas y máximas

El diseño hidráulico se hará con base a la pérdida de presión del agua que corre a través de la tubería. Para comprender el mecanismo que se emplea, se incluye los principales conceptos utilizados:

a) Presión estática en tuberías

Se produce cuando todo el líquido en la tubería y en el recipiente que la alimenta está en reposo. Es igual al peso específico del agua, multiplicado por la altura a que se encuentra la superficie libre del agua, en el recipiente.

La máxima presión estática que deben soportar las tuberías es del 90% de la presión de trabajo, teóricamente pueden soportar más, pero por efectos de seguridad se establece este límite.

La menor presión dinámica que puede haber en la red de distribución es de 10 m.c.a, que es la necesaria, para que el agua pueda subir con cierta presión a las llaves de chorro, la topografía es irregular y se hace difícil mantener este valor, por lo que se podría considerar en casos extremos una presión dinámica mínima de 6 m.c.a, partiendo del criterio que en una población rural, es difícil que se construyan edificios de altura considerable.

b) Presión dinámica en la tubería

Cuando hay movimiento de agua, la presión estática modifica su valor disminuyéndose por la resistencia o fricción de la paredes de la tubería, lo que era altura de carga estática ahora se convierte en altura de presión más pequeña, debido al consumo de presión que se le llama pérdida de carga. La energía consumida o pérdida de carga varía con respecto a la velocidad del agua y en proporción inversa al diámetro de la tubería.

La presión en un punto A es la diferencia entre la cota piezométrica del punto A y la cota del terreno en ese punto.

c) Velocidades

En todo diseño hidráulico es necesario revisar la velocidad del líquido, para verificar si ésta se encuentra entre los límites recomendados.

Para diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable, según las normas de UNEPAR se consideran los siguientes límites

- Para conducciones: mínima = 0,40 m/s y máxima = 3,00 m/s
- Para distribución: máxima = 0,60 m/s y máxima = 3,00 m/s

Bases generales de diseño:

Esfuerzo máximo del concreto	$f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$
Esfuerzo de fluencia del acero	$f_y = 2\,810 \text{ kg/cm}^2$
Peso específico del concreto	$\gamma_c = 2\,400 \text{ kg/m}^3$
Peso específico del concreto ciclópeo	$\gamma_{cc} = 2\,500 \text{ kg/m}^3$
Peso específico mínimo piedra bola	$\gamma_{pb} = 1\,390 \text{ kg/m}^3$
Tubería P.V.C.	Clase= 160 (160 psi)
Capacidad soporte del suelo	$V_s = 10 \text{ ton/m}^2$ (asumido)
Población inicial	$P_o = 960 \text{ hab.}$
Población futura	$P_f = 1\,839 \text{ hab.}$
Dotación	$D = 80 \text{ l/hab/día}$
Consumo medio diario	$Q_m = 1,703 \text{ l/s}$
Consumo máximo diario	$Q_{md} = 2,04 \text{ l/s}$
Consumo máximo horario	$Q_{mh} = 3,4064 \text{ l/s}$

2.1.7.4. Diseño de la captación

Es toda estructura que se construye con el fin de recolectar el agua de una fuente, en este caso la captación ya está construida la cual consiste en una captación típica, para el desarrollo del presente proyecto se estará aprovechando el rebalse.

2.1.7.5. Diseño de red de conducción

Es el conjunto de tuberías trabajando a presión forzada, que viene desde la captación al tanque de distribución. Para el presente diseño se trabajará el sistema por gravedad.

En el diseño de la línea de conducción se deben de tener en cuenta los principios de hidráulica como la carga disponible, piezométrica, pérdidas y otras herramientas. A continuación se presenta la ecuación de Hazen-Williams:

$$H_f = \frac{1743,811 * L * Q^{1,85}}{C^{1,85} * \phi^{4,87}}$$

Donde:

Hf = Pérdidas por fricción en la tubería (pérdidas de carga) en m.

L = Longitud del tramo en m.

Q = Caudal en l/s

Ø = Diámetro interno de la tubería en pulgadas.

C = Coeficiente que depende del material de la tubería

PVC; C = 150

HG; C = 100

Ejemplo de diseño:

- Tramo 1, (conducción)

Datos:

Cota inicial del tramo E-97: 1 176,07 m

Cota final del tramo E-252: 1 157,10 m

Longitud: 532,70 m

Caudal medio diario: 1,7032 l/s

Coeficiente "c" PVC: 150

Cálculo diámetro teórico:

$$\phi = \left(\frac{1743,811 * 532 * 1,7032^{1,85}}{150^{1,85} * 18,97} \right)^{\frac{1}{4,87}} = 1,68 \text{ pulg.}$$

Se tomó un diámetro comercial de 2", con diámetro interno de 2,193".

Cálculo de pérdida:

$$Hf_2 = \frac{1\,743,811 * 532,70 * 1,7032^{1,85}}{150^{1,85} * 2,193^{4,87}} = 5,12 \text{ m}$$

Cálculo de velocidad:

$$V = \frac{1,9735 * Q_d}{\phi^2} = \frac{1,9735 * 1,7032}{2,193^2} = 0,70 \text{ m/s}$$

0,40 m/s < V=0,70 m/s < 3,00 m/s; por consiguiente el diámetro de tubería propuesto cumple con los parámetros.

Cota piezométrica:

$$CP = \text{Cota inicial} - Hf$$

$$CP = 1176,07 - 5,15 = 1170,92 \text{ m}$$

Tabla II. Resumen diseño red de conducción (tubería 160 psi)

Est.	P.O.	D.H.	Hf. Disp.	Cota Terreno		Caudal Diseño (l/s)	Teórico	Hf real	COT. PIEZ. INI.	COT. PIEZ. FIN.
				Inicial	Final					
E-97	E-252	532,7	18,97	1 176,07	1 157,10	1,7032	1,77	5,15	1 176,07	1 170,92
E-252	E-258	668,0	74,12	1 157,10	1 096,80	1,7032	1,33	36,82	1 170,92	1 134,10
E-258	E-261	485,0	133,37	1 096,80	1 000,73	1,7032	1,10	89,65	1 134,10	1 044,45
E-261	E-1032	480,0	107,05	1 000,73	937,40	1,7032	1,15	88,72	1 044,45	955,73

Fuente: elaboración propia.

2.1.7.6. Diseño de red de distribución

Son las líneas y ramales de abastecimiento que alimentan de agua a cada uno de los usuarios. Las líneas de distribución son en su mayoría tuberías de PVC.

Para este proyecto, la red de distribución es del tipo de ramales abiertos. Se diseña con el caudal de hora máxima, por medio de la ecuación de Hazen & Williams.

$$H_f = \frac{1743,811 * L * Q^{1,85}}{C^{1,85} * \phi^{4,87}}$$

Donde:

H_f = Pérdidas por fricción en la tubería (pérdidas de carga) en m.

L = Longitud del tramo en m.

Q = Caudal en l/s

Ø = Diámetro interno de la tubería en pulg.

C = Coeficiente que depende del material de la tubería

PVC; C = 150

HG; C = 100

Ejemplo de diseño:

- Tramo 1 (distribución)

Datos:

Cota inicial del tramo tanque: 937,40 m

Cota final del tramo E-1 071: 849,70 m

Longitud: 505,55 m

Caudal día máximo: 3,405 l/s
 Coeficiente "C" PVC: 150

Cálculo diámetro teórico:

$$\phi = \left(\frac{1743,811 * 505,55 * 3,405^{1,85}}{150^{1,85} * 87,720} \right)^{\frac{1}{4,87}} = 1,575 \text{ pulg.}$$

Se tomó un diámetro comercial de 1 1/2", con diámetro interno de 1,754".

Cálculo de pérdida:

$$Hf_2 = \frac{1743,811 * 505,55 * 3,405^{1,85}}{150^{1,85} * 1,754^{4,87}} = 51,94 \text{ m}$$

Cálculo de velocidad:

$$V = \frac{1,9735 * Q_d}{\phi^2} = \frac{1,9735 * 3,405}{1,754^2} = 2,18 \text{ m/s}$$

0,60 m/s < V=2,18 m/s < 3,00 m/s; por consiguiente el diámetro de tubería propuesto cumple con los parámetros.

Cota piezométrica:

$$CP = \text{Cota inicial} - Hf$$

$$CP = 937,40 - 51,6080 = 886,06 \text{ m}$$

Tabla III. Resumen diseño red de distribución

Est.	PO	Long. (m)	Caudal (l/s)	H (m)	Hf (m)	Ø com. (pulg)	Ø inter. (pulg)	C.P.	Tubería psi	Presión (m.c.a)
TANQ.	E-1 071	505,55	3,405	51,9400	0,4968	1 1/2	1,76	886,06	160	36,38
E-1 071	E-1 073	20,07	2,940	1,5614	0,0000	1 1/2	1,76	884,51	160	37,56
E-1 073	E-1 085	144,16	2,750	9,9117	0,0094	1 1/2	1,76	874,69	160	41,55
E-1 085	E-1 101	245,75	1,400	10,0429	0,3081	1 1/4	1,51	864,66	160	60,71
E-1 101	E-1 157	574,14	1,130	49,7017	6,7229	1	1,19	815,55	160	41,54
E-1 157	E-1 169	214,23	0,740	8,4746	0,0000	1	1,19	807,05	160	14,05
E-1 169	E-1 180	162,82	0,530	3,4736	0,4253	1	1,19	803,59	160	26,14
E-1 180	E-1 193	162,61	0,360	1,6962	0,1780	1	1,19	801,89	160	8,45
E-1 193	E-1 198	47,07	0,040	0,0084	0,0095	1	1,19	801,88	160	5,08
E-1 085	E-1 230	128,80	1,280	14,0415	0,9474	1	1,19	860,80	160	35,13
E-1 230	E-1 234	76,12	0,980	5,0632	0,0153	1	1,19	855,78	160	29,16
E-1 234	E-1 241	137,12	0,940	8,4439	0,8794	1	1,19	847,47	160	37,23
E-1 241	E-1 268	215,52	0,660	23,8789	0,5405	3/4	0,93	823,81	250	51,47
E-1 268	E-1 270 (CRP1)	157,47	0,570	13,3026	1,4237	3/4	0,93	810,42	250	38,78
E-1 270 (CRP1)	E-1 309	521,21	0,280	11,8202	5,8595	3/4	0,93	760,18	250	62,62
E-1 309	E-1 312	257,38	0,090	0,7150	0,6455	3/4	0,93	759,55	250	22,36
E-1 073	E-1 339	98,69	0,190	0,0484	0,0064	1 1/2	1,76	884,48	160	49,53
E-1 339	E-1 340	584,49	0,130	0,1419	0,1374	1 1/2	1,76	884,37	160	9,37
E-1 071	E-1 214	97,62	0,190	3,7768	0,0000	1/2	0,72	845,87	315	14,49
E-1 214	E-1 223	129,52	0,130	2,4832	2,4040	1/2	0,72	843,49	315	28,56
E-1 214	E-1 217	76,52	0,060	0,3509	0,3940	1/2	0,72	845,48	315	26,55
E-1 101	E-1 332	105,66	0,060	0,4846	0,5440	1/2	0,72	864,12	315	72,04
E-1 169	E-1 327	162,18	0,210	2,1601	2,2156	3/4	0,93	804,88	250	18,33
E-1 193	E-1 196	257,17	0,210	11,9732	12,2810	1/2	0,72	789,74	315	39,32
E-1 270 (CRP1)	E-1 316	137,91	0,130	2,6441	2,5597	1/2	0,72	807,88	315	17,37

Fuente: elaboración propia.

2.1.7.7. Obras hidráulicas

Dentro de las obras hidráulicas que se construyen en los proyectos de agua potable, se pueden mencionar: válvula de limpieza, válvula de aire, caja rompe presión, tanque de distribución, conexiones domiciliarias.

2.1.7.8 Tanque de almacenamiento

En todo sistema, incluyendo aquéllos con abastecimiento por gravedad durante las 24 horas del día, debe diseñarse un tanque como mínimo, con las siguientes funciones.

- Compensar las demandas máximas horarias esperadas en la red de distribución;
- Almacenar agua en horas de poco consumo, como reserva para contingencias;
- Almacenar cierta cantidad de agua para combatir incendios;
- Regular presiones en la red de distribución;
- Reserva suficiente por eventual interrupción en la fuente de abastecimiento.

Se podría suprimir el tanque de almacenamiento, sólo cuando la fuente asegure un caudal superior a 3 veces el consumo medio diario de la población, en toda época del año.

Las variaciones de consumo pueden ser establecidas utilizando la suma de variaciones horarias de consumo de una población, con iguales características a la localidad, cuando se dispone de una curva aplicada al caso estudiado. De lo contrario, el volumen de compensación en sistemas por gravedad se adoptará del 25% al 35% del consumo medio diario y en sistemas por bombeo de 35% al 50%.

Cuando el suministro de agua, puede considerarse seguro y continuo, en la cantidad prevista en el proyecto, se puede prescindir del volumen de reservas para contingencias, a fin de mantener bajo el costo inicial del sistema.

Cálculo del volumen

En los sistemas por gravedad se debe considerar un volumen de distribución o almacenamiento de 25% al 35% del caudal medio diario o el 25% del caudal máximo diario, según normas de diseño.

$$Vol = (Qmd * \%almacenamiento * 1m^3 * 86\ 400\ s / día) / 1\ 000$$

Donde:

Vol. = volumen del tanque

Qmd = caudal medio diario

En este proyecto se tomó un almacenamiento del 25% del caudal máximo diario.

$$Vol = \frac{(80\ l / hab / día)(1839\ hab)(25\%)(1,7)}{1\ 000} = 62,53\ m^3$$

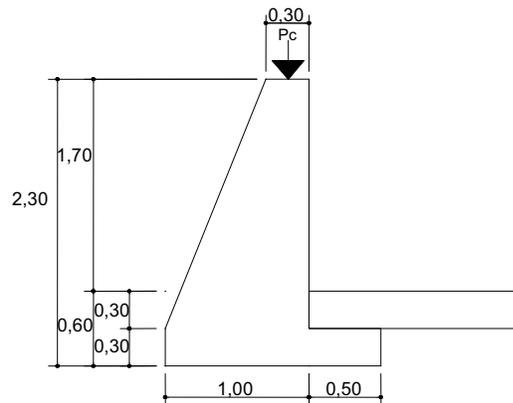
El tanque de distribución cuenta con las siguientes dimensiones 8,95 m de largo por 4,45 m de ancho la capacidad real = 50 m³ (Ver detalle de tanque en planos en anexo) se tomó dicha capacidad, ya que en la comunidad no se cuenta con terrenos muy amplios para su construcción.

Diseño estructural del tanque

Los tanques de distribución o almacenamiento, normalmente se construyen de muros de concreto ciclópeo, concreto reforzado, mampostería reforzada, la cubierta de losa de concreto reforzado; en los tanques elevados,

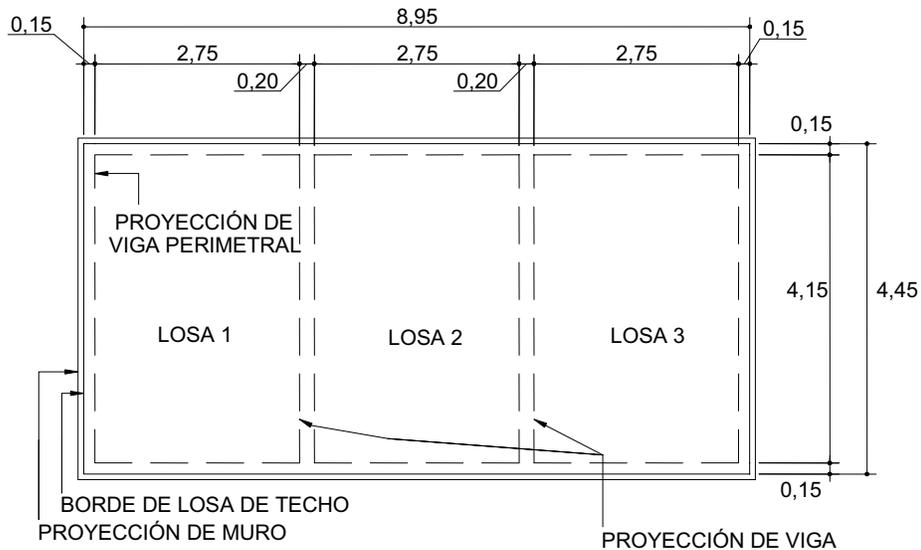
predomina el uso de acero. Debido a las características del terreno y los requerimientos de la red de distribución, los tanques pueden estar totalmente enterrados, semienterrados, superficiales o elevados. En particular el tanque se diseñará con muros de concreto ciclópeo y cubierta de concreto reforzado, y para evitar la excesiva excavación, se diseñará en estado semienterrado, donde la condición crítica, es cuando ésta se encuentra completamente llena.

Figura 1. Dimensiones del tanque (perfil)



Fuente: elaboración propia.

Figura 2. Dimensiones del tanque (planta)



Fuente: elaboración propia.

✓ Diseño de la losa del tanque de distribución:

Datos:

$$\begin{array}{lll}
 a = 2,75 & \text{Carga viva} = 200 \text{ kg/m}^2 & f'y = 2\ 810 \text{ kg/cm}^2 \\
 b = 4,15 & 2 = \text{.cnoc} \text{ } 400 \text{ kg/m}^3 & \text{S.C (sobre carga)} = 89 \text{ kg/m}^2
 \end{array}$$

Cálculo de espesor de losa:

$$t = \frac{\text{Perimetro}}{180} = \frac{13,80}{180} = 0,076 \quad \text{Se adopta } t = 0,10 \text{ m}$$

$$m = \frac{a}{b} = \frac{2,75}{4,15} = 0,66 > 0,5 \Rightarrow \quad \text{Losa en 2 sentidos}$$

Cálculo del peso propio de la losa:

$$Wm = 2\ 400 \times t + S.C$$

$$Wm = 2\ 400 \times 0,10 + 89 = 329 \text{ kg/m}^2$$

Integración de cargas últimas:

$$CU = 1,7CV + 1,4CM$$

$$CU = 1,7(200) + 1,4(329) = 800,6 \text{ kg/m}^2$$

El cálculo de momentos se realiza según *el método 3 del ACI*:

Para Losa1=Losa3

$$M(-)A = 563 \text{ kg-m}$$

$$M(+)A = 353 \text{ kg-m}$$

$$M(-)B = 0 \text{ kg-m}$$

$$M(+)B = 114 \text{ kg-m}$$

Para Losa2

$$M(-)A = 527 \text{ kg-m}$$

$$M(+)A = 267 \text{ kg-m}$$

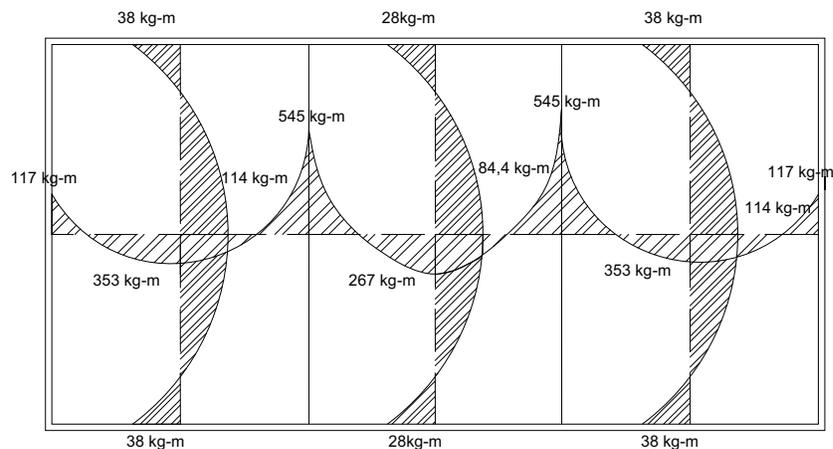
$$M(-)B = 0 \text{ kg-m}$$

$$M(+)B = 84,4 \text{ kg-m}$$

$$\text{Como } 527 > 80\%(563) \Rightarrow Mb = \frac{M_1 + M_2}{2}$$

Calculando momentos en los extremos discontinuos de las losas, como 1/3 de los momentos al centro del claro, y balanceando los momentos en la unión de las tres losas, el diagrama de momentos queda así:

Figura 3. Diagrama de momento último en losa



Fuente: elaboración propia.

Cálculo de peralte de losa:

$$d = t - Rec - \frac{\phi}{2} = 10 - 2 - 0,5 = 7,5 \text{ cm}$$

Cálculo del refuerzo requerido con los siguientes datos:

$$F'c = 210 \text{ kg/cm}^2 \quad F'y = 2810 \text{ kg/cm}^2$$

$$b = 100 \text{ cm} \quad d = 7,5 \text{ cm}$$

$$As_{\min} = As_{\text{viga}} \times b \times d = \left(\frac{14,1}{2810} \right) \times 100 \times 7,5 = 3,76 \text{ cm}^2$$

$$S_{\max} = 3t = 3(0,10) = 0,30 \text{ cm}$$

Armado para As_{\min} usando varillas No 3

$$\begin{aligned} 3,76 \text{ cm}^2 & - 100 \text{ cm} \\ 0,71 \text{ cm}^2 & - S \quad \Rightarrow \quad S = 0,19 \text{ cm} < S_{\max} \end{aligned}$$

Usar No. 3 @ 0,30 m

Calculando As_{\min} con $S = 0,30 \text{ cm}$

$$\begin{aligned} As_{\min} & - 100 \text{ cm} \\ 0,71 \text{ cm}^2 & - 30 \text{ cm} \quad \Rightarrow \quad As_{\min} = 2,36 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Momento que resiste el $As_{\min} = 2,36 \text{ cm}^2$

$$MAS_{\min} = 436,55 \text{ kg} - m$$

Calculando As para momentos mayores al momento que resiste As_{\min}

$$Mu = 545 \text{ kg} - m \quad \Rightarrow \quad As = 2,97 \text{ cm}^2 \quad \text{Usar No. 3 @ 0,23 m}$$

$$\text{Para } Mu < MAS_{\min} \quad \Rightarrow \quad \text{Usar No. 3 @ 0,30 m}$$

$$Astemp = 0,002 \times 100 \times 10 = 2 \text{ cm}^2 \quad \text{Usar No. 3 @ 0,30 m}$$

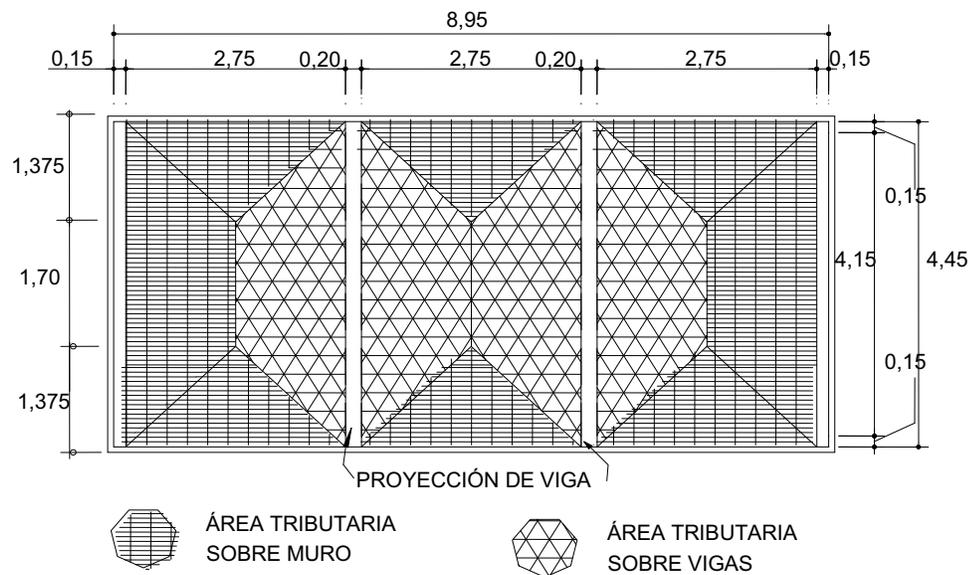
✓ Diseño de viga soporte de losas:

Debido a la forma geométrica del tanque de distribución, fue necesario incorporar en su estructura dos vigas, que servirán de soporte de las losas. En la figura 4 se detalla el área tributaria sobre las vigas y el muro luego integrando cargas y haciendo el respectivo análisis estructural sobre las vigas se obtienen los siguientes datos:

Datos:

b = 20 cm	Carga viva = 200 kg/m ²	f'c = 2 810 kg/cm ²
d = 31cm	L = 4,45 m	S.C = 89 kg/m ²
r = 4cm	M(+) = 4 345,63 kg-m	Vu = 3 906,21 kg.

Figura 4. Área tributaria sobre muro y vigas



Fuente: elaboración propia.

$$\text{Chequeando } \left(\frac{h}{b}\right) \text{ donde } 1,5 \leq \left(\frac{h}{b}\right) \leq 3 \Rightarrow \left(\frac{35}{20}\right) = 1,75$$

Límites de acero: antes de diseñar el acero longitudinal en la viga, se calculan los límites dentro de los cuales debe estar éste, según los criterios siguientes:

Fórmulas:

$$A_{Smin} = \rho_{min} * bd \quad \text{donde} \quad \rho_{min} = \frac{14,1}{f_y}$$

$$A_{Smáx} = \rho_{máx} * bd \quad \text{donde} \quad \rho_{máx} = \varphi * \rho_{bal} \quad \text{y} \quad \rho_{bal} = \frac{0,003 * E_s * 0,85^2 * f'_c}{f_y * (f_y + 0,003 * E_s)}$$

$\varphi = 0,5$ en zona sísmica; $\varphi = 0,75$ en zona no sísmica

Solución: $A_{Smin} = \frac{14,1}{2810} * 20 * 31 = 3,11 \text{ cm}^2$

$$A_{Smáx} = 0,5 * \frac{0,85^2 * 210 * 6090}{2810 * (2810 + 6090)} * 20 * 31 = 11,45 \text{ cm}^2$$

Donde $A_{Smin} \leq A_{Srequerido} \leq A_{Smáx}$

Acero longitudinal: por medio de los momentos dados se procede a calcular las áreas de acero con la fórmula:

$$A_s = \left[bd - \sqrt{(bd)^2 - \frac{Mu * b}{0,003825 f'_c}} \right] * \frac{0,85 * f'_c}{f_y}$$

Sustituyendo datos:

$$A_s = \left[20 * 31 - \sqrt{(20 * 31)^2 - \frac{4345,63 * 20}{0,003825 * 210}} \right] * \frac{0,85 * 210}{2810} = 6,00 \text{ cm}^2$$

Luego de calcular el A_s , se procede a colocar varillas de acero de tal forma que el área de ellas supla lo solicitado en los cálculos de A_s ; esto se hace tomando en cuenta los siguientes requisitos sísmicos:

$A_{s\text{mín}}$ para $M(-)$: en la cama superior, donde actúan momentos negativos, se debe colocar, como mínimo, dos o más varillas corridas de acero, tomando el mayor de los siguientes valores:

$$A_{s\text{mín}} = \rho_{\text{mín}} * bd = 3,11 \text{ cm}^2 \Rightarrow 2 \text{ varillas mínimo}$$

$$A_{s\text{mín}}; 33\% \text{ del } A_s \text{ calculada para el } M(-) \Rightarrow 0,33 * (0) = 0 \text{ cm}^2$$

$$\text{Para este caso usar 3 No. 4} \Rightarrow 3 * (1,29) = 3,81 > A_{s\text{mín}} = 3,11 \text{ cm}^2$$

$A_{s\text{mín}}$ para $M(+)$: en la cama inferior, donde actúan momentos positivos, se debe colocar, como mínimo, dos o más varillas corridas de acero, tomando el mayor de los siguientes valores:

$$A_{s\text{mín}} = \rho_{\text{mín}} * bd = 3,11 \text{ cm}^2 \Rightarrow 2 \text{ varillas No 5 mínimo}$$

$$A_{s\text{mín}}; 50\% \text{ del } A_s \text{ calculada para el } M(+), \Rightarrow 0,50 * (6,00) = 3,00 \text{ cm}^2$$

$$A_{s\text{mín}}; 50\% \text{ del } A_s \text{ calculada para el } M(-), \Rightarrow 0,50 * (0) = 0 \text{ cm}^2$$

Se puede observar que la cama superior, el $A_{s\text{mín}}$ son dos varillas No. 5 con un área de $4,00 \text{ cm}^2$, que son los valores más altos. El resto del acero, se coloca como bastones usando la fórmula siguiente:

$$A_{s(\text{riel})} = A_{s\text{total}} - A_{s\text{mín corrido}}$$

Sustituyendo datos:

$$A_{s(\text{riel})} = 6 - 2 * (2) = 2 \text{ cm}^2$$

Usar 1 No. 5 como bastón

$$\Rightarrow 1*(2) = 2 \text{ cm}^2 = A_{s(\text{riel})}$$

Acero transversal (estribos): el objetivo de colocar acero transversal es: por armado; para mantener el refuerzo longitudinal en la posición deseada, y para contrarrestar los esfuerzos de corte; esto último en caso que la sección de concreto no fuera suficiente para cumplir esta función. El procedimiento a seguir es el siguiente:

- Cálculo del corte resistente:

$$V_R = 0,85*0,53(f'_c)^{1/2}bd$$

$$V_R = 0,85*0,53(210)^{1/2}20*31 = 4\ 047,58 \text{ kg}$$

- Comparar corte resistente con corte último:

Si $V_R \geq V_U$ la viga necesita estribos sólo por armado

Si $V_R < V_U$ se diseñan estribos por corte

Para este caso $V_R > V_U$ ($4\ 047,58 > 3\ 906,21$) necesita estribos sólo por armado.

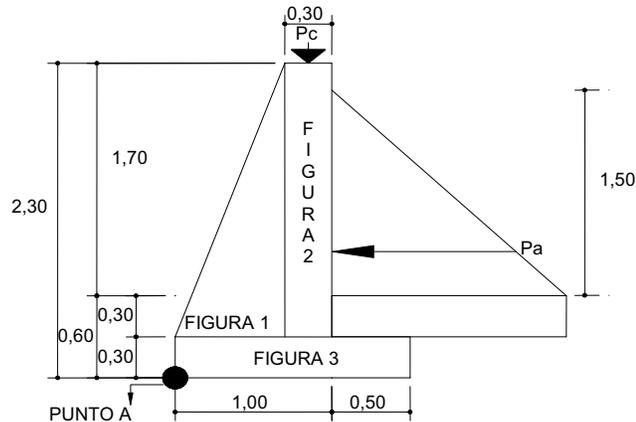
$$\Rightarrow S_{\text{máx}} = \frac{d}{2} = \frac{31}{2} = 15,5 \text{ cm} \quad \text{Usar No. 2 @ 15 cm}$$

- ✓ Diseño del muro del tanque

Datos

- Ángulo de fricción interna (φ) = 30°
- Peso específico del agua γ_a = $1\ 000 \text{ kg/m}^3$
- Peso específico del concreto γ_c = $2\ 400 \text{ kg/m}^3$
- Peso específico del concreto ciclópeo γ_{cc} = $2\ 500 \text{ kg/m}^3$
- Valor soporte del suelo (V_s) = $15\ 000 \text{ kg/m}^2$

Figura 5. Diagrama de fuerzas actuantes sobre el muro



Fuente: elaboración propia.

Determinación de la carga uniforme sobre el muro ($W_{\text{sobre - muro}}$)

$$W_{\text{sobre - muro}} = \text{Peso del área tributaria de la losa} + \text{Peso de viga perimetral} \\ + \text{Peso de vigas de soporte}$$

- Peso del área tributaria de la losa sobre el muro (W_{A_t})

$$W_{A_t} = CU * A_t$$

Donde: CU = integración de carga última

A_t = área tributaria de la losa sobre el muro

De la figura 4 se obtiene:

$$A_t = 3 * \frac{1}{2} bh = 3 * \frac{1}{2} (2,75)(1,375) = 5,67 \text{ m}^2$$

Sustituyendo valores:

$$W_{A_t} = 800,6 * 5,67 = 4539,40 \text{ kg.}$$

- Peso de viga perimetral (WViga – perimetral)

$$W_{viga - perimetral} = \text{Volumen de viga perimetral} * \delta c * 1,4$$

Sustituyendo valores:

$$W_{viga - perimetral} = (2\,400 * 0,20 * 0,15 * 8,55) * 1,4 = 861,84 \text{ kg.}$$

- Peso de viga de soporte (WViga - soporte)

$$W_{viga-soporte} = \text{CU} * \text{At de la losa sobre viga - soporte} * \text{Volumen de viga de soporte} * \delta c * 1,4$$

Sustituyendo valores:

$$W_{viga - soporte} = 8,47 * 800,6 + (2\,400 * 0,20 * 0,35 * 4,45) * 1,4 = 7\,819,71 \text{ kg.}$$

$$\Rightarrow W_{\text{sobre- muro}} = 4\,539,40 + 861,84 + 7\,819,71 = 13\,220,95 \text{ kg.}$$

El peso total para un metro unitario de muro es:

$$W_{\text{metrounitario de muro}} = \frac{W_{\text{sobre- muro}}}{\text{ml de muro}} = \frac{13\,220,95 \text{ kg}}{8,95 \text{ m}} = 1\,477,20 \text{ kg/m}$$

Considerando W como carga puntual (Pc)

$$Pc = 1\,477,20 \text{ kg/m} * 1 \text{ m} = 1\,477,20 \text{ kg}$$

El momento que ejerce la carga puntual respecto del punto A es:

$$MC = 1\,477,20 \text{ kg} * (0,7 + (0,3/2)) = 1\,255,62 \text{ kg - m}$$

Fuerza activa (Fa)

$$Fa = \delta a * H^2 / 2 = 1\,000 \text{ kg/m}^3 * 1,5^2 / 2 = 1\,125 \text{ kg}$$

Momento de volteo respecto del punto A es:

$$M_{act} = Fa * H/3 = 1\,125 * ((1,5/3) + 0,6) = 1\,275,5 \text{ kg - m}$$

Tabla IV. **Cálculo de momento respecto al punto A**

Fig.	*Área = W (kg)	Brazo (m)	Momento (kg-m)
1	2,5*(0,5*0,70*2,00) = 1 750	2/3*0,70 = 0,47	822,50
2	2,5*(0,30*2,00) = 1 500	0,70+(0,30)/2 = 0,85	1 275,00
3	2,5*(0,30*1,50) = 1 125	1,50/2 = 0,75	843,75
	Σ WR = 4 375		ΣMR = 2 941,25

Fuente: elaboración propia.

Carga total (WT) = Pc + WR

$$WT = 1477,20 + 4375 = 5852,20 \text{ kg}$$

- Verificación de la estabilidad contra el volteo ($F_{sv} > 1,5$)

$$F_{sv} = \frac{(MR + MC)}{M_{act}} = \frac{(2941,25 + 1255,62)}{1275,5} = 3,30 > 1,5$$

- Verificación de la estabilidad contra el deslizamiento ($F_{sd} > 1,5$)

$F_d = WT * \text{Coeficiente de fricción}$

$$F_d = 5852,20 * 0,9 * \text{tg}(30^\circ) = 3040,90 \text{ kg}$$

$$F_{sd} = F_d / F_a = 3040,90 \text{ kg} / 1125 \text{ kg} = 2,70 > 1,5$$

- Verificación de la presión bajo la base del muro, $P_{\text{máx}} < V_s$ y $P_{\text{mín}} > 0$
donde la excentricidad (e_x) = base/2 – a

$$a = \frac{MR + MC - M_{act}}{WT} \Rightarrow \frac{2941,25 + 1255,62 - 1237,50}{5852,20} = 0,50$$

$$e_x = \frac{B}{2} - a = \frac{1,5}{2} - 0,5 = 0,25$$

Módulo de sección (Sx)

$$Sx = 1/6 * base^2 * long = 1/6 * 1,5^2 * 1 = 0,38 m^3$$

La presión es:

$$P_{máx} = \frac{WT}{A} \pm \frac{WT * e_x}{Sx} = \frac{5\,852,20}{1,5 * 1} \pm \frac{5\,852,20 * 0,25}{0,38}$$

$$P_{máx} = 7\,751,60 \text{ kg/m}^2$$

$$P_{máx} = 7\,751,60 \text{ kg/m}^2 < 15\,000 \text{ kg/m}^2$$

$$P_{mín} = 51,33 \text{ kg/m}^2 > 0$$

2.1.7.9. Desinfección

Se utilizará un alimentador automático de tricloro, instalado en serie con la tubería de conducción a la entrada del tanque de distribución.

La cantidad de litros que se tratarán a través del sistema será el caudal de conducción durante un día. Este caudal es de 3,4064 l/s, haciendo un total de 294 312,96 litros diarios.

Las tabletas de tricloro son una forma de presentación del cloro: pastillas de 200 gramos de peso, 3 pulgadas de diámetro, por 1 pulgada de espesor, con una solución de cloro al 90% y 10% de estabilizador. La velocidad a la que se disuelve en agua en reposo es de 15 gramos en 24 horas. Para determinar la

cantidad de tabletas al mes para clorar el caudal de conducción se hace mediante la fórmula para hipocloritos, y ésta es:

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

Donde:

G = gramos de tricloro

C = miligramos por litro deseados

M = litros de agua a tratarse por día

D = número de días

%CL = concentración de cloro

La cantidad de gramos de tricloro oscila entre 0,07% y 0,15%, éste depende del caudal de bombeo a tratar, para este proyecto (3,4064 l/s = 294 312,96 l/día) se utilizará un valor del 0,1%, por lo que se tiene:

$$G = \frac{0,001 * 294\ 312,96\ \text{l/día} * 30\ \text{días}}{0,9}$$

$$G = 9\ 810,43\ \text{gramos}$$

Lo cual significa que se necesitan 49 tabletas mensuales. Estas serán colocadas por el encargado de mantenimiento de forma gradual en el alimentador, cuidando de su limpieza una vez al mes. El gasto de operación del sistema de desinfección será tomado en cuenta para la propuesta de tarifa.

2.1.7.10. Obras de arte

Son utilizadas en el diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable para optimizar su funcionamiento.

2.1.7.11. Válvulas de limpieza

Son aquéllas que se usan para extraer todos los sedimentos que se pueden acumular en los puntos bajos de las tuberías; se deben colocar únicamente y exclusivamente en la línea de conducción, ya que en la red de distribución, los grifos realizan esta función.

Estas válvulas se componen básicamente por una tee a la cual se conecta lateralmente un niple (tubería menor de 6 m), además de una válvula de compuerta que se puede abrir para que, por medio del agua, se expulsen de la tubería los sólidos acumulados. La ubicación de las válvulas de limpieza se detalla en los planos constructivos. Éstas serán ubicadas en las estaciones E-249A, E-251A, E-258A.

a) Válvulas de aire

Las líneas por gravedad tienen tendencias a acumular aire en los puntos altos. Cuando se tienen presiones altas, el aire tiende a disolverse y continúa en la tubería hasta que es expulsado, pero en los puntos altos de relativa baja presión, el aire no se disuelve creando bolsas que reducen el área útil de la tubería. La acumulación de aire en los puntos altos provoca una reducción del área de flujo del agua y consecuentemente se produce un aumento de las pérdidas y una disminución del caudal. A fin de prevenir este fenómeno debe utilizarse válvulas, que ubicadas en todos los puntos altos, permitirán la expulsión de aire y la circulación del caudal deseado, ésta será ubicada en la E-250.

b) Válvulas de compuerta

Son las válvulas de mayor aislamiento y de mayor uso en la captación en el tanque de distribución, en la caja rompe presión y en las conexiones domiciliarias, principalmente por su bajo costo, disponibilidad y baja pérdida de carga cuando están totalmente abiertas. Tienen un valor limitado como válvulas de control, por el desgaste del asiento, la desviación y traqueteo del disco de la compuerta, aguas abajo. Además, el área abierta y el volumen de circulación de agua por la válvula no es proporcional al porcentaje de abertura de la compuerta.

c) Conexiones domiciliarias

Éstas se construirán inmediatas al cerco de las propiedades, con el objetivo de que el costo de las conexiones sea lo más bajo posible, debido a la variación de estas longitudes y para efectos de presupuesto se asumieron dos tubos de PVC de ½" por conexión domiciliar.

d) Cajas rompe-presiones

Se utiliza para controlar la presión interna de la tubería, rompiendo o aliviando la presión en la línea de conducción o de distribución. Se evita así la falla de tubería y accesorios, cuando la presión estática de diseño iguala o supera a la presión de trabajo máxima de los mismos. La caja disipa la presión en el instante en que el agua tiene contacto con la atmósfera y disminuye súbitamente su velocidad, al haber un cambio drástico de sección hidráulica. La caja rompe presión se coloca antes de que la presión estática sobrepase los 80

m.c.a. en la línea de conducción y los 40 m.c.a. en la red de distribución, ésta será ubicada en la E-1 270.

2.1.8. Elaboración de planos

Los planos constructivos para el sistema de abastecimiento de agua potable se presentan en el anexo; están conformados por: planta y perfil de red de conducción y red de distribución, planta de densidad de vivienda, tanque de distribución, detalles generales y estructurales de tanque de distribución, detalle de hipoclorador.

2.1.9. Elaboración de presupuesto

Para elaborar el presupuesto se realizó una cuantificación y cotización de materiales según planos finales. Los precios de mano de obra y materiales fueron basados en precios o salarios de trabajo y cotizaciones respectivamente, esta última realizada en el municipio de Jalapa y la mano de obra según los salarios que la municipalidad asigna para estos casos.

Tabla V. **Presupuesto sistema de abastecimiento de agua potable para la aldea El Rodeo, Jalapa**

CUADRO DE INTEGRACIÓN DE COSTOS					
No.	REGLÓN	U/MEDIDA	CANTIDAD	P/UNITARIO	TOTAL
1	Trabajos preliminares	Global	1	Q 20 910,40	Q 20 910,40
2	Replanteo topográfico	Global	1	Q 11 153,46	Q 11 153,46
3	Red de conducción				
3.1	Tubería de 2" PVC 160 psi	m	532,70	Q 65,61	Q 34 950,45
3.2	Tubería de 1¼" PVC 160 psi	m	668,00	Q 50,29	Q 33 593,72
3.3	Tubería de 1" PVC 160 psi	m	965	Q 35,65	Q 34 402,25
4	Red de distribución				
4.1	Tubería de 1½" PVC 160 psi	m	1 352,96	Q 29,80	Q 40 318,21

Continuación tabla V

4.2	Tubería de 1¼" PVC 160 psi	m	245,75	Q 28,50	Q 7 003,87
4.3	Tubería de 1" PVC 160 psi	m	1 502,91	Q 27,05	Q 40 653,72
4.4	Tubería de ½" PVC 315 psi	m	804,40	Q 22,30	Q 17 938,12
4.5	Tubería de ¾" PVC 250 psi	m	1 313,76	Q 25,15	Q 33 041,06
5	Conexiones domiciliarias	Unidad	210	Q 480,48	Q 100 900,80
6	Cajas y válvulas de aire	Unidad	1	Q 2 100,00	Q 2 100,00
7	Cajas y válvulas de limpieza	Unidad	2	Q 1 980,00	Q 3 960,00
8	Cajas rompedresión	Unidad	3	Q 7 299,00	Q 21 897,00
9	Válvula de compuerta de 1"	Unidad	5	Q 2 792,15	Q 13 960,75
10	Válvula de compuerta de 1½"	Unidad	4	Q 2 660,84	Q 10 643,36
11	Tanque de distribución de 50m³	Unidad	1	Q 120 827,15	Q 120 827,15
12	Clorador de pastillas	Unidad	1	Q 7 629,59	Q 7 629,59
COSTO TOTAL DEL PROYECTO					Q 548 880,04

Fuente: elaboración propia.

El costo total del proyecto es de quinientos cuarenta y ocho mil ochocientos ochenta quetzales con cuatro centavos (Q 548 880,04).

2.1.10. Programa de operación y mantenimiento

Esta etapa es de suma importancia y debe considerarse prioritaria, ya que ningún sistema de agua potable puede funcionar por sí mismo, ni funcionar de manera correcta si se opera de manera inadecuada; por otra parte su mantenimiento es indispensable. Por tal razón se pretende que exista un comité capaz de resolver de manera inmediata la mayoría de los problemas técnicos, operativos y administrativos que se presenten durante el servicio del sistema de agua potable.

✓ Administración

El comité de vecinos, debidamente organizado, es el encargado de velar el uso adecuado del sistema y de racionar equitativamente el suministro en caso de emergencia. Así mismo, debe dirigir al encargado del mantenimiento preventivo y correctivo del sistema e implementar los mecanismos de seguridad adecuados, que estén a su alcance para evitar actos de vandalismo contra el sistema y perjuicio de los usuarios.

Puesto que el comité tiene a su bien la administración del sistema, debe efectuar el cobro de la tarifa previamente determinada, en la fecha estipulada; dicha tarifa incluye ingresos para cubrir gastos administrativo, reparaciones, cambios y mejoras en el sistema. Además, tiene a su cargo llevar el registro de cuántos usuarios están conectados al sistema y otorgar nuevos derechos de conexión, sin sobre pasar la capacidad del sistema, para ello debe elaborarse un reglamento interno de la comunidad, esta actividad se recomienda que sea supervisada por la comunidad.

Para que la administración sea funcional, la comunidad tiene que estar en completo acuerdo con los diferentes elementos que intervienen o que componen a la misma, por lo que el comité, la tarifa y los reglamentos sobre el uso del agua deben determinarse o avalarse en una asamblea comunitaria.

✓ Operación y mantenimiento

El encargado del funcionamiento debe ser preferiblemente un fontanero asalariado, que realizará inspecciones periódicas a todos los componentes físicos del sistema para garantizar su adecuado funcionamiento.

Entre las actividades más comunes del fontanero están: detectar posibles fugas cuando se registra continuamente insuficiente; efectuar reparaciones necesarias; alimentación y limpieza del sistema de desinfección; mantener limpia las unidades y velar por el buen funcionamiento de todas las obras complementarias. Si no se cuenta con un fontanero, entonces, el comité de vecinos será el encargado de realizar dichas actividades.

Es importante enfatizar que ningún sistema de agua funciona adecuadamente sin la supervisión del elemento humano; de lo contrario, el sistema tarde o temprano colapsará y dejará de prestar el servicio.

2.1.11. Propuesta de tarifa

Un sistema de agua potable no es solamente la fase de construcción, se le debe dar una operación y un mantenimiento adecuado, para garantizar la sostenibilidad del mismo durante el período para el que ha sido diseñado. Esto implica que es necesario contar con recursos suficientes para operar el sistema, darle mantenimiento preventivo cada tres meses y cuando así lo amerita también correctivo; dichos recursos sólo pueden obtenerse a través del pago mensual de una tarifa que cada una de las viviendas deberá cancelar.

a) Costo de operación (O)

Representa el pago mensual al fontanero por revisión de tubería, conexiones domiciliarias, mantenimiento y operación de los sistemas de desinfección y bombeo. Para el desarrollo del presente proyecto se consideró Q 1 950,00, ya que está dentro del salario mínimo que puede devengar una persona en oficios no agrícolas.

b) Costo de mantenimiento (M)

Este costo se utilizará para la compra de materiales del proyecto, cuando sea necesario mejorar o sustituir los que estén instalados. Se estima como el 4 por millar del costo total del proyecto presupuestado para el período de diseño.

$$M = \frac{0,004 * \text{Costo proyecto}}{22} = \frac{0,004 * Q548880,04}{22} = Q99,80/\text{mes}$$

c) Costo de tratamiento (T)

Éste será el que se requiere para la compra y mantenimiento del método de desinfección, gasto mensual.

T = Costo tableta en gramos * Número de tabletas a utilizar en un mes

$$T = Q10,50/\text{tableta} * 49 \text{ tabletas} = Q514,50/\text{mes}$$

d) Costo de administración (A)

Representa el fondo que servirá para gastos de papelería, sellos, viáticos, etc. Se estima un 15% de la suma de los anteriores.

$$A = 0,15 * (O + M + T) = 0,15 * (Q519,73 + Q99,80 + Q514,50) = Q170,10/\text{mes}$$

e) Costo de reserva (R)

Cantidad de dinero dedicada a cualquier imprevisto que afecte al proyecto. Será del 12% de la suma de los costos de operación, mantenimiento y tratamiento.

$$R = 0,12 * (O + M + T) = 0,12 * (Q519,73 + Q99,80 + Q514,50) = Q136,08/mes$$

f) Cálculo de tarifa propuesta (TAR)

$$TAR = \frac{O + M + T + A + R}{\# \text{ viviendas}}$$

$$TAR = \frac{Q519,73 + Q99,80 + Q514,50 + Q170,10 + Q136,08}{160 \text{ viviendas}} = Q 9,00 /mes$$

Se propone una tarifa mínima de Q15,00 por servicio mensual. Este es un valor accesible para la población, ya que las tarifas que la municipalidad propone oscilan entre Q10,00 y Q25,00 mensuales.

2.1.12. Evaluación de impacto ambiental

En el siguiente cuadro se identifica él o los impactos ambientales que podrán ser generados como resultado de la construcción y operación del proyecto.

Tabla VI. Cuadro de impactos ambientales

No.	Aspecto ambiental	Impacto ambiental	Tipo de impacto ambiental	Indicar los lugares de donde se espera se generen los impactos ambientales	Manejo ambiental indicar qué se hará para evitar el impacto al ambiente, trabajadores y/o vecindario.
1	Aire	Gases o partículas (polvo, vapores, humo, hollín, monóxido de carbono, óxidos de azufre, etc.)	Levantamiento de pequeñas cantidades de partículas de polvo y de cemento Portland en la construcción del proyecto.	En los lugares en donde se construirá dicho proyecto.	Dar un manejo adecuado al cemento y humedecer si es necesario en las áreas a excavar.

Continuación tabla VI

		Ruido	No aplica	No aplica	No aplica porque es una construcción nueva y no va a generar ningún tipo de ruido que pueda causar una contaminación ambiental a través de ruidos.
		Vibraciones	No aplica	No aplica	No aplica porque es una construcción nueva y de dimensiones pequeñas.
		Olores	No aplica	No aplica	No aplica para este proyecto porque es un proyecto de infraestructura.
2	Agua	Abastecimiento de agua	Generación de gran cantidad de aguas residuales por el uso desmedido del agua.	En la comunidad que se va ha abastecer.	Se utilizará únicamente la cantidad de agua necesaria, tanto para la construcción como para el consumo de la comunidad beneficiada, a través de una dotación diaria y de un control de acceso y de cuidado a las fuentes de agua.
		Aguas residuales ordinarias (aguas residuales generadas por las actividades domésticas)	Cantidad: el porcentaje de retorno estipulado según la dotación asignada a cada persona	En el ambiente de la comunidad que se va ha abastecer.	Conducir el agua residual hacia un punto de desfogue asignado, en donde no sea fuente de infecciones ni contaminación.
		Aguas residuales especiales (aguas residuales generadas por servicios públicos municipales, actividades de servicios, industriales, agrícolas, pecuarias, hospitalarias)	Cantidad: No aplica	Descarga: No aplica	No aplica para esta construcción
		Mezcla de las aguas residuales anteriores	Cantidad: No aplica	Descarga: No aplica	No aplica para esta construcción
		Agua de lluvia	Captación No aplica	Descarga: No aplica	No aplica para esta construcción
3	Suelo	Desechos sólidos (basura común)	Cantidad: lo producido por los materiales de construcción.	En toda el área de construcción del proyecto	Recolectar todos los desechos sólidos producidos y transpórtalos al depósito de basura de la comunidad.

Continuación tabla VI

		Desechos peligrosos (con una o más de las siguientes características: corrosivos, reactivos, explosivos, tóxicos, inflamables y bioinfecciosos)	Cantidad: No aplica	Disposición No aplica	No aplica para esta construcción
		Descarga de aguas residuales (si van directo al suelo)	No aplica	No aplica	No aplica para esta construcción
		Modificación del relieve o topografía del área	No aplica	No aplica	No aplica para esta construcción
4	Biodiversidad	Flora (árboles, plantas)	No aplica	No aplica	No aplica para esta construcción
		Fauna (animales)	No aplica	No aplica	No aplica para esta construcción
		Ecosistema	No aplica	No aplica	No aplica para esta construcción
5	Visual	Modificación del paisaje	No aplica	No aplica	No aplica para esta construcción
6	Social	Cambio o modificaciones sociales, económicas y culturales.	No aplica	No aplica	No aplica para esta construcción

Fuente: elaboración Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.

2.1.13. Evaluación económica financiera

En general, los proyectos de sistemas de abastecimiento de agua potable tienen un gran componente social, el cual da al proyecto un enfoque para el análisis de su evaluación en este sentido; deben entonces considerarse los efectos indirectos y de valorización social, de beneficio y costo que conlleva su instalación y manejo. Sin embargo, una evaluación económica del proyecto ofrece indicadores de viabilidad para su realización.

La evaluación de proyectos por medio de métodos matemáticos y financieros es de utilidad para conocer la rentabilidad que generarán. Para ello se utilizarán los métodos del valor presente neto y la tasa interna de retorno, que se describen a continuación.

2.1.13.1. Valor presente neto

El valor presente neto (VPN) se utiliza para comparar alternativas de inversión. Consiste en transformar la inversión inicial, los ingresos y egresos anuales, así como valores de rescate futuros de un proyecto a un valor presente, a manera de determinar si éste es rentable al término del período de funcionamiento.

Para el presente proyecto se determinó el VPN con una tasa de interés igual a la tasa de rendimiento mínima atractiva, que en el mercado actual es del 11%. El procedimiento a realizar será:

Costo de ejecución= Q548 880,04 debido a la característica del proyecto, esta inversión no es recuperable y deberá ser proporcionada por alguna institución, sea o no gubernamental. Para el análisis de VPN, este rubro no se considerará debido a que se analiza si el proyecto es auto sostenible.

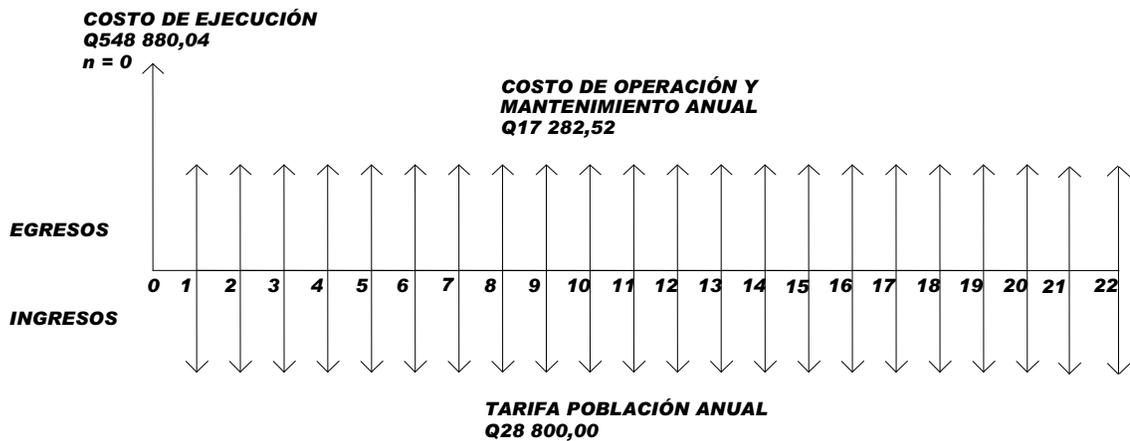
Costo de operación y mantenimiento anual (CA); del análisis de tarifa se tiene:

$$CA = (O+M+T+A+R)*12 = Q 1 440,21*12 \text{ meses} = Q 17 282,52$$

Tarifa poblacional anual (IA)

$$IA = Q15/vivienda*160 \text{ viviendas}*12 \text{ meses} = Q 28 800,00$$

Figura 6. Esquema de ingresos y egresos durante el período de diseño



Fuente: elaboración propia.

Costo de operación y mantenimiento

$$VP = CA * \left[\frac{(1+i)^n - 1}{i * (1+i)^n} \right] = 17\,282,52 * \left[\frac{(1+0,11)^{22} - 1}{0,11 * (1+0,11)^{22}} \right] = Q141\,297,37$$

Tarifa poblacional

$$VP = IA * \left[\frac{(1+i)^n - 1}{i * (1+i)^n} \right] = 28\,800,00 * \left[\frac{(1+0,11)^{22} - 1}{0,11 * (1+0,11)^{22}} \right] = Q23\,5461,29$$

El valor presente neto estará dado por la sumatoria de ingresos menos los egresos que se realizaron durante el período de funcionamiento del sistema.

VPN = ingresos – egresos
VPN = Q235 461,29 – Q 141 297,37
VPN = Q94 163,92

Con la tarifa propuesta, el proyecto podrá cubrir todos los costos de operación y mantenimiento que se necesitan durante el período de funcionamiento. Además, se dispondrá de una cantidad de dinero adicional para otros proyectos pequeños de carácter social para la aldea El Rodeo.

2.1.13.2. Tasa interna de retorno

Para la tasa interna de retorno se debe considerar el concepto de ésta. La tasa interna de retorno trata de considerar un número en particular que resuma los meritos de un proyecto. Dicho número no depende de la tasa de interés que rige el mercado de capitales. Por eso es que se llama tasa interna de rentabilidad; el número es interno o inherente al proyecto y no depende de nada excepto de los flujos de caja del proyecto.

Una inversión es aceptable si su tasa interna de retorno excede al rendimiento requerido. De lo contrario, la inversión no es provechosa.

Cuando se desconoce el valor de la tasa de descuento, se establece que el valor presente neto, es igual a cero, ya que cuando ocurre, es indiferente aceptar o no la inversión. La tasa interna de retorno de una inversión es la tasa de rendimiento requerida, que produce como resultado un valor presente neto de cero, cuando se le utiliza como tasa de descuento.

Debido a que el presente proyecto es de carácter social, es imposible obtener una tasa interna de retorno TIR atractiva; por lo que el análisis

socioeconómico que se realiza a nivel municipal para este tipo de inversión es de costo/beneficio, éste se determina de la siguiente manera:

Costo = inversión inicial-VPN=Q548 880,04 – Q94 163,92 = Q 454 716,12

Beneficio= No. de habitantes beneficiados (a futuro)

Costo/beneficio= Q454 716,12/1 839 habitantes=Q247,26/hab.

Las instituciones de inversión social toman las decisiones con base al valor anteriormente obtenido, y las disposiciones económicas que posean. Según las expectativas de las entidades que colaboran con la municipalidad de Jalapa, se tiene un rango aproximado de hasta Q.1 000,00 por habitante.

De lo anterior, se concluye que el proyecto podrá ser considerado favorablemente por cualquiera de las instituciones que trabajan actualmente con la municipalidad.

2.2. Diseño de puente vehicular en la aldea La Paz, Jalapa

2.2.1. Descripción del proyecto

El proyecto consiste en diseñar un puente vehicular de concreto reforzado, de un carril para soportar una carga viva AASHTO H15-44, con una longitud de 6 m con un ancho de rodadura de 3,60 m y banquetas laterales de 0,70 m. El puente contará con los elementos estructurales siguientes: estribos de concreto ciclópeo, viga de apoyo, vigas principales, diafragma interno, losa de rodadura y banquetas de concreto armado, los barandales se construirán con postes de concretos y tubos de HG de 2". Además, contará con drenaje y protección en los aproches.

2.2.2. Diseño de puente vehicular en la aldea La Paz, Jalapa

Para el diseño de este puente se utilizó las normas de “*Standard Specifications Highway Bridges*” de la *American Association of State Highway and Transportation Officials*, (AASHTO), considerando la carga viva de diseño tipo AASHTO H 15-44.

2.2.2.1. Criterios y especificaciones para el diseño de puentes de concreto de sección en viga y losa

Se deben tomar en cuenta algunos criterios antes de desarrollar el diseño de un puente. Es de mucha importancia para el diseñador ajustarse a ciertas especificaciones que normalicen el proyecto a ejecutarse, dentro de las especificaciones tomadas en cuenta, en el presente diseño se encuentran las normas de la ASSHTO, ACI, ASTM.

Recubrimientos: AASHTO 8.22. Se utiliza a partir del rostro de la barra a la superficie del concreto. Para cimientos y muros 8 cm; para losas en cama superior 5 cm, cama inferior 2,5 cm; para columnas y vigas 5 cm.

Longitud de desarrollo: AASHTO 8.24.1.2. Se proporcionará a todas las barras la longitud necesaria, a partir del punto donde se requieren por diseño, la cual es la mayor de la profundidad efectiva del elemento, 15 diámetros de la barra o la luz/20.

Traslapes: AASHTO 8.25. DGC 509.080. Se calcula con base en la longitud de desarrollo establecida en cada caso. Se recomienda el uso de uniones mecánicas para las barras No. 11 o mayores, de tal modo que desarrollen un 125% de la resistencia nominal (f_y) de la barra.

Ganchos: AASHTO 8.23.2.2. DGC 509. Los dobleces deberán ser hechos en frío y un equivalente a 6 diámetros en su lado libre, cuando se trata de 180 grados, y 12 diámetros cuando se trata de 90 grados.

Formaletas. Se construyen de acuerdo con la sección DGC 505.04.

Para la superestructura se debe tomar en cuenta:

- La acera y el barandal deben construirse posteriormente a la deflexión libre de las vigas.
- Todos los elementos de metal deben cubrirse con dos capas de diferente color de pintura anticorrosiva, exceptuando los pernos que deben estar debidamente engrasados.

Para la subestructura se debe tomar en cuenta.

- Los estribos deben ser diseñados para la capacidad establecida por el estudio de suelos.
- Debe evitarse la explotación de los bancos de materiales circundantes al punto de estudio, para evitar futuras socavaciones.

2.2.2.2. Levantamiento topográfico

El estudio topográfico constituye uno de los elementos básicos para realizar el diseño de un puente, ya que permite representar gráficamente los posibles puntos de ubicación de la obra y la geometría de las partes del puente.

Para este proyecto se realizaron los levantamientos siguientes:

- **Planimetría**

Está definida como el conjunto de trabajos necesarios para representar gráficamente la superficie de la tierra, tomando como referencia el norte para su orientación.

Para este proyecto se realizó el levantamiento por medio del método de conservación de azimut y el equipo que se utilizó fue: teodolito marca wild T-1, estatal, cinta métrica, plomada, estacas y clavos.

- **Altimetría**

Es la medición de las alturas de una superficie de la tierra, con el fin de representarlas gráficamente, para que junto con la planimetría, se defina la superficie en estudio.

Para este proyecto se utilizó el método taquimétrico y para su realización se tomó en consideración la toma de las medidas de la lectura de hilos superior, medio e inferior y la altura del instrumento. El equipo que se utilizó fue: teodolito marca wild T-1, estatal, cinta métrica, plomada, estacas y clavos.

2.2.2.3. Cálculo del caudal máximo para el diseño

El caudal de diseño constituye otro de los parámetros de gran importancia, conjuntamente con el estudio topográfico, para la determinación de la geometría de los elementos de la superestructura y la subestructura. El caudal de diseño o crecida máxima extraordinaria ocurre en épocas de

tormentas u otros fenómenos naturales; para el cálculo de la misma existen varios métodos, entre ellos: el método de sección-pendiente, racional, y de comparación, para este caso se utilizó el método sección-pendiente por las ventajas que ofrece.

Método sección pendiente

Éste surgió de la necesidad de estimar crecidas de ríos, donde prácticamente no se tienen datos suficientes para efectuar un cálculo de confianza, y donde se puede aplicar un buen margen de seguridad.

Para la predeterminación de crecidas por este método, se necesita definir la máxima altura de agua alcanzada por una corriente en el pasado, esto se logra siguiendo el procedimiento de preguntar a los habitantes del lugar, buscar señales que han dejado grandes crecidas, buscar en archivos antiguos, etc. Se estableció una altura máxima de 3 m.

Una vez determinada la altura máxima, se obtiene el valor del área de la sección de la corriente. En la misma forma como se hace en los aforos, para poder obtener el caudal máximo se utiliza la fórmula $Q = V \times A$. El valor de la velocidad "V" de la corriente se obtiene 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

n = coeficiente de rugosidad

S = pendiente

Los datos básicos para poder determinar la crecida máxima por este método fueron: el área de la sección de la corriente y la pendiente.

Cálculo de la pendiente. Para la determinación de la pendiente del terreno, se utilizó la información del levantamiento topográfico.

$$\text{Cota 1} = 99,154$$

$$\text{Cota 2} = 99,122$$

$$\text{Distancia horizontal} = 10 \text{ m}$$

$$S = (99,154 - 99,122) \times 100 / 10 = 3,20 \%$$

Cálculo de área de la sección de la corriente. El valor del área de la sección de la corriente, se calcula a partir del dibujo de las secciones transversales, obtenidas del levantamiento topográfico y la determinación de la altura máxima que alcanza la corriente del río. De estos datos se obtuvo el área = 10,37 m²

Cálculo del caudal máximo.

Datos:

$$\text{Área} = 10,37 \text{ m}^2$$

$$\text{Perímetro mojado} = 9,08 \text{ m}$$

$$\text{Pendiente} = 3,20 \%$$

$$\text{Coeficiente de rugosidad} = 0,028$$

$$\text{Tipo de superficie} = \text{rocas medianas y arena}$$

$$R = 10,37 / 9,08 = 1,14$$

$$V = (1/0,028) \times (1,14^{2/3} \times 0,0320^{1/2}) = 6,82 \text{ m/s}$$

$$Q = V \times A = 6,82 \times 10,37 = 70,74 \text{ m}^3/\text{s}$$

Por lo tanto, la altura mínima del puente es de 5 m sobre el lecho del río.

2.2.2.4. Determinación de la calidad del suelo

Para realizar el diseño de un puente es importante realizar un estudio de suelos, éste se hace por medio de perforaciones dinámicas, pero debido al costo de éste y a que la municipalidad no cuenta con suficientes recursos, se realizó el estudio por medio del método de ensayo de compresión triaxial.

Éste es un estudio muy importante, ya que sirve para determinar la carga que soporta el suelo.

Con los datos que se obtengan del estudio de suelos, se llega a seleccionar el tipo de subestructura y cimentación del proyecto.

Generalmente, se plantea el eje central del puente y se extrae la muestra correspondiente.

Datos obtenidos del ensayo:

Tipo de ensayo:	no consolidado y no drenado
Descripción del suelo:	arena limosa color café con partículas de grava
Dimensión y tipo de probeta:	2,5" X 5,0"
Ángulo de fricción interna:	29,68°
Cohesión:	5 ton/m ²

(ver anexo ensayo triaxial)

Determinación del valor soporte del suelo

El suelo es una arena limosa color café con partículas de grava, para evaluar la calidad y el valor soporte del suelo, se realizó una excavación a 2,50

metros de profundidad, donde se obtuvo una muestra inalterada de 1 pie³, los datos del ensayo son:

Ángulo de fricción interna $\phi = 29,68^\circ$

Cohesión $C_u = 5 \text{ ton/m}^2$

Descripción del suelo = arena limosa color café con partículas de grava.

Densidad seca = 1,70 ton/ m³

Para el cálculo del valor soporte del suelo, se aplicó la ecuación del Dr. Karl Terzaghi.

$$Q_d = 1,3 \cdot c' \cdot N'_c + \delta_{\text{suelo}} \cdot Z \cdot N'_q + 0,4 \delta_{\text{suelo}} \cdot B \cdot N_w$$

Donde:

Q_d = Capacidad de carga limite en ton/m²

c' = Cohesión del suelo en ton/m²

δ_{suelo} = peso volumétrico del suelo en ton/m³

Z = Profundidad donde se realizó la prueba

B = Ancho de la zapata

N'_c = factor de capacidad de carga debido a la cohesión

N'_q = factor de capacidad de carga debido a la sobrecarga

N_w = factor de capacidad de carga debido al peso del suelo

N'_c , N'_q y N_w pueden calcularse mediante fórmulas o determinarse mediante gráficas.

Para este caso los valores de N'_c , N'_q y N_w , fueron obtenidos de la gráfica que se muestra en el anexo.

Datos:

$$c' = 5 \text{ ton/m}^2$$

$$\delta_{suelo} = 1,62 \text{ ton/m}^3$$

$$Z = 2,5 \text{ m}$$

$$B = 5 \text{ m}$$

$$N'_c = 7$$

$$N'_q = 2$$

$$N_w = 2$$

Entonces:

$$q_d = (1,3 \times 5 \times 7) + (1,62 \times 2,5 \times 2) + (0,4 \times 1,62 \times 5 \times 2)$$

$$q_d = 60,08 \text{ ton/m}^2$$

Como se puede observar, el valor de q_d es el esfuerzo límite, más no el admisible o de diseño de cimentación. Terzaghi recomienda para q_{adm} un factor de seguridad no menor de tres, por lo tanto:

$$V_s = q_d / F_s = 60,08 / 3 = 20,03 \text{ ton/ m}^2$$

Por lo tanto, se adopta un valor soporte (V_s)= 20,03 ton/ m²

2.2.3. Diseño de superestructura

Sobrecarga	H 15-44
Ancho útil	3,60 metros
Luz efectiva	6 metros
Peso de concreto	2 400 kg/ m ³
Peso de asfalto	2 100 kg/ m ³

Sobrecarga

$$P = 12\,000 \text{ lb } \text{ó} \text{ } 5\,500 \text{ kg}$$

Cálculo de momentos

Los momentos que se analizarán son: momento por carga muerta, sobrecarga e impacto; obteniendo con ello el momento total, con el cual se procederá posteriormente al cálculo del refuerzo.

Momento debido a la carga muerta

$$M_{cm} = W_{cm} \cdot S^2 / 10 \quad \text{ó} \quad W_{cm} \cdot L^2 / 2$$

Donde:

W_{cm} = carga muerta total (505 kg/ m)

S = distancia entre vigas (2 m)

L = longitud de voladizo (1,375 m)

$$M_{cm} = WS^2 / 10 = 505 \cdot (2)^2 / 10 = 202 \text{ kg-m}$$

$$M_{cm} = WL^2 / 2 = 505 \cdot (1,375)^2 / 2 = 477,38 \text{ kg-m}$$

Se toma el mayor que es 477,38 kg-m

Momento debido a la sobrecarga.

Según especificación AASHTO 3.24.3 caso A, para refuerzo principal perpendicular a la dirección del tránsito, el momento por carga viva está dado por:

$$M_{cv} = [0,8 * (S+2) / 32] * P$$

Siendo:

$$S = \text{luz libre entre vigas (pies)} = 6,56 \text{ pies}$$

$$P = \text{carga del eje más pesado (lb)} = 12,000 \text{ lb}$$

$$M_{cv} = 0,8 * (6,56+2) / 32 * 12\ 000 = 2\ 568 \text{ lb-pie} = 355,90 \text{ kg-m}$$

Momento debido al impacto

Está especificado como un porcentaje de la carga viva y tiene que ser menor o igual al 30% de la misma, según AASHTO 3.8.2.1

$$I = 15 / (S+38)$$

Donde:

I = fracción de impacto

$$S = 2 \text{ m}$$

$$I = 15 / (2,00+38) = 0,38$$

Como $I = 38\% > I_{\text{máx.}}$, se utilizará $I = 30\%$

Momento último.

Según AASTHO 1.2.22, la fórmula se integra de la siguiente manera:

$$M_u = 1,3 * (M_{cm} + 5/3 (M_{cv} * I))$$

$$M_u = 1,3 (477,38 + 5/3 (355,90 * 1,3)) = 1\ 623,05 \text{ kg-m}$$

Cálculo del peralte efectivo.

El peralte efectivo se determina así:

$d = t - \text{recubrimiento} - \frac{1}{2} \text{ diámetro (varilla No. 4)}$

$d = 15 - 2,5 - 1,27/2 = 11,86 \text{ cm.}$

Cálculo de refuerzo transversal cama inferior.

Para calcular el área de acero se utiliza la siguiente fórmula:

$$A_s = \left[bd - \sqrt{(bd)^2 - \frac{Mu * b}{0,003825 f'c}} \right] * \frac{\phi * f'c}{f_y}$$

Donde:

$\phi = 0,85$

$Mu = 1\ 623,05 \text{ kg-m}$

$d = 11,86 \text{ cm}$

$b = 100 \text{ cm}$

$f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$

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

$A_s = 5,57 \text{ cm}^2$

$A_{s \text{ mín}} = \phi_{\text{mín}} * b * d$

$\phi_{\text{mín}} = 14,1 / f_y$

$\phi_{\text{mín}} = 14,1 / 2\ 810 = 0,005$

$A_{s \text{ mín}} = 0,005 * 100 * 11,86 = 5,93 \text{ cm}^2$

$A_{s \text{ máx.}} = 0,5 * (0,85)^2 * (f'c / f_y) * (6\ 120 / (f_y + 6\ 120)) * (b * d)$

$$A_{s \text{ máx.}} = 0,5 * (0,85)^{2*} * (280 / 2 810) * (6 120 / (2 810 + 6 120)) * (100 * 11,86)$$

$$A_{s \text{ máx.}} = 29,26 \text{ cm}^2$$

Como $A_s < A_{s \text{ mín.}}$, usar $A_{s \text{ mín.}} = 5,57 \text{ cm}^2$, que equivale a distribuir varillas
No. 3 G40 @ 0.10 m

Refuerzo longitudinal, cama superior e inferior.

Según AASHTO 3.24.10.2, recomienda que el refuerzo longitudinal se calcule de la siguiente manera:

$$FL = 2,20 / (S)^{0,5} < 67\%$$

Donde:

$$S = 5,56$$

$$FL = 2,20 / (5,56)^{0,5} = 0,93$$

Entonces

$$A_s = 0,67 * A_s = 0,67 * 5,93 = 3,97 \text{ cm}^2$$

Proponiendo un armado No. 3 grado 40 @ 0,15 m

Cálculo del refuerzo transversal cama superior

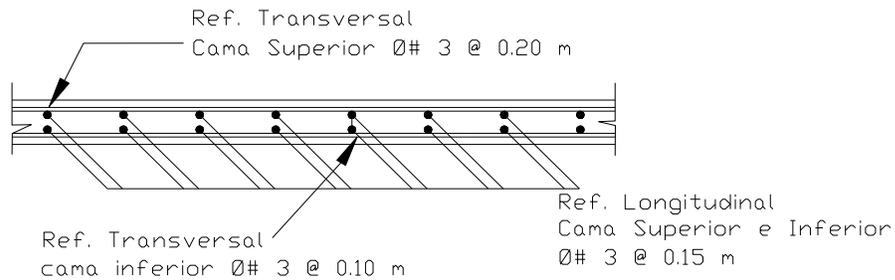
Se calcula refuerzo por temperatura

$$A_{s \text{ temp.}} = 0,002 b * t$$

$$A_{s \text{ temp.}} = 0,002 * 100 * 15 = 3 \text{ cm}^2$$

Utilizando refuerzo No. 3 G40 @ 0,20 m, colocado en la cama superior perpendicular al tránsito.

Figura 8. **Detalle armado final de losa**



Fuente: elaboración propia.

2.2.3.2. **Diseño de barandal**

Están formados por unidades longitudinales, que funcionan para la protección de los peatones, soportados por postes de concreto reforzado que se diseñan para una carga de $P/4$ de la carga estandarizada por AASHTO. La altura mínima que deben poseer los postes de los pasamanos es de 42 pulgadas. Además de la carga del camión estandarizado, AASHTO recomienda para el diseño de los postes una carga vertical de 100 lb/pie, una carga horizontal de 300 lb/pie; que son producto de los peatones que circulan por la acera.

Donde:

b : base transversal de la banquetta, 0,70 m

h : altura de banquetta, 0,15 m

A : área transversal

Calculando el área transversal

$$A = b \times h$$

$$A = 0,70 \times 0,15$$

$$A = 0,10 \text{ m}^2$$

Carga Muerta

$$W_{\text{bordillo}} = 2\,400 \text{ kg/m}^3 * A$$

$$W_{\text{bordillo}} = 2\,400/0,10 = 240 \text{ kg/m}$$

$$W_{\text{tubo}} = 40 \text{ kg/m}$$

$$W_{\text{pasamanos poste}} = 40 \text{ kg/m}$$

$$W_{\text{Total}} = 240 + 40 + 40 = 320 \text{ kg/m}$$

Carga viva

$$W_{\text{llantacami3n}} = 6\,000,00 \text{ lb/pie} * 1 \text{ pie} \approx 2\,750 \text{ kg/m} * 1 \text{ m}$$

Finalmente se tendr3 que la carga viva es la carga extra de la llanta de un camión.

Diseño a corte

Debido a que la resistencia a tensi3n del concreto es considerablemente menor que la de compresi3n, se reforzar3 a corte.

Hallando el corte actuante del concreto:

$$V_{ac} = 1,3(CM + (5/3) CV)$$

$$V_{ac} = 1,3(320 + (5/3) 2\,750)$$

$$V_{ac} = 6\,374,33 \text{ kg}$$

Hallando el corte que resiste el concreto:

$$V_{cu} = 0,85 * 0,53 * (f'_c)^{1/2} * b * d$$

$$V_{cu} = 5\,092,12 \text{ kg}$$

Hallando el espaciamiento que habrá entre cada estribo:

$$S = \frac{2 \cdot A_v \cdot F_y \cdot 11,86}{(V - V_{cu})}$$

$$S = \frac{2 \cdot 0,71 \cdot 2810 \cdot 11,86}{(6374,33 - 5092,12)}$$

$$S = 36,91 \text{ cm} \approx 30 \text{ cm}$$

Se armaron los postes con 4 No.4 y para cubrir corte, se necesita estribos No. 3 @ 30 cm.

2.2.3.3. Diseño de diafragma

Los diafragmas se utilizan al centro y/o en los tercios de la luz, dependiendo del criterio del diseñador, para este caso sólo se diseñó un diafragma interno.

Diafragma interno:

$$h = 0,75 \cdot h \text{ viga}$$

$$h = 0,75 \cdot 60 = 0,45 \text{ m}$$

$$b = 0,30 \text{ m}$$

De acuerdo a AASHTO, el refuerzo será el equivalente al acero mínimo requerido por la sección.

Según especificación ACI:

$$A_{smín.} = (14,1 / f_y) \cdot b \cdot d \quad A_{smín.} = (14,1 / 2810) \cdot 30 \cdot 40 = 6,0 \text{ cm}^2, \text{ equivalente a 3 No. 5 G40 en cada cama.}$$

Separación de estribos:

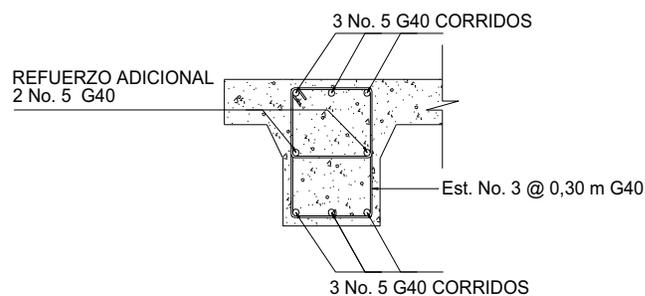
$$S = (d-r)/2 = (45-5)/2 = 20 \text{ cm}$$

Refuerzo transversal; estribos No. 3 G40 @ 0,30 m

As adicional = 0,25 pulg². por cada pie de alto equivalente a 1 No. 5 @ 30 cm.

El armado del diafragma interno se muestra en la siguiente figura:

Figura 9. **Detalle armado de diafragma interno**



Fuente: elaboración propia.

2.2.3.4. Diseño de vigas principales

Las vigas son los elementos estructurales más importantes de la superestructura, ya que éstas transmiten las cargas externas transversales hacia los apoyos, tanto carga muerta como carga viva, que provocan momentos flexionantes y fuerzas cortantes. Además, las vigas de concreto para superestructuras de puentes, pueden ser vigas reforzadas para luces cortas y preesforzadas para luces grandes, la cantidad de vigas que se diseñarán dependerá del ancho de rodadura del puente, en este proyecto en particular, se diseñarán dos vigas, por ser el puente de un sólo carril.

Para no chequear deflexiones se toma el peralte como $L/16$.

El análisis de la carga viva para las vigas, comprende dos tipos diferentes de cargas.

Para las superestructuras simplemente apoyadas de luces iguales o menores de 25 m, la carga que produce mayores efectos es la carga de camión y no la carga de pista, por lo que para este estudio no fue tomada en cuenta. El momento máximo en las vigas, se calcula con la siguiente fórmula:

$$M_u = 1,3 * (M_{cm} + 5/3 (M_{cv} * I * FD))$$

M_u = momento último

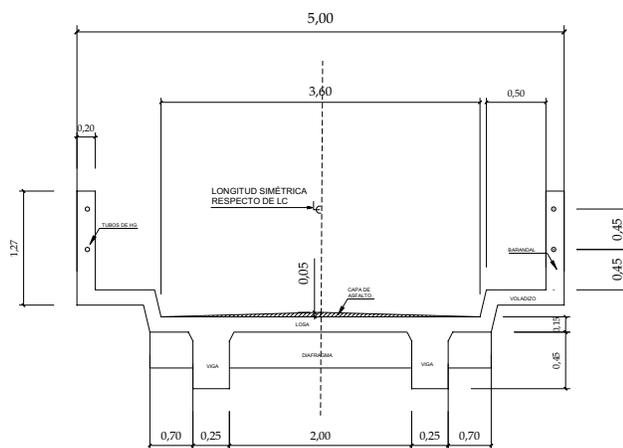
M_{cm} = momento por carga muerta

M_{cv} = momento por sobrecarga

I = factor de impacto

FD = factor de distribución.

Figura 10. **Sección transversal de superestructura**



Fuente: elaboración propia.

Cálculo de peralte y base

Para no revisar deflexiones y alabeo, se toma el peralte $(d) = L/16$,
y base $(b) = d/3,5$

Peralte $= 6/16 = 0,37$ m se asume 0,60 m; (se adoptó este peralte
después de varios cálculos para el diseño de la viga).

Base $= 0,60/3,5 = 0,17$ m para lograr una buena distribución del acero de
refuerzo, se toma $b = 0,25$ m.

Integración de cargas

Carga muerta

W losa	=	1 272 kg/ m
W asfalto	=	105 kg/ m
W barandal	=	40 kg/ m
W viga	=	<u>360 kg/ m</u>
W cm	=	1 777 kg/ m

El peso del diafragma se toma como carga puntual.

W diafragma = 324 kg

Sobrecarga

P = 12 000 lb ó 5 500 kg

Cálculo de momentos

Cálculo del momento por carga muerta

$$M_{cm} = (W L^2)/8 + Pa$$

Donde P = peso diafragma = 324 kg

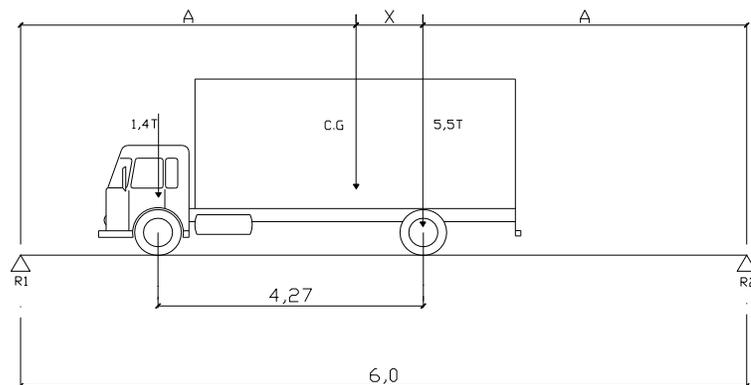
a = distancia al apoyo = 2,57 m

$$M_{cm} = (1777 * (6)^2)/8 + 324 * 2,57 = 8,83 \text{ ton-m}$$

Cálculo del momento por sobrecarga

De acuerdo a AASHTO, en este proyecto se utilizó un camión H 15-44 para el cálculo de momento de la carga viva en puentes. El momento máximo por sobrecarga se da cuando el camión, se encuentra a lo largo del puente en el lugar crítico. El punto crítico ocurre cuando la carga más cercana al centro de gravedad del camión, se encuentra a la misma distancia de un apoyo como su centro de gravedad del otro apoyo.

Figura 11. Diagrama de carga viva sobre viga



Fuente: elaboración propia.

Para encontrar "x" se hace sumatoria de momentos en Cg

$$\sum M_{cg} = 0$$

$$\sum M_{cg} = 5,5x - 1,4 * (4,27 - x) = 0$$

$$5,5x + 1,4x - 5,978 = 0$$

$$6,90x = 5,978$$

$$x = 0,87 \text{ m}$$

$$A = (6 - 0,87) / 2$$

$$A = 2,56 \text{ m}$$

Para encontrar R1 se hace sumatoria de momentos en R2

$$\sum M_2 = 0$$

$$\sum M_2 = 6 * R_1 - 5,5(2,56 + 0,87) = 0$$

$$6 * R_1 - 5,5 * 3,44 = 0$$

$$R_1 = 3,14 \text{ ton}$$

Se calcula el momento máximo por sobrecarga, haciendo sumatoria de momentos en el eje más cercano al centro de gravedad.

$$M \text{ máx. Cv} = \sum MP_2$$

$$M \text{ máx. Cv} = 3,14 * (2,56 + 0,87) - 1,4 * 4,27$$

$$M \text{ máx. Cv} = 4,79 \text{ ton-m}$$

Factor de Impacto

$$I = 15 / (L + 38), \quad L = 6 \text{ m}$$

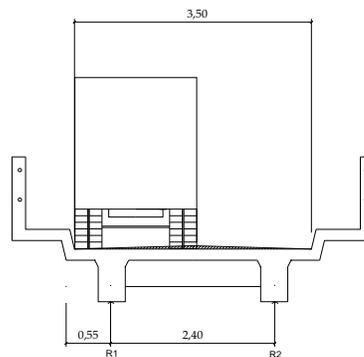
$$I = 15 / (6 + 38) = 0,34$$

Factor de Distribución FD

Como el camión puede ocupar cualquier posición en la losa, la carga en las vigas es diferente, por lo que el momento por sobrecarga debe multiplicarse por un factor de distribución "FD"; para vigas exteriores, basta con determinar la reacción en función de P (carga de rueda).

La fracción de la carga de la rueda que absorbe cada viga se puede apreciar en la siguiente figura:

Figura 12. **Diagrama de factor de distribución de carga viva en puente**



Fuente: elaboración propia.

Para encontrar la reacción de cada viga se hace sumatoria de momentos en R2

$$\sum M_2 = 0$$

$$\sum M_2 = 2,40 \cdot R_1 - P \cdot (2,95 - 0,30) - P \cdot (2,95 - 0,30 - 1,88) = 0$$

$$2,40 \cdot R_1 - 3,42 P - 0,77 P = 0$$

$$2,40 \cdot R_1 - 4,19 P = 0$$

$$R_1 = 1,43 P$$

$$FD = R1 = 1,43$$

Cálculo del momento último

$$Mu = 1,3 * (Mcm + 5/3 * (Mcv * l * FD))$$

$$Mu = 1,3 * (8,83 + 5/3 * (4,79 * 1,31 * 1,43))$$

$$Mu = 30,92 \text{ ton-m}$$

Cálculo del refuerzo

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

$$Mu = 30,92 \text{ ton-m}$$

$$b = 25 \text{ cm}$$

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

$$d = 53 \text{ cm}$$

$$f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2$$

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

Obteniendo:

$$As_{\text{mín.}} = 6,63 \text{ cm}^2$$

$$As = 26,10 \text{ cm}^2$$

$$As_{\text{máx.}} = 32,69 \text{ cm}^2$$

Como:

$$As_{\text{máx.}} = 32,69 \text{ cm}^2 > As = 26,10 \text{ cm}^2 > As_{\text{mín.}} = 6,63 \text{ cm}^2$$

Refuerzo cama superior: $33\% * As = 0,33 * (26,10) = 8,61 \text{ cm}^2$, o $As_{\text{mín.}} = 6,63 \text{ cm}^2$, colocar el mayor, en este caso $33\%As$ lo que equivale a usar 3No. 6G40 corridos.

Refuerzo cama inferior colocar 2 varillas corridas con las siguientes áreas
a) $A_{s_{min}}$, b) 50% $A_s(+)$, colocar el mayor para este caso colocar 50% $A_s = 4\text{No.6}$
+ 1No.5 G40 corridos.

Refuerzo adicional: colocar 0.25 pulg.² por cada pie de alto, de la viga
corridos en cada cara de la viga, equivalente a 1 No.5 @30 cm como máximo.

Diseño a corte

Carga muerta

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

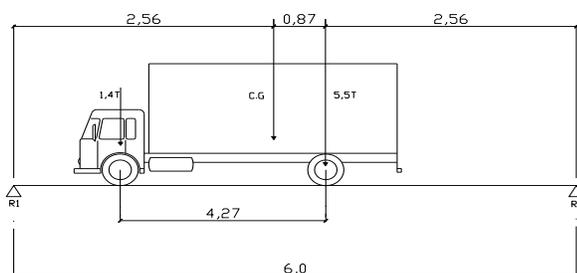
$$V_{cm} = W * L/2 + \text{suma } P/2$$

$$V_{cm} = (1\ 777 * 6)/2 + 1\ 777/2 = 6,22 \text{ ton}$$

Sobrecarga

El corte máximo por sobrecarga ocurre cuando la carga mayor del
camión se encuentra sobre el apoyo.

Figura 13. **Diagrama de posición de camión que produce el corte máximo**



Fuente: elaboración propia.

$$V_{cv} = R1$$

$$6 \cdot R1 - 5,5 \cdot 2,56 - 1,4 \cdot 1,73 = 0$$

$$6 \cdot R1 = 16,50 \text{ ton}$$

$$R1 = 2,75 \text{ ton}$$

Esfuerzo cortante último

$$V_u = 1,3 \cdot (V_{cm} + 5/3 \cdot (V_{cv} \cdot l))$$

$$V_u = 1,3 \cdot (6,22 + 5/3 \cdot (2,75 \cdot 1,34))$$

$$V_u = 16,07 \text{ ton.}$$

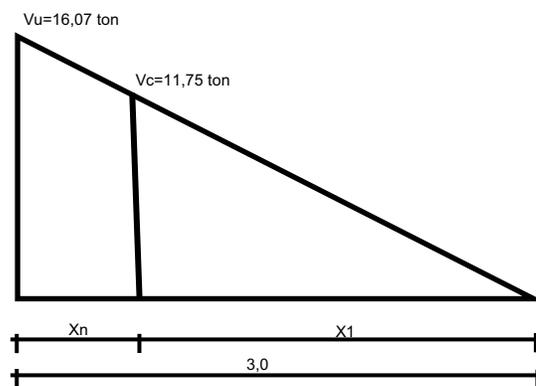
Cálculo del refuerzo

El corte que resiste el concreto es:

$$V_{cr} = (0,53) \cdot (f'_c)^{1/2} \cdot (b \cdot d)$$

$$V_{cr} = (0,53) \cdot (280)^{1/2} \cdot (25 \cdot 53) = 11,75 \text{ ton.}$$

Figura 14. Relación de corte para viga



Fuente: elaboración propia.

X_1 es la distancia que hay que colocar el refuerzo mínimo por corte, X_n es la distancia donde hay que calcular el refuerzo por corte.

Por relación de triángulos tenemos que:

$$X_1/11,75 = 3/16,07$$

$$X_1 = 2,19 \text{ m}$$

$$X_n = 3 - 2,19$$

$$X_n = 0,81 \text{ m}$$

Cálculo del espaciamiento en los apoyos

$$S = 2 \cdot A_v \cdot f_y \cdot d / V_u$$

$$S = 2 \cdot 0,71 \cdot 2810 \cdot 53 / 16,07 = 13,16 \text{ cm. Se adopta } S = 10 \text{ cm}$$

Cálculo del espaciamiento en el centro de la viga

$$S_{\text{máx.}} = d/2 \leq 30 \text{ cm}$$

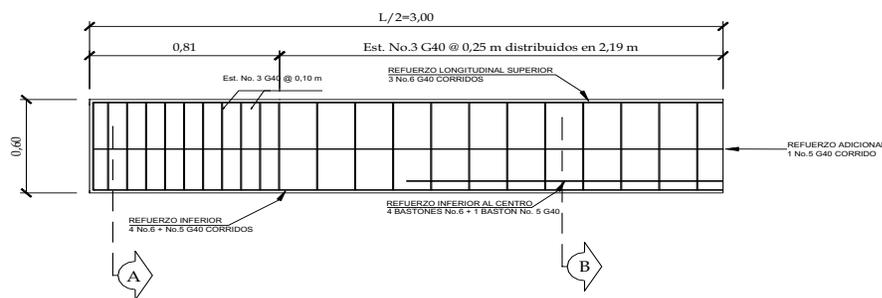
$$d/2 = 53/2 = 26,50 \text{ cm}$$

Entonces $S_{\text{máx.}} = 26,50 \text{ cm}$, colocar estribos @25 cm

El refuerzo por corte en el área de confinamiento será igual a distribuir estribos con varilla No.3 @ 10 cm, en una longitud de 0,81 m; en zona no confinada es de estribos No. 3 G40 @ 25 cm.

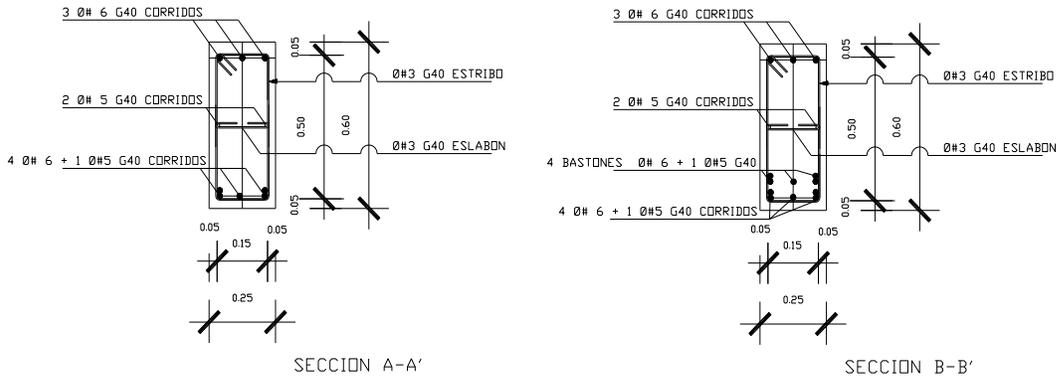
El armado de la viga se muestra en la siguiente figura.

Figura 15. **Detalle armado de viga**



Fuente: elaboración propia.

DETALLE DE VIGA



Fuente: elaboración propia.

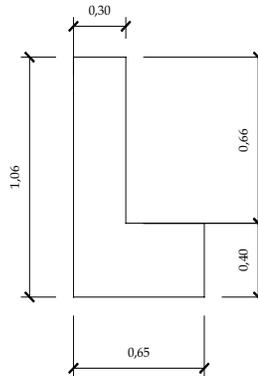
2.2.4. Diseño de subestructura

Estará compuesta por los elementos siguientes: vigas de apoyo, cortinas y estribos.

2.2.4.1. Diseño de la cortina

Sirve para detener el relleno en sentido longitudinal, se considera empotrado a la viga de apoyo, el alto depende de la altura de la viga principal del puente. Sobre la cortina actúan las fuerzas de; empuje de la tierra (E), fuerza longitudinal (FL), fuerza de sismo (S), según AASTHO 1.2.22. La cortina debe diseñarse para un equivalente líquido a 480 kg/m^3 , según lo estipula AASTHO 1.1.19.

Figura 16. Geometría de cortina y viga de apoyo



Fuente: elaboración propia.

Cálculo de la fuerza de sismo

$$S = 0,12 W$$

W = peso de la viga de apoyo

$$W = 0,40 \cdot 0,65 \cdot 2 \cdot 400 + 0,30 \cdot 0,66 \cdot 2 \cdot 400 = 1 \, 099,20 \text{ kg}$$

$$S = 0,12 \cdot 1 \, 099,20 = 131,90 \text{ kg}$$

Cálculo de la fuerza longitudinal (FL)

$$FL = 0,05 \cdot P / (2H)$$

$$FL = 0,05 \cdot 5 \, 500 / (2 \cdot 0,66)$$

$$FL = 208,33 \text{ kg}$$

Cálculo de la fuerza debido al empuje de la tierra E

$$E = E_s + E_{sob.}$$

E_s = empuje de la tierra sobre la cortina

$E_{sob.}$ = sobrecarga del suelo = equivalente líquido de 2' de alto con una presión de 480 kg/m^3

$$E_s = 480 \cdot (0,66 + 0,61) / 2 = 304,80 \text{ kg}$$

$$E_{sob.} = 480 \cdot 0,61 \cdot 0,66 = 193,25 \text{ kg}$$

Cálculo de momentos.

$$\text{Mesob.} = 193,25 * 0,35 = 67,64 \text{ kg-m}$$

$$\text{Mes} = 304,80 * 0,66 / 3 = 67,06 \text{ kg-m}$$

$$\text{MFL} = 208,33 * 0,35 = 72,92 \text{ kg-m}$$

$$\text{MS} = 131,90 * 0,35 = 46,16 \text{ kg-m}$$

Grupos de cargas

$$\text{Grupo III} = 1,3 * (\text{Mesob.} + \text{Mes.} + \text{MFL})$$

$$\text{Grupo VII} = 1,3 * (\text{Mesob.} + \text{Mes.} + \text{MS})$$

$$\text{Grupo III} = 1,3 * (67,64 + 67,06 + 72,92) = 269,91 \text{ kg-m}$$

$$\text{Grupo VII} = 1,3 * (67,64 + 67,06 + 46,16) = 235,12 \text{ kg-m}$$

Se toma el mayor.

Cálculo del refuerzo por flexión

Datos:

$$M = 269,91 \text{ kg-m}$$

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

$$d = 21,50 \text{ cm}$$

$$f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2$$

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

$$A_s = 0,11 \text{ cm}^2$$

$$A_{s \text{ mín}} = 10,75 \text{ cm}^2$$

Como $A_s < A_{s \text{ mín}}$.

Se utilizará $A_{s \text{ mín}} = 10,75 \text{ cm}^2$, colocar varillas No. 5 @ 0,15 m

Refuerzo por corte

Grupo III

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

$$V = 1,3 (498,05 + 208,33) = 918,29 \text{ kg}$$

Grupo VII

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

$$V = 1,3 (498,05 + 131,90) = 818,93 \text{ kg}$$

La mayor de las cargas corresponde al grupo III.

$$V \text{ máx.} = 918,29 \text{ kg}$$

$$V_{rc} = 0,53 * (280)^{1/2} * 100 * 21,50$$

$$V_{rc} = 19\ 067,48 \text{ kg}$$

Debido a que $V_{rc} > V_{\text{máx}}$, el concreto resiste, entonces se coloca refuerzo mínimo, equivalente a varillas No. 3 G40, $S_{\text{máx}} = d/2$, equivalente a 1 No.3 @15 cm.

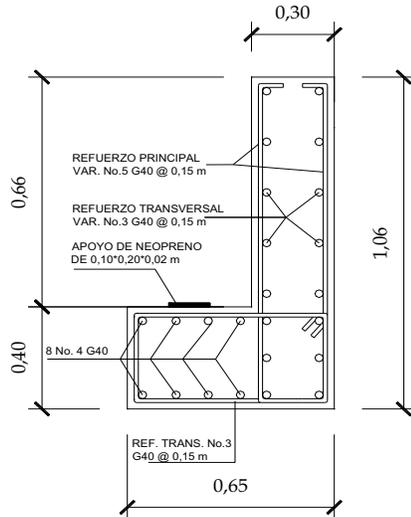
2.2.4.2. Diseño de la viga de apoyo

Como va apoyada a lo largo de todo el estribo, no hay flexión y sólo se revisa por aplastamiento. Se coloca A_s mínimo.

$$A_s \text{ min.} = 14,1 * b * d / f_y$$

$$A_s \text{ min.} = 14,1 * 35 * 35 / 2\ 810 = 6,15 \text{ cm}^2$$

Figura 17. **Detalle armado de cortina y viga de apoyo**



Fuente: elaboración propia

2.2.4.3. Diseño de neopreno

Los apoyos elastoméricos tienen como función distribuir las cargas sobre el área de soporte de la superestructura del puente a la vez que nivelan las irregularidades de la superficie del acabado del concreto de la superestructura o de los apoyos.

El comportamiento de estos apoyos depende de sus características de deformación bajo cargas de servicio. Por esta razón el diseño de los apoyos se lleva a cabo basado en las cargas de servicio (no mayoradas).

Los apoyos elastoméricos son construidos en elastómero, material que posee la capacidad de recuperar total o parcialmente su forma original una vez se suspenden las cargas. Los apoyos más empleados son los neoprenos

zunchados, los cuales permiten giros y desplazamientos en cualquier dirección. Se fabrica en gomas de neopreno (policloropreno) dentro de las que se insertan láminas metálicas de 1 a 3mm de espesor.

Características de los apoyos de neopreno:

- Resistencia a compresión: los apoyos de neopreno pueden soportar esfuerzos de compresión hasta de 70kg/cm^2 ;
- Durabilidad: la durabilidad del neopreno es superior a la del hule natural. Su vida útil es de 40años. No necesita mantenimiento en uno 35años;
- Las deformaciones verticales de apoyos de neopreno no deben exceder el 15% del espesor inicial del mismo. Deformaciones mayores del 25% aceleran el proceso de deterioro del neopreno y afectan su vida útil;
- Los parámetros que definen el comportamiento de los apoyos de neopreno son la dureza y el modulo de elasticidad a corte G;
- Una norma práctica indica que el área del apoyo elastomérico debe tener unas dimensiones tales que el esfuerzo producido sobre el por la acción de la carga muerta mas la carga viva sea como máximo del orden de 60kg/cm^2 .

Métodos de diseño:

El artículo 14.7.6 de las normas AASTHO, se distinguen dos métodos de diseño para los apoyos:

Método A: el cual describe el procedimiento para el diseño de apoyos comunes y apoyos reforzados con acero o tela.

Método B: el cual presenta un procedimiento opcional para apoyos reforzados con acero y con el que estos no deben diseñarse a menos que ellos sean ensayados posteriormente de acuerdo con los requisitos de esta norma.

Cálculo del neopreno:

Datos del puente:

Luz	= 6m
Módulo de elasticidad del concreto de la viga	= 2×10^6 ton/m ²
Ancho de la viga	= 0,30m
Reacción en cada apoyo de la viga debida a las cargas de servicio:	
Por carga muerta	= 5,49ton
Por carga viva	= 1,43ton
Reacción de diseño = 5,49 + 1,43	= 6,92ton

Para el cálculo se empleará el método A de la sección 14.7.6 de las normas AASTHO.

Variación máxima de temperatura

El puente se encuentra localizado en una región con una variación máxima de temperatura $\Delta T = 15^\circ$ centígrados.

El coeficiente de dilatación térmica del concreto es igual a 11×10^{-6} mmm/mmm/ $^\circ$ C para el concreto de densidad normal.

Por consiguiente, la deformación unitaria del concreto debida a la diferencia de temperatura es:

$$\epsilon_{temp} = (11 \times 10^{-6})(15) = 0,000165$$

Deformación debida a la retracción del fraguado:

En ausencia de datos experimentales, es posible suponer que la deformación unitaria del concreto, debida a la retracción del fraguado, equivale al 10% de la deformación máxima utilizable ($\epsilon_{\text{concreto}} = 0,003$) del material sometido a compresión. En estas condiciones entonces:

$$\epsilon_{\text{ret.fraguado}} = (0,10)(0,003) = 3 \times 10^{-4}$$

Por consiguiente, el movimiento horizontal máximo del apoyo es igual a:

$$\Delta_s = L(\epsilon_{\text{temp}} + \epsilon_{\text{ret.fraguado}}) = 6(0,000165 + 0,0003) = 0,00279 \text{ m} = 2,79 \text{ mm}$$

Las normas AASTHO-tabla A.3.4.1-1 recomiendan aumentar este desplazamiento en un 20% con el fin de tener en cuenta otras causas de deformación de la viga tales como flujo plástico.

En consecuencia:

$$\Delta_{s,\text{total}} = (1,2)(2,79) = 3,35 \text{ mm}$$

Evaluación de la altura del apoyo elastomérico

El apoyo debe diseñarse para $h_{rt} > 2\Delta_{s,\text{total}}$ según AASTHO 14.7.6.3.4-1.

Donde:

h_{rt} = Espesor total del elastómero del apoyo

Por consiguiente: $h_{rt} > 2(3,35) = 6,70 \text{ mm}$

Se propone un apoyo elastomérico de 20mm de espesor total, con tres capas de refuerzo de acero de 1mm de espesor cada una.

Evaluación del factor de forma S del apoyo elastoméricos:

El factor de forma viene dado por la siguiente ecuación, válida para apoyos rectangulares sin orificios, según AASTHO 14.7.5.1-1.

$$S = \frac{LW}{2h_{ri}(L+W)}$$

Donde:

W = Dimensión total del apoyo rectangular paralela al eje transversal.

L = Dimensión total del apoyo rectangular paralela al eje longitudinal.

h_{ri} = Espesor de la capa i del elastómero.

Se supone un apoyo elastomérico compuesto por 2 capas interiores de 5mm de espesor cada una, separadas entre sí por una lámina de acero de 1mm de espesor. Las capas exteriores tendrán una altura de 3,5mm cumpliendo con los requerimientos de AASTHO, la cual dice que el espesor de las capas exteriores del elastómero deben ser menores que el 70% de las capas interiores.

El apoyo de la viga tiene un espesor de 300mm en consecuencia se supone que el ancho W del apoyo elastoméricos es igual a 200mm.

$$S = \frac{200L}{2*3(L+200)} = \frac{33L}{L+200} \quad (a)$$

Evaluación del esfuerzo a compresión

El esfuerzo promedio a compresión en cualquier capa del elastómero debe cumplir la siguiente ecuación, según AASTHO 14.7.6.

$$\sigma_{c,TL} = \frac{GS}{\beta}$$

Donde:

$\sigma_{c,TL} \leq 70\text{kg/cm}^2$ para apoyos reforzados con acero

$\sigma_{c,TL} \leq 56\text{kg/cm}^2$ para apoyos simples o apoyos reforzados con acero

β = factor de modificación que tiene un valor de para capas internas de apoyos 1,0 reforzados, 1,4 para capas de cubierta y 1,8 para apoyos simples.

Se supone un apoyo elastomérico de dureza 60 en la escala de dureza Shore A. Según la tabla 14.7.5.2-1 de AASTHO, en la cual se indican los valores del módulo cortante para un elastómero de dureza 60. Estos valores varían entre $9,10\text{kg/cm}^2$ y $14,00\text{kg/cm}^2$. En nuestro caso tomaremos $G = 10,00\text{kg/cm}^2$.

Se supone además que $\beta = 1$

Por consiguiente el factor de forma S es:

$$\sigma_{c,TL} = \frac{GS}{\beta} \rightarrow S = \frac{(\sigma_{c,TL})(\beta)}{G} = \frac{(70)(1)}{10} = 7$$

Sustituyendo en la ecuación (a), se obtiene:

$$7 = \frac{33L}{L + 200} \rightarrow L = 42.42\text{mm}$$

Por criterio personal se toma una longitud $L = 10\text{cm}$

Las dimensiones propuestas del apoyo elastoméricos son:

$$W = 200\text{mm}$$

$$L = 100\text{mm}$$

$$h_{ri} = 3\text{mm}$$

Diseño propuesto del apoyo elastomérico

2 capas exteriores de 3.5mm

2 capas interiores de 5mm

3 láminas de refuerzo en acero: $3 \times 1\text{mm} = 3\text{mm}$

Esfuerzo efectivo a compresión sobre el apoyo elastomérico

$$\sigma = \frac{P_{servicio}}{\text{área}} = \frac{6920}{20 \times 10} = 23,07\text{kg/cm}^2 < 70\text{kg/cm}^2$$

Evaluación de la deflexión instantánea de compresión:

La deformación por compresión del apoyo debe limitarse para asegurar el adecuado funcionamiento del puente. Las deformaciones debidas a la carga total y viva del puente deben considerarse por separado.

La deformación instantánea debe calcularse como:

$$\Delta_c = \sum \epsilon_{ci} h_{ri}$$

Los valores de ϵ_{ci} pueden obtenerse de ayudas de diseño basadas en ensayos, tales como las que se presentan en las figuras 14.6.5.3.3-1 de las normas AASTHO.

De las gráficas antes mencionadas se obtiene una deformación unitaria instantánea igual al 3,8% es decir $\varepsilon = 0,038$ para un esfuerzo a compresión sobre el apoyo de $23,07\text{kg/cm}^2$ un factor de forma de 7 y una dureza de 60.

Por consiguiente:

$$\Delta_c = (2 * 0,03 * 5) + (2 * 0,03 * 3,5) = 0,51\text{mm}$$

Evaluación de la rotación del apoyo elastomérico

Las deformaciones rotacionales alrededor de cada eje deben tomarse como la rotación máxima posible entre las caras superior e inferior del apoyo causado por la falta inicial de paralelismo y la rotación del apoyo de la viga. Éstas deben limitarse a lo siguiente, según AASTHO 14.6.7.

$$\theta_{\pi,x} = \frac{2\Delta_c}{L} \qquad \theta_{\pi,x} = \frac{2\Delta_c}{W}$$

Donde:

Δ_c = Deformación instantánea por compresión del apoyo, mm.

De la geometría de rotación del apoyo elastoméricos se tiene:

$$\theta_{\pi,x} = \frac{2\Delta_c}{L} = \frac{2 * 0,51}{100} = 0,0102\text{rad}$$

Rotación del apoyo debida a la carga muerta más la carga viva.

Del análisis estructural se conoce que la rotación en el apoyo de una viga simplemente apoyada, de longitud L sometida a una carga repartida q, es igual a:

$$\theta = \frac{qL^3}{24EI}$$

Es posible mostrar que las propiedades geométricas de la viga son las siguientes:

$$\begin{aligned} \text{Momento centroidal de inercia de la sección homogénea} &= I = 18,2 \times 10^{-2} \text{m}^4 \\ \text{Módulo de elasticidad supuesto para el concreto} &= E = 2 \times 10^6 \text{ton/m}^2 \end{aligned}$$

Se toma una inercia efectiva igual a la mitad de la inercia de la sección bruta para tener en cuenta la fisuración del concreto. Es decir, $I_e = 18,2 \times 10^{-2} / 2 = 9,1 \times 10^{-2} \text{m}^4$

$$\text{Carga muerta repartida} = 5,49 / 11 = 0,50 \text{ton.}$$

$$\text{Carga viva repartida} = 1,43 / 11 = 0,13 \text{ton.}$$

Por consiguiente, la rotación de la viga para la acción simultánea de la carga muerta más la carga viva es:

$$\theta = \frac{(0,50 + 0,13)(6^3)}{(24)(2 \times 10^6)(9,1 \times 10^{-2})} = 0,0000311 \text{ rad}$$

$$0,0000311 \text{rad} < 0,0144 \text{rad} \text{ si cumple.}$$

Verificaciones

Estabilidad:

Para asegurar la estabilidad, el espesor total del apoyo no debe exceder el menor valor de:

L/5, W/5 ó D/6 para apoyos simples

L/3, W/3, ó D/4 para apoyos reforzados

En consecuencia el espesor total del apoyo (2cm) no debe exceder el menor valor entre

$$L/3 = 10/3 = 3,33\text{cm} \quad 2\text{cm Cumple}$$

$$W/3 = 20/3 = 6,66\text{cm} \quad 2\text{cm Cumple}$$

Refuerzo:

El refuerzo debe ser de tela o acero y su resistencia en kilos por centímetro lineal bajo niveles de esfuerzo de trabajo en cada dirección no debe ser menor que:

250 h_{ri} para tela

300 h_{ri} para acero

Para estos propósitos h_{ri} debe tomarse como el espesor promedio de las dos capas de elastómero pegadas al refuerzo.

Sustituyendo el valor numérico $h_{ri} = 0,3\text{cm}$ se concluye:

$$300 h_{ri} = 300 * 0,3 = 90\text{kg/cm.}$$

La resistencia por centímetro lineal está dada por el producto del espesor del material del refuerzo y el esfuerzo admisible. Se toma un esfuerzo admisible del acero igual a $f's = 1700\text{kg/cm}^2$.

Cálculo del momento de volteo (MV)

Este es producido por el empuje de la tierra sobre el estribo, se calcula de acuerdo a la figura anterior y da como resultado la siguiente tabla:

Tabla VII. Resultado de las fuerzas aplicadas al estribo

Sección	Empuje (kg)	Brazo (m)	Momento respecto a B
I	1 335,17	2,28	3 044,18
II	4 990,46	1,52	7 585,51
	E = 6 325,63		MV = 10 629,69

Fuente: elaboración propia.

Cálculo del momento estabilizante

Es producido por el peso de la estructura y el relleno.

Tabla VIII. Resultado de las fuerzas estabilizantes en el estribo

Sección	Área (m ²)	Peso (kg/m)	Brazo (m)	Momento (kg-m/m)
1	0,20	475,20	1,50	712,80
2	0,26	624,00	1,16	723,84
3	1	2 500,00	0,67	1 675,00
4	1,95	4 875,00	1,33	6 483,75
5	1,43	3 562,50	1,97	7 018,13
6	1,25	3 125,00	1,30	4 062,50
7	1,01	1 493,38	2,08	3 106,23

Continuación tabla VIII

8	1,43	2 113,28	2,28	4 818,27
9	0,50	741,50	0,50	370,75
10	1,15	1 705,45	0,33	562,80
		W = 21 215,31		ME = 29 534,06

Fuente: elaboración propia

Peso de la superestructura

$$W_{total} = 21\ 215,31\ \text{kg}$$

$$W_{cm} = 21\ 215,31 * 1,4 = 29\ 701,43\ \text{kg}$$

$$W_{cv} = (12\ 000 / 2,2) * 1,7 = \underline{9\ 273,73\ \text{kg}}$$

$$W_{total} = 38\ 975,16\ \text{kg}$$

Momento estabilizante

$$ME_2 = W_{total} * b / 2$$

$$ME_2 = 38\ 975,16 * 1,30 = 50\ 667,71\ \text{kg-m}$$

$$ME_{total} = ME_1 + ME_2$$

$$ME_{total} = 50\ 667,71 + 29\ 534,06$$

$$ME_{total} = 80\ 201,77\ \text{kg-m}$$

Comprobación de volteo:

$$V = ME_{total} / MV$$

$$V = 80\ 201,77 / 29\ 534,06$$

$$V = 2,72 > 1,5\ \text{ok}$$

Comprobación de deslizamiento:

$$D = \underline{0,5W_{total} + W}$$

E

$$D = \frac{0,5(38\ 975,16) + 21\ 215,31}{6\ 325,63}$$

$$D = 6,43 > 1,5 \text{ ok}$$

Chequeo por Presiones

Después de varias pruebas en el chequeo de presiones, las cuales se realizaron con distintos valores de ancho de la base.

$$a = \frac{M_{E3} - M_{V3}}{W_2}$$

$$a = \frac{10\ 087,52 - 5\ 184,42}{12\ 944,12}$$

$$ME3 = 33\ 395,28 \text{ kg-m/m}$$

$$a = 0,72\text{m}$$

$$MV3 = 15\ 709,74 \text{ kg-m/m}$$

$$W2 = 24\ 432,99$$

$$e_x = b/2 - a = 1,85/0,46$$

$$e_x = 0,58 > 0,31$$

$$b = 2,60 \text{ m}$$

$$W = 21\ 215,31 \text{ kg}$$

$$b = 2,60 \text{ m}$$

$$\sigma_{\max} = \frac{2W}{3\left(\frac{b}{2} - |e_x|\right)}$$

$$\sigma_{\min} = 0$$

$$b' = 3\left(\frac{b}{2} - e_x\right)$$

$$q_{\max} = 19\ 093,78 \text{ kg/m}^2 < V_s = 20\ 030 \text{ kg/m}^2$$

$$q_{\min} = 10\ 289,61 > 0$$

2.2.4.5. Diseño de obras de protección

Son unidades que sirven para conectar la carretera al puente, generalmente son rellenos para alcanzar la rasante y evitar la socavación, así como, el colapso de la estructura, consiste básicamente en muros que protegen los taludes de la erosión y deslizamientos del terreno, para el presente proyecto no se incorporaron obras de protección, ya que el tamaño de la crecida máxima del río no es significativa.

2.2.5. Planos

Los planos correspondientes al proyecto diseño del puente vehicular en la aldea La Paz, municipio de Jalapa son los siguientes:

1. Plano de planta general + curvas de nivel
2. Plano de planta + perfiles y secciones
3. Plano de planta y perfil puente luz de 6 m
4. Plano de geometría y detalles superestructura
5. Plano de planta + armado + detalles superestructura
6. Plano de subestructura geometría + estribos

2.2.6. Presupuesto

Para elaborar el presupuesto se realizó una cuantificación y cotización de materiales según planos finales. Los precios de mano de obra y materiales fueron establecidos en precios o salarios de trabajo y cotizaciones respectivamente, ésta última realizada en el municipio de Jalapa y la mano de obra según los salarios que la municipalidad asigna para estos casos.

Tabla IX. **Presupuesto construcción puente vehicular aldea La Paz, Jalapa**

CUADRO DE INTEGRACIÓN DE COSTOS					
No.	REGLÓN	U/MEDIDA	CANTIDAD	P/UNITARIO	TOTAL
1	Bodega y guardianía	Global	1	Q 4 330,00	Q 4 330,00
2	Trazo y nivelación	ml	60	Q 58,03	Q 3 481,80
3	Limpieza general	Global	1	Q 3 119,54	Q 3 119,54
4	Excavación	m ³	130	Q 80,30	Q 10 439,00
5	Relleno y compactación	m ³	30	Q 121,52	Q 3 645,60
6	Retiro de material sobrante	Global	1	Q 2 282,34	Q 2 282,34
7	Muros de concreto ciclópeo	m ³	78	Q 1 965,60	Q 153 316,80
8	Losa de concreto para superestructura	m ²	30	Q 1 166,42	Q 34 992,60
9	Vigas principales	ml	12	Q 1 012,01	Q 12 144,12
10	Diafragma	ml	9,6	Q 872,65	Q 8 377,44
11	Barandales + drenajes	ml	12	Q 765,72	Q 9 188,64
12	Viga de apoyo + cortina + neopreno	ml	12,84	Q 2 313,68	Q 29 707,65
13	Aproches	m ³	24	Q 281,58	Q 6 757,92
COSTO TOTAL DEL PROYECTO					Q 281 783,45

Fuente: elaboración propia.

El costo total del proyecto es de doscientos ochenta y un mil setecientos ochenta y tres quetzales con cuarenta y cinco centavos (Q 281 783,45).

CONCLUSIONES

1. La ubicación de viviendas de la comunidad obliga a que el sistema de distribución de agua potable en la aldea El Rodeo sea por medio de ramales abiertos ya que éstas se encuentran muy dispersas, y este sistema presenta la ventaja de ser económico y de fácil ejecución.
2. El proyecto sistema de abastecimiento de agua potable por gravedad para la aldea El Rodeo, beneficiará una población actual de 960 habitantes. Los componentes del proyecto son: 2 165,70 metros red de conducción, 50 m³ tanque de distribución, 5 219,78 metros red de distribución, obras hidráulicas y 210 conexiones domiciliarias, el costo total directo del proyecto es de Q 548 880,04 y el costo por metro lineal de Q 74,32.
3. El puente vehicular en la aldea La Paz, permitirá que sus 995 habitantes realicen sus diferentes actividades económicas mejorando así su calidad de vida, además se mejorará la comunicación entre las diferentes comunidades tales como Los Izotes, Palo Verde y caserío El Volcán. El costo total directo del proyecto es de Q 281 783,45 y el costo por metro lineal de Q 49 963,91.
4. La construcción de los proyectos no causará impacto negativo permanente en la flora y fauna del lugar, tanto en la aldea El Rodeo como la aldea La Paz, esto se debe a que sólo sucederá durante la época de construcción, donde el suelo sufrirá un leve cambio por ser removido al momento de la excavación, cumpliendo así con las normas del Ministerio de Ambiente para la ejecución de proyectos de infraestructura.

RECOMENDACIONES

A la municipalidad

1. Proporcionar el mantenimiento necesario a los proyectos, siempre que éstos lo requieran: reparación de fugas en tuberías, cambio de accesorios que estén dañados, limpieza en las obras de arte, control el crecimiento de la creciente del río y remoción de materiales u objetos que pudieran dañar la subestructura del puente, para que puedan ser funcionales a lo largo de los años.
2. Aplicar la cloración al sistema, para prevenir enfermedades gastrointestinales y de la piel
3. Cada una de las comunidades deberá nombrar una comisión encargada del monitoreo en su respectivo proyecto, para optimizar el funcionamiento del mismo.
4. Actualizar los precios de los materiales y la mano de obra, al momento de que el proyecto sea aprobado, pues en el mercado actual éstos cambian constantemente.
5. La ejecución de los proyectos propuestos debe hacerse en época de verano para evitar inconvenientes, tanto en el traslado de materiales como la construcción de obra civil.
6. Capacitar a los miembros del COCODE en el proyecto de agua potable para el mantenimiento, tanto preventivo como correctivo.

BIBLIOGRAFÍA

1. AMERICAN CONCRETE INSTITUTE, Reglamento para las construcciones de concreto estructural y comentario. ACI 318-2002. 357p.
2. INFOM. Guía para el diseño de abastecimiento de agua potable a zonas rurales. 2ª revisión. Guatemala: s.e., 1997. 66 p.
3. LÓPEZ ENRÍQUEZ, Gerber Iván. "Diseño de alcantarillado sanitario para la comunidad agraria San Roque y puente vehicular en el sector Méndez, municipio de Génova Costa Cuca, departamento de Quetzaltenango". Trabajo de graduación Ingeniería Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, mayo de 2009. 163 p.
4. SANDOVAL RAMÍREZ, Jorge Jacobo. "Diseño de los sistemas de abastecimiento de agua potable y alcantarillado sanitario para la aldea Pacay, municipio de Acatenango, Chimaltenango". Trabajo de graduación Ingeniería Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, octubre de 2007. 157 p.

ANEXO



LABORATORIO DE QUÍMICA Y MICROBIOLOGÍA SANITARIA
ESCUELA REGIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Y RECURSOS HIDRÁULICOS (ERIS) -CENTRO
DE INVESTIGACIONES (CII)
DE LA FACULTAD DE INGENIERIA
CIUDAD UNIVERSITARIA, ZONA 12

O.T. No. 22 469		ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO SANITARIO		INF. No. 2302
INTERESADO:	<u>FACULTAD DE INGENIERÍA</u>	PROYECTO:	CONTROL DE CALIDAD	
RECOLECTADA POR:	<u>Mario Recinos</u>	DEPENDENCIA:	USAC	
LUGAR DE RECOLECCIÓN:	<u>Aldea Miramundo, Jalapa</u>	FECHA Y HORA DE RECOLECCIÓN:	2007-11-07; 10 h 30 min.	
FUENTE:	<u>Nacimiento</u>		2007-11-07; 14 h 27 min.	
MUNICIPIO:	<u>Jalapa</u>	CONDICIÓN DEL TRANSPORTE:	<u>Sin refrigeración</u>	
DEPARTAMENTO:	<u>Jalapa</u>			

RESULTADOS					
1. ASPECTO:	<u>Lig turbio</u>	4. OLOR:	<u>Inodora</u>	7. TEMPERATURA:	(En el momento de recolección) <u>-- °C</u>
2. COLOR:	<u>13,00 Unidades</u>	5. SABOR:	<u>-----</u>	8 CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	<u>49,00 µmhos/cm</u>
3. TURBIEDAD:	<u>07,20 UNT</u>	6.potencial de Hidrógeno (pH):	<u>06,90 unidades</u>		
SUSTANCIAS	mg/L	SUSTANCIAS	mg/L	SUSTANCIAS	mg/L
1. AMONIACO (NH ₃)	00,31	6. CLORUROS (Cl ⁻)	06,00	11. SOLIDOS TOTALES	61,00
2. NITRITOS (NO ₂ ⁻)	00,010	7. FLUORUROS (F ⁻)	00,00	12. SOLIDOS VOLÁTILES	27,00
3. NITRATOS (NO ₃ ⁻)	06,82	8. SULFATOS (SO ₄ ²⁻)	03,00	13. SOLIDOS FIJOS	34,00
4. CLORO RESIDUAL	----	9. HIERRO TOTAL (Fe)	00,63	14. SOLIDOS EN SUSPENSIÓN	16,00
5. MANGANESO (Mn)	00,073	10. DUREZA TOTAL	40,00	15. SOLIDOS DISUELTOS	26,00

ALCALINIDAD (CLASIFICACIÓN)			
HIDROXIDOS mg/L	CARBONATOS mg/L	BICARBONATOS mg/L	ALCALINIDAD TOTAL mg/L
00,00	00,00	22,00	22,00

• Envase NO proporcionado por este Laboratorio.

OTRAS DETERMINACIONES

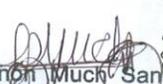
OBSERVACIONES: Desde el punto de vista de la calidad física: ASPECTO ligeramente turbia (rechazable). Desde el punto de vista de la calidad química el agua cumple con la norma. Según normas internacionales de la Organización Mundial de la Salud para Fuentes de Agua.

TÉCNICA "STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER" DE LA A.P.H.A. - A.W.W.A.- W.E.F. 21TH EDITION 2005, NORMA COGUANOR (SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES) Y 29001 (AGUA POTABLE Y SUS DERIVADAS), GUATEMALA.

Guatemala, 2007-11-16

Vo.Bo. 
Ing. Oswaldo Romeo Escobar Álvarez
DIRECTOR CH/USAC




Zenón Much Santos
Ing. Químico Col. No. 420
M. Sc. en Ingeniería Sanitaria
Jefe Técnico Laboratorio





LABORATORIO DE QUÍMICA Y MICROBIOLOGÍA SANITARIA
 "DOCTORA ALBA TABARINI MOLINA"
 CENTRO DE INVESTIGACIONES (CII)
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 CIUDAD UNIVERSITARIA, ZONA 12

O.T. No.22469		EXAMEN BACTERIOLOGICO		INF. No.A-294 801	
INTERESADO	<u>FACULTAD DE INGENIERÍA</u>	PROYECTO:	<u>CONTROL DE CALIDAD DE AGUA</u>		
MUESTRA RECOLECTADA POR	<u>Mario Recinos</u>	DEPENDENCIA:	<u>USAC</u>		
LUGAR DE RECOLECCIÓN DE LA MUESTRA:	<u>Aldea Miramundo</u>	FECHA Y HORA DE RECOLECCIÓN:	<u>2007-11-07; 10 h 25 min.</u>		
FUENTE:	<u>Nacimiento</u>	FECHA Y HORA DE LLEGADA AL LABORATORIO:	<u>2007-11-07; 14 h 27 min</u>		
MUNICIPIO:	<u>Jalapa</u>	CONDICIONES DE TRANSPORTE:	<u>En refrigeración</u>		
DEPARTAMENTO:	<u>Jalapa</u>	SABOR:	<u>----</u>	SUSTANCIAS EN SUSPENSIÓN	<u>Reg. cantidad</u>
ASPECTO:	<u>Lig. turbia</u>	COLOR RESIDUAL	<u>----</u>		
OLOR:	<u>Inodora</u>				

INVESTIGACION DE COLIFORMES (GRUPO COLI – AEROGENES)

PRUEBAS NORMALES	PRUEBA PRESUNTIVA	PRUEBA CONFIRMATIVA	
		FORMACION DE GAS	
CANTIDAD SEMBRADA	FORMACION DE GAS – 35°C	TOTAL	FECAL 44.5 °C
10,00 cm ³	+++++	+++++	+++++
01,00 cm ³	+++++	+++++	+++++
00,10 cm ³	+++++	+++++	++++ -
RESULTADO: NÚMERO MAS PROBABLE DE GÉRMENES COLIFORMES/100cm ³		$\geq 16 \times 10^2$	16×10^2

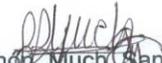
TÉCNICA "STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER" DE LA A.P.H.A. – W.E.F. 21TH NORMA COGUANOR NGO 4 010. SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES (SI), GUATEMALA.

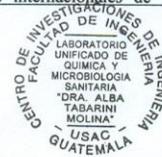
CONCLUSIÓN: Bacteriológicamente el agua se enmarca en la clasificación II. Calidad bacteriológica que precisa la aplicación de los métodos habituales de tratamiento (coagulación, sedimentación, filtración, desinfección). Según normas internacionales de la Organización Mundial de la Salud para fuentes de agua.

Guatemala, 2007-11-16

Vo.Bo.


 Ing. Oswaldo Romeo Escobar Alvarez
 DIRECTOR CH/USAC


 Zenón Much Santos
 Ing. Químico Col. No. 420
 M. Sc. en Ingeniería Sanitaria
 Jefe Técnico Laboratorio





ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL, DIAGRAMA DE MOHR

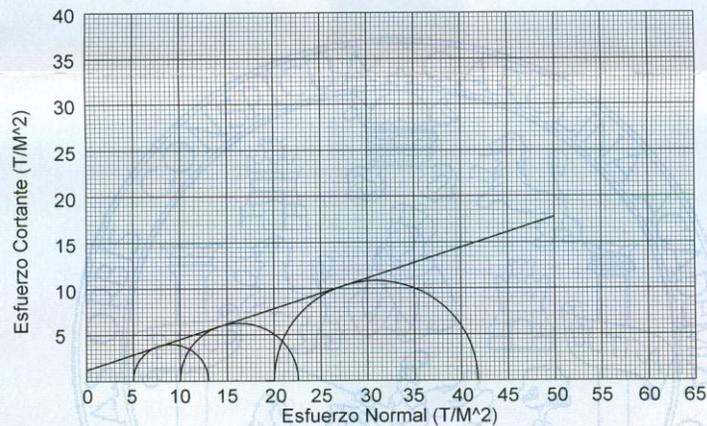
INFORME No.: 495 S.S. O.T.No.: 22,457

INTERESADO: José Mario Recinos Aquino

PROYECTO: Diseño de Puente Vehicular, aldea la Paz, Jalapa

UBICACION: Aldea la Paz, Jalapa

pozo: 1 Profundidad: 2,50 m FECHA: . 23 de noviembre de 2007



PARAMETROS DE CORTE:

ANGULO DE FRICCION INTERNA : $\phi = 29,68^\circ$ COHESIÓN: $C_u = 5,00 \text{ T/m}^2$

TIPO DE ENSAYO: No consolidado y no drenado.

DESCRIPCION DEL SUELO: Arena limosa color café con partículas de grava

DIMENSION Y TIPO DE LA PROBETA: 2.5" X 5.0"

OBSERVACIONES: Muestra proporcionada por el interesado.

PROBETA No.	1	1	1
PRESION LATERAL (T/m ²)	5	10	20
DESVIADOR EN ROTURA q(T/m ²)	26,78	38,30	56,21
PRESION INTERSTICIAL u(T/m ²)	x	x	x
DEFORMACION EN ROTURA Er (%)	4,5	6,5	8,5
DENSIDAD SECA (T/m ³)	1,70	1,70	1,70
DENSIDAD HUMEDA (T/m ³)	2,12	2,12	2,12
HUMEDAD (%H)	25,1	25,1	25,1



Atentamente,

Vo. Bo.

Ing. Oswaldo Romeo Escobar Alvarez
DIRECTOR CII/USAC

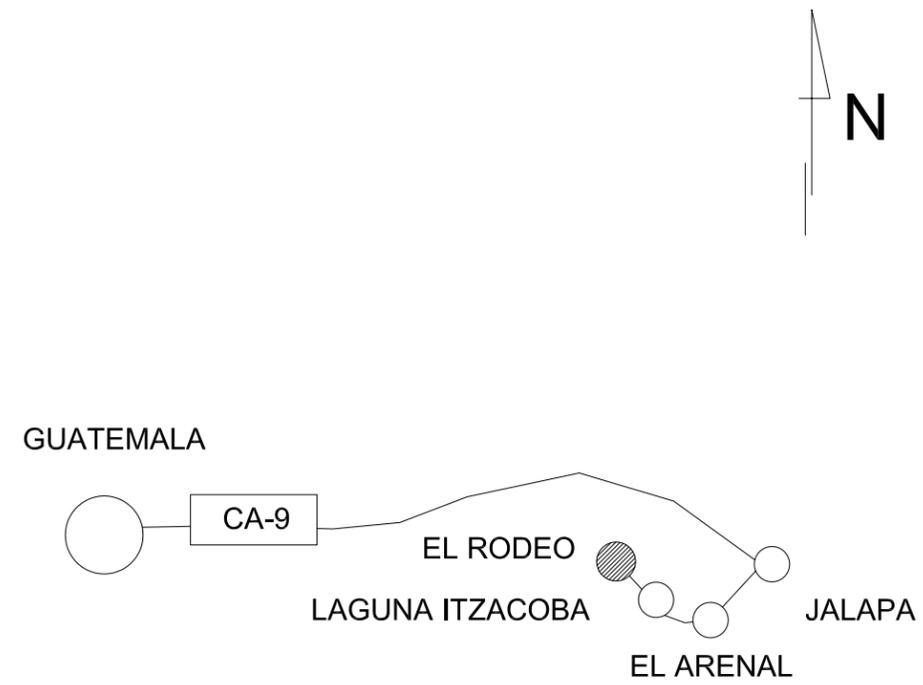
Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
Jefe Sección Mecánica de Suelos

FACULTAD DE INGENIERIA -USAC

Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12

Teléfono directo 2476-3992. Planta 2443-9500 Ext. 1502. FAX: 2476-3993

Página web: <http://cii.usac.edu.gt>



LOCALIZACION GEOGRAFICA

DE.	A.	DISTANCIA KM	VIA	TIPO
GUATEMALA	JALAPA	94	CA-9	ASFALTO
JALAPA	LAGUNA ITZACOBÁ	15	RN-19	ASFALTO
LAGUNA	RODEO	8		TERRACERIA
TOTAL		117 KM		


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
 MUNICIPALIDAD DE JALAPA DEPARTAMENTO DE JALAPA

PROYECTO: SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE	FECHA: MAYO 2011
UBICACIÓN: ALDEA EL RODEO	ESCALA: INDICADA
DEPARTAMENTO: JALAPA	

CONTENIDO: LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA

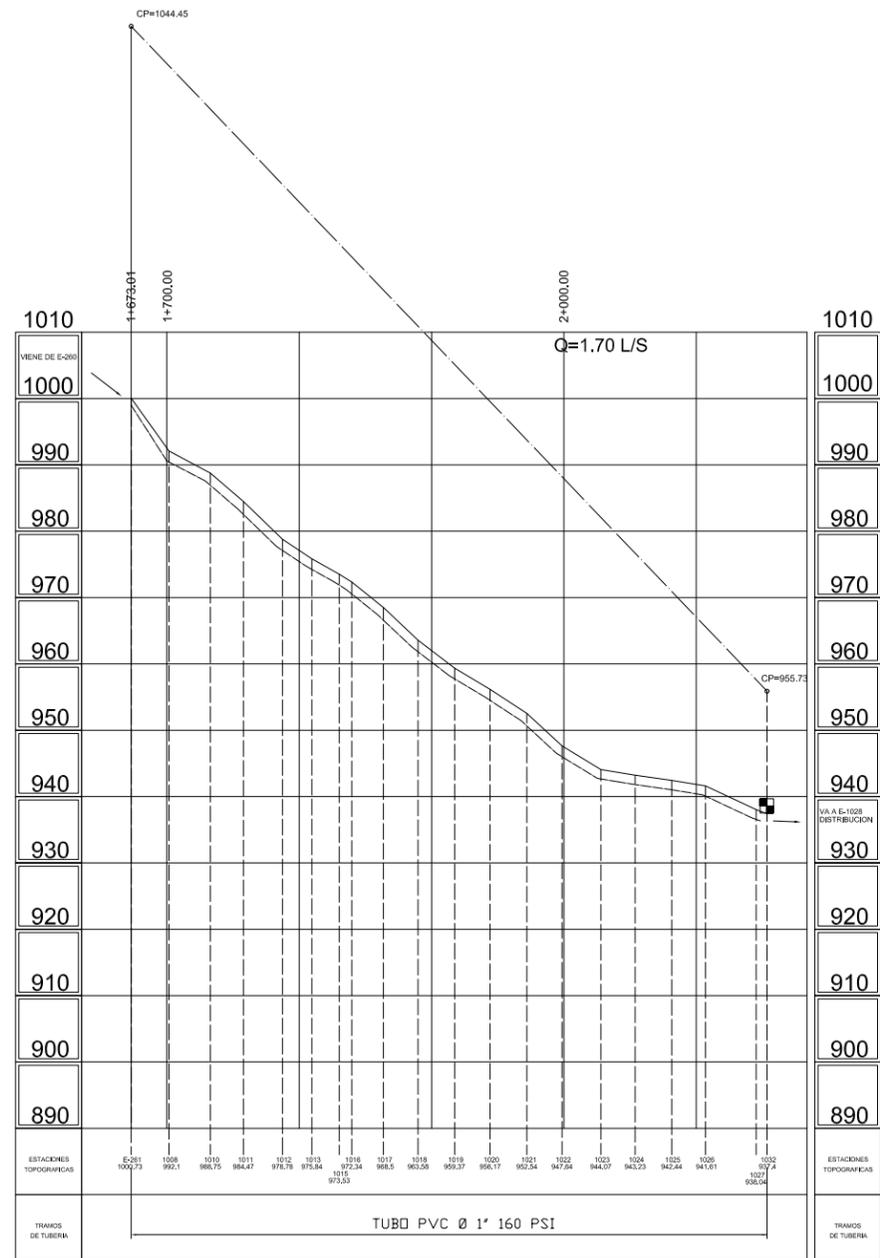
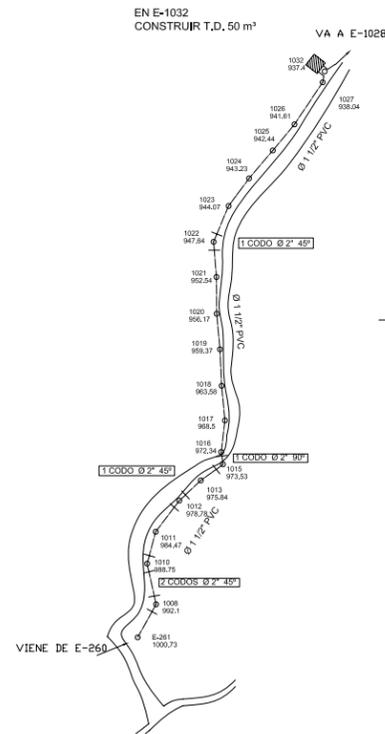
CÁLCULO Y DISEÑO: JOSÉ MARIO RECINOS AQUINO	DIBUJO: JOSÉ MARIO RECINOS AQUINO	HOJA:
Vs. Bn. ALCALDE:	ASESOR-SUPERVISOR: ING. JUAN MERCK COS	1/14



REFERENCIAS	
	ESTACION TOPOGRAFICA
	CASA, LOTE, IGLESIA, ESCUELA
	CAMINO Y VEREDA
	RÍO O QUEBRADA
	TUBERIA AUXILIAR
	TUBERIA DE DISTRIBUCION
	TUBERIA DE CONDUCCION
	CODO A 45°
	CODO A 90°
	REDUCIDOR BUSHING (R.B.)
	VALVULA DE COMPUERTA (V.C.)
	VALVULA DE LIMPIEZA (V.L.)
	VALVULA DE AIRE (V.A.)
	TAPON HEMBRA (T.H.)
	TEE
	CRUZ
	LINEA PIEZOMETRICA
	TANQUE DE DISTRIBUCION (T.D.)
	CAJA ROMPE PRESION (C.R.P.)
	DETALLE DE ACCESORIOS No. X
	PIUNTO DE CONSUMO
	VALVULA REGULADORA DE PRESION

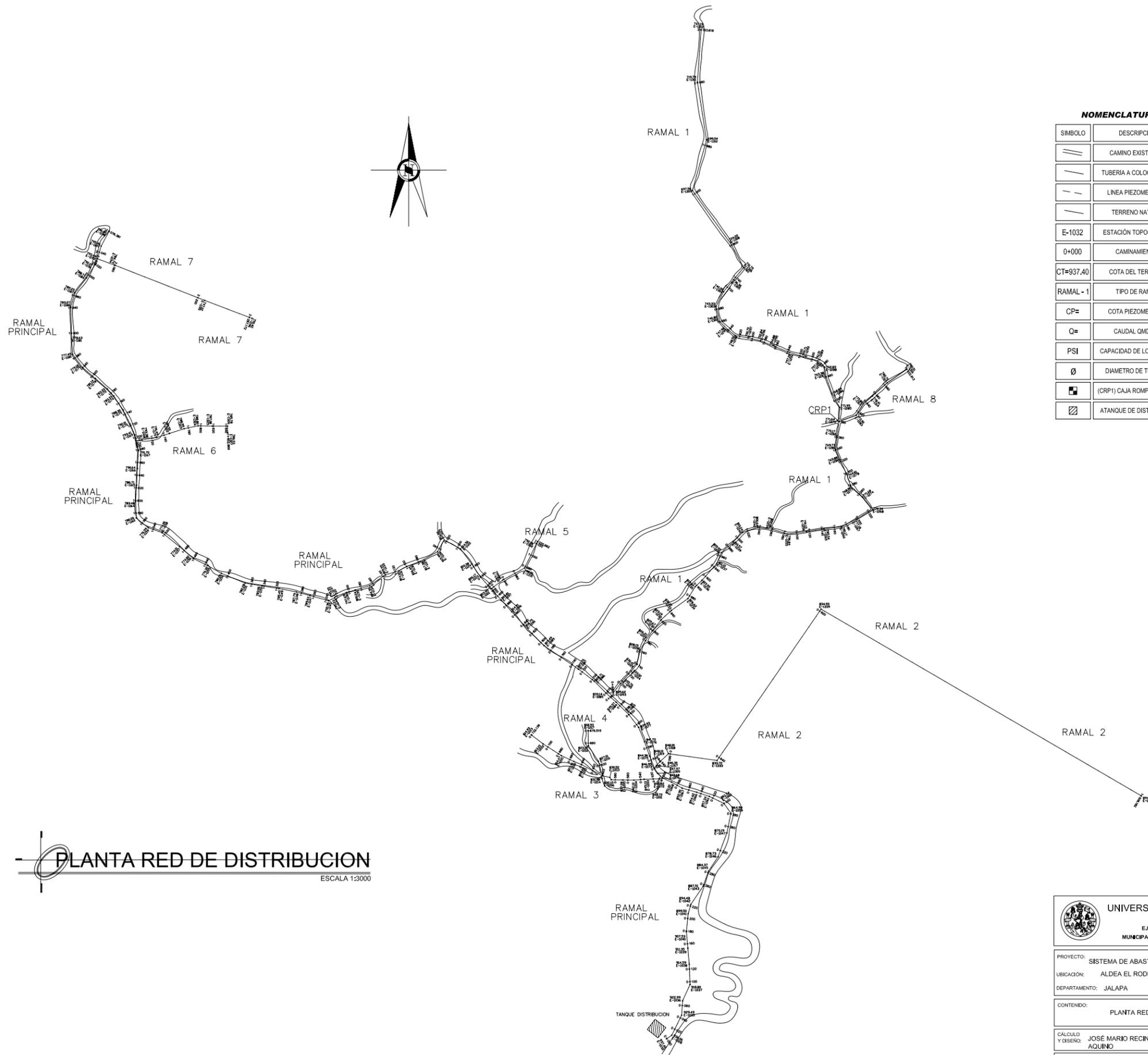
ESTACIONES TOPOGRAFICAS	
EJEMPLO:	E-37+2+150.36/ 981.02
E-37 :	NUMERO DE ESTACION
2+150.36 :	CAMINAMIENTO
981.02 :	COTA DE TERRENO

 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO MUNICIPALIDAD DE JALAPA DEPARTAMENTO DE JALAPA			
PROYECTO:	SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE	FECHA:	MAYO 2011
UBICACIÓN:	ALDEA EL RODEO	ESCALA:	INDICADA
DEPARTAMENTO:	JALAPA		
CONTENIDO:	DENSIDAD DE VIVIENDAS		
CÁLCULO Y DISEÑO:	JOSÉ MARIO RECINOS AQUINO	DIBUJO:	JOSÉ MARIO RECINOS AQUINO
Va. Bn. ALCALDE:	ASESOR-SUPERVISOR:		ING. JUAN MERCK COS
			HOJA: 2/14



PLANTA RED DE CONDUCCION MAS PERFIL
 ESCALA H : 2,500
 V : 500

 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO MUNICIPALIDAD DE JALAPA DEPARTAMENTO DE JALAPA			
PROYECTO:	SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE	FECHA:	MAYO 2011
UBICACION:	ALDEA EL RODEO	ESCALA:	INDICADA
DEPARTAMENTO:	JALAPA		
CONTENIDO:	PLANTA RED DE CONDUCCION MAS PERFIL		
CALCULO Y DISEÑO:	JOSÉ MARIO RECINOS AQUINO	DIBUJO:	JOSÉ MARIO RECINOS AQUINO
Vo. Bo. ALCALDE:	ASESOR-SUPERVISOR:	ING. JUAN MERCK COS	4/14

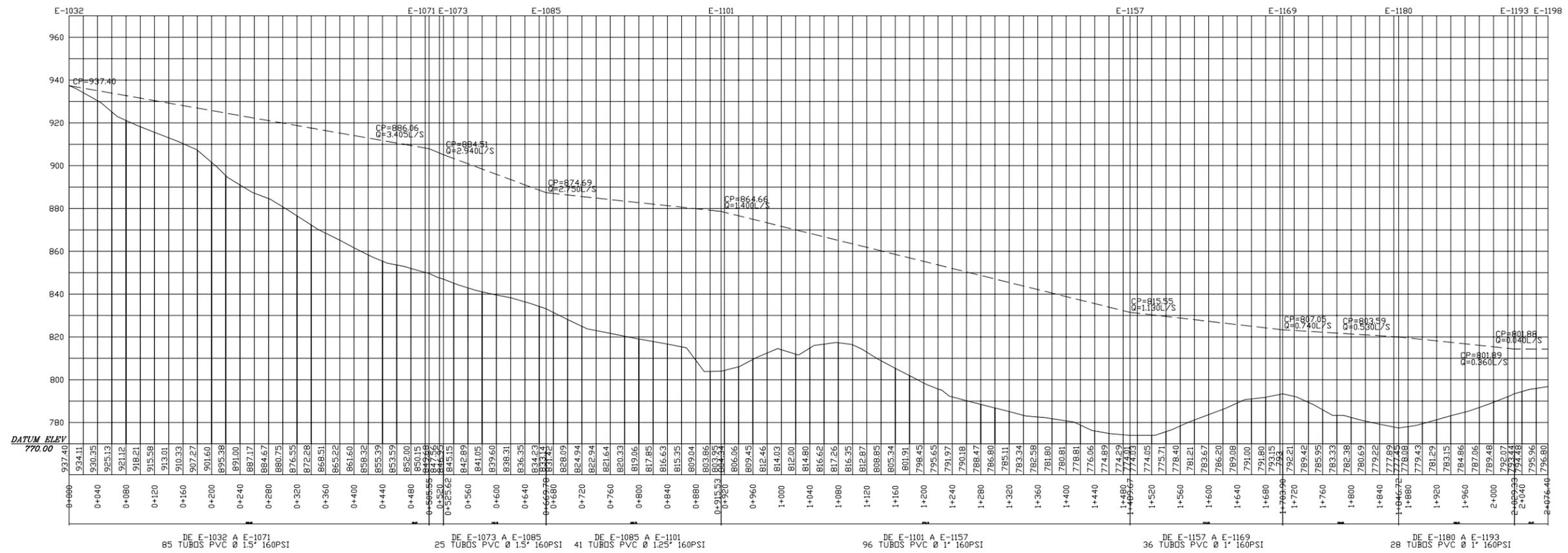


NOMENCLATURA

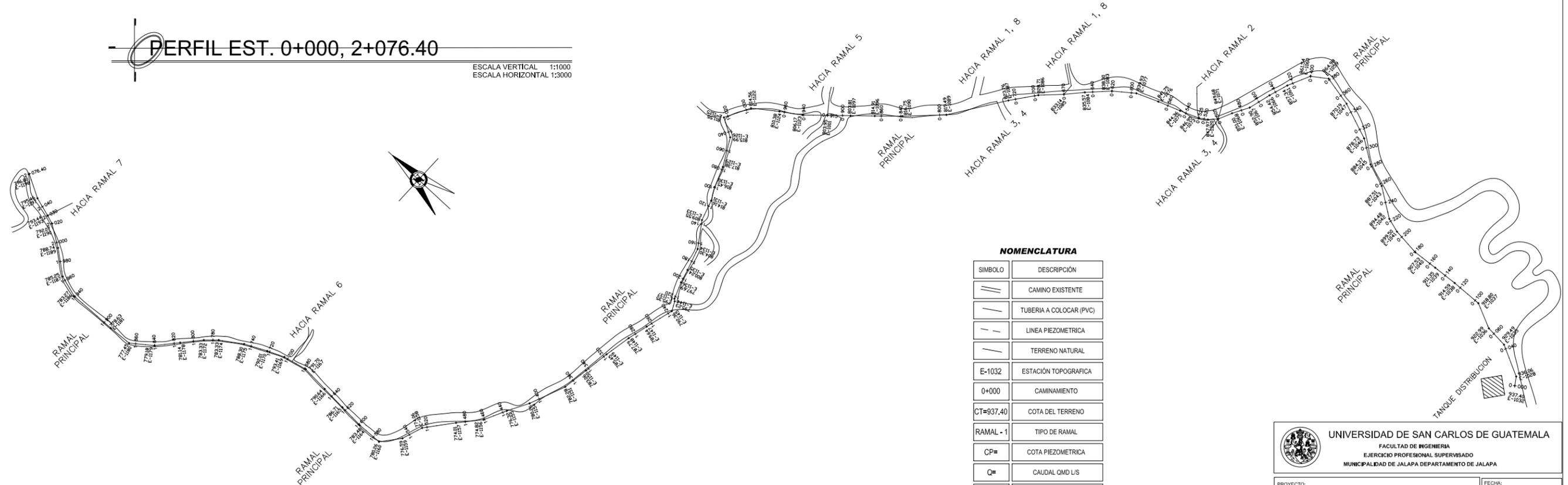
SIMBOLO	DESCRIPCIÓN
	CAMINO EXISTENTE
	TUBERIA A COLOCAR (PVC)
	LINEA PIEZOMETRICA
	TERRENO NATURAL
E-1032	ESTACIÓN TOPOGRAFICA
0+000	CAMINAMIENTO
CT=937.40	COTA DEL TERRENO
RAMAL - 1	TIPO DE RAMAL
CP=	COTA PIEZOMETRICA
Q=	CAUDAL QMD L/S
PSI	CAPACIDAD DE LOS TUBOS
∅	DIAMETRO DE TUBERIA
	(CRP1) CAJA ROMPE PRESION
	ATANQUE DE DISTRIBUCION

PLANTA RED DE DISTRIBUCION
 ESCALA 1:3000

 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO MUNICIPALIDAD DE JALAPA DEPARTAMENTO DE JALAPA			
PROYECTO:	SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE	FECHA:	MAYO 2011
UBICACIÓN:	ALDEA EL RODEO	ESCALA:	INDICADA
DEPARTAMENTO:	JALAPA		
CONTENIDO:	PLANTA RED DE DISTRIBUCION		
CÁLCULO Y DISEÑO:	JOSÉ MARIO RECINOS AQUINO	DIBUJO:	JOSÉ MARIO RECINOS AQUINO
Vo. Bo. ALCALDE:	ASESOR-SUPERVISOR:	ING. JUAN MERCK COS	5/14



PERFIL EST. 0+000, 2+076.40
 ESCALA VERTICAL 1:1000
 ESCALA HORIZONTAL 1:3000



PLANTA RAMAL PRINCIPAL EST. 0+000, 2+076.40
 ESCALA 1:2000

NOMENCLATURA

SIMBOLO	DESCRIPCIÓN
	CAMINO EXISTENTE
	TUBERIA A COLOCAR (PVC)
	LINEA PIEZOMETRICA
	TERRENO NATURAL
E-1032	ESTACION TOPOGRAFICA
0+000	CAMINAMIENTO
CT=937.40	COTA DEL TERRENO
RAMAL - 1	TIPO DE RAMAL
CP=	COTA PIEZOMETRICA
Q=	CAUDAL QMD L/S
PSI	CAPACIDAD DE LOS TUBOS
Ø	DIAMETRO DE TUBERIA
	(CRP1) CAJA ROMPE PRESION
	ATANQUE DE DISTRIBUCION

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
 MUNICIPALIDAD DE JALAPA DEPARTAMENTO DE JALAPA

PROYECTO: SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE
 UBICACION: ALDEA EL RODEO
 DEPARTAMENTO: JALAPA

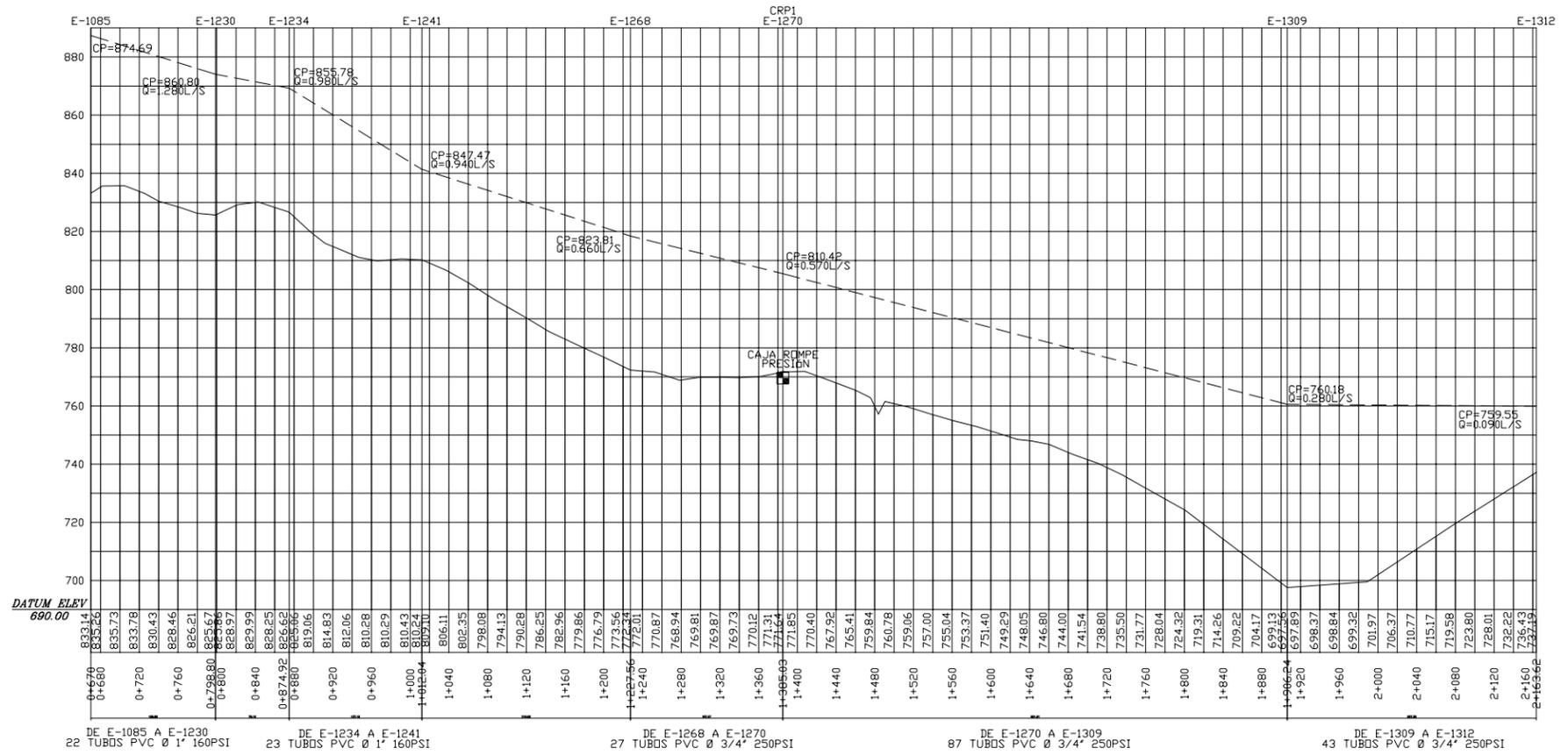
FECHA: MAYO 2011
 ESCALA: INDICADA

CONTENIDO: PLANTA RAMAL PRINCIPAL MAS PERFIL

CALCULO Y DISEÑO: JOSÉ MARIO RECINOS AQUINO
 Vc. Bc. ALCALDE:

DIBUJO: JOSÉ MARIO RECINOS AQUINO
 ASESOR-SUPERVISOR: ING. JUAN MERCK COS

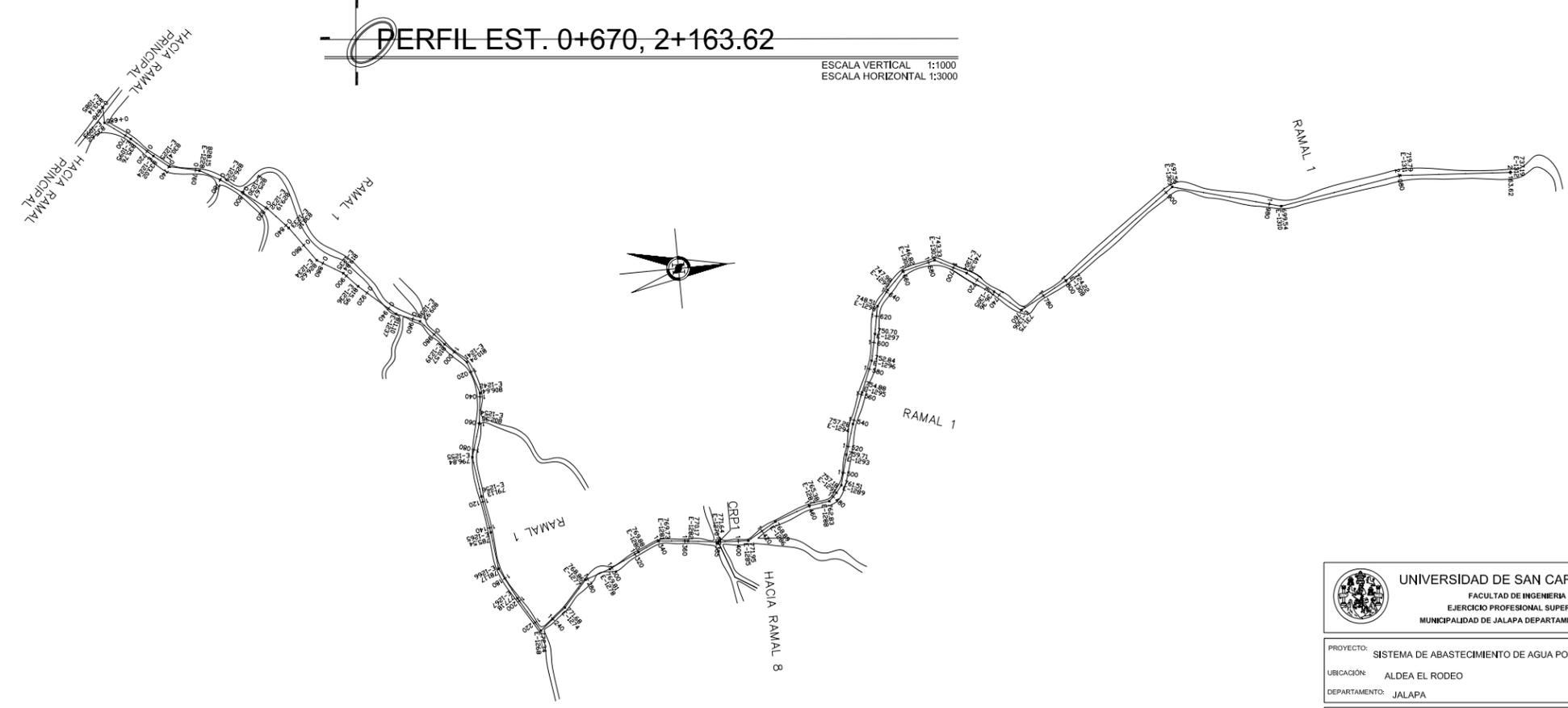
HOJA: 6/14



PERFIL EST. 0+670, 2+163.62
 ESCALA VERTICAL 1:1000
 ESCALA HORIZONTAL 1:3000

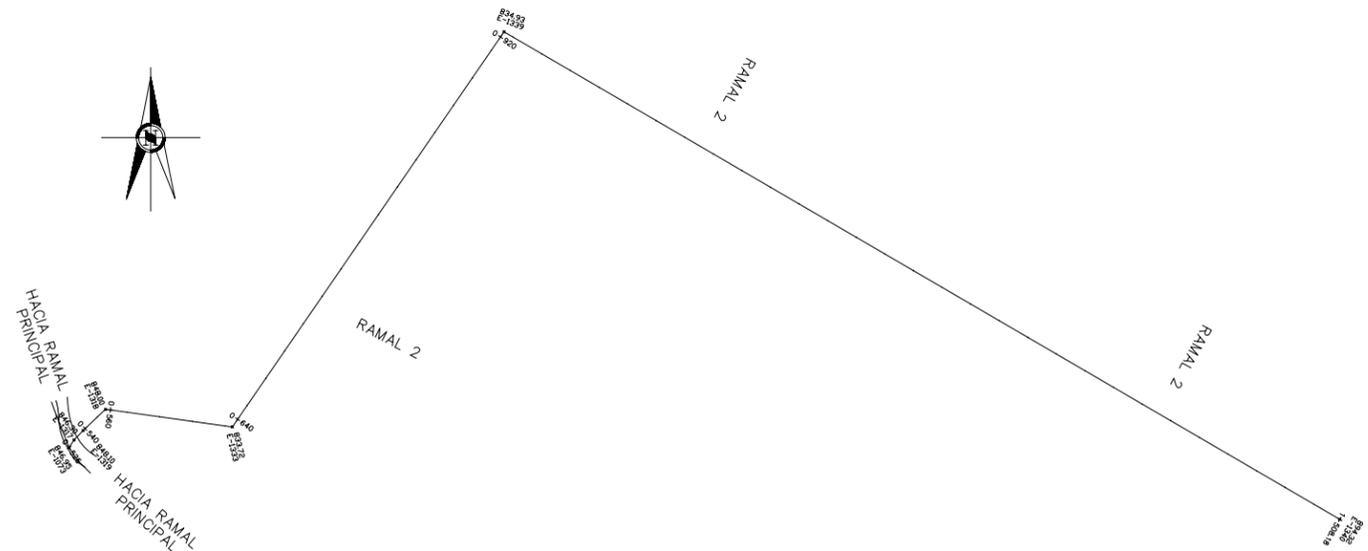
NOMENCLATURA

SIMBOLO	DESCRIPCIÓN
	CAMINO EXISTENTE
	TUBERIA A COLOCAR (PVC)
	LINEA PIEZOMETRICA
	TERRENO NATURAL
E-1032	ESTACIÓN TOPOGRAFICA
0+000	CAMINAMIENTO
CT=937.40	COTA DEL TERRENO
RAMAL - 1	TIPO DE RAMAL
CP=	COTA PIEZOMETRICA
Q=	CAUDAL QMD L/S
Ø	DIAMETRO DE TUBERIA
	(CRP1) CAJA ROMPE PRESION
	ATANQUE DE DISTRIBUCION



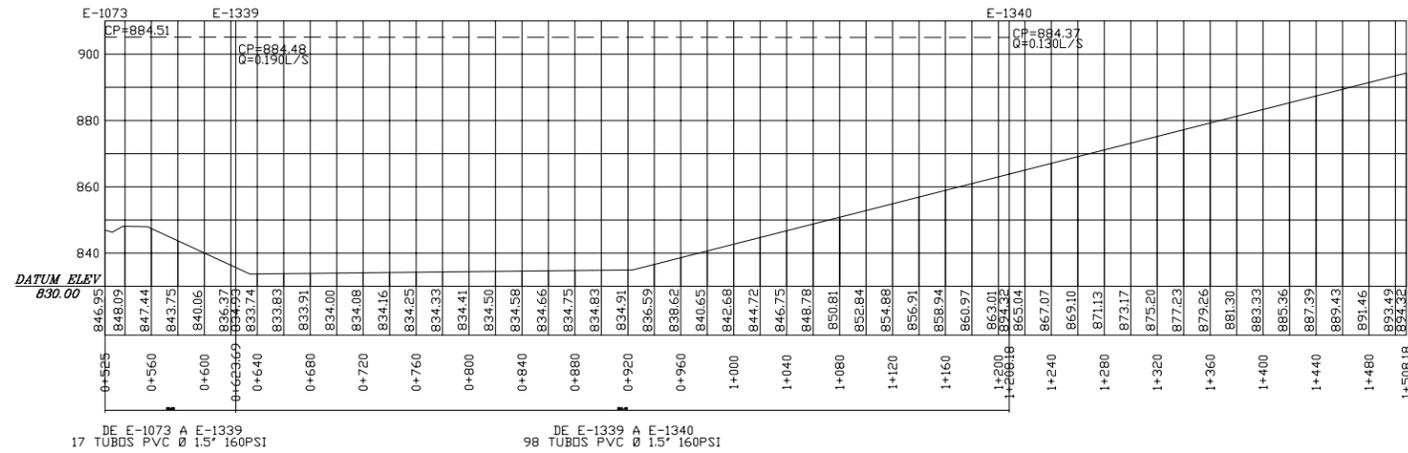
PLANTA RAMAL 1 EST. 0+670, 2+163.618
 ESCALA 1:2000

 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO MUNICIPALIDAD DE JALAPA DEPARTAMENTO DE JALAPA		
PROYECTO: SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE	FECHA: MAYO 2011	
UBICACIÓN: ALDEA EL RODEO	ESCALA: INDICADA	
DEPARTAMENTO: JALAPA		
CONTENIDO: PLANTA RAMAL 1 MAS PERFIL		
CÁLCULO Y DISEÑO: JOSÉ MARIO RECINOS AGUIÑO	DEBUIO: JOSÉ MARIO RECINOS AGUIÑO	HOJA:
Vs. Bc. ALCALDE:	ASESOR-SUPERVISOR: ING. JUAN MERCK COS	7/14



PLANTA RAMAL 2 EST. 0+525, 1+508.182

ESCALA 1:2000

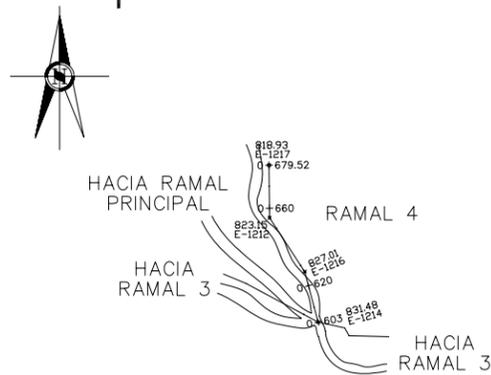


DE E-1073 A E-1339
17 TUBOS PVC Ø 1.5" 160PSI

DE E-1339 A E-1340
98 TUBOS PVC Ø 1.5" 160PSI

PERFIL EST. 0+525, 2+163.62

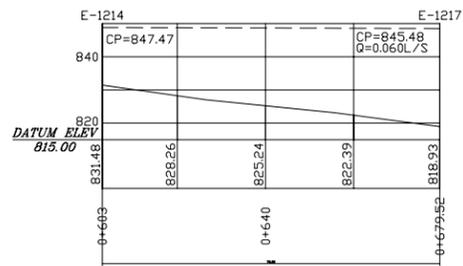
ESCALA VERTICAL 1:1000
ESCALA HORIZONTAL 1:2500



PLANTA RAMAL 4

EST. 0+603, 0+679.52

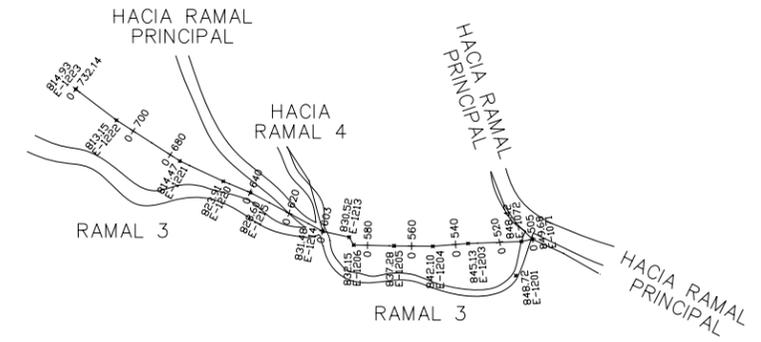
ESCALA 1:1500



DE E-1214 A E-1217
13 TUBOS PVC Ø 1/2" 315PSI

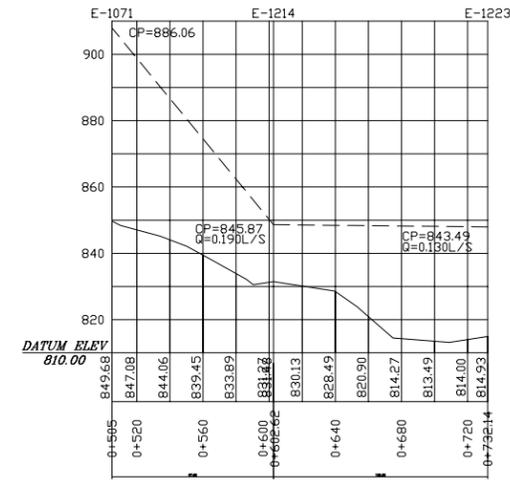
PERFIL EST. 0+603, 0+679.52

ESCALA VERTICAL 1:1000
ESCALA HORIZONTAL 1:750



PLANTA RAMAL 3 EST. 0+505, 0+732.14

ESCALA 1:1500



DE E-1071 A E-1214
17 TUBOS PVC Ø 1/2" 315PSI

DE E-1214 A E-1223
22 TUBOS PVC Ø 1/2" 315PSI

PERFIL EST. 0+505, 0+732.14

ESCALA VERTICAL 1:1000
ESCALA HORIZONTAL 1:2000

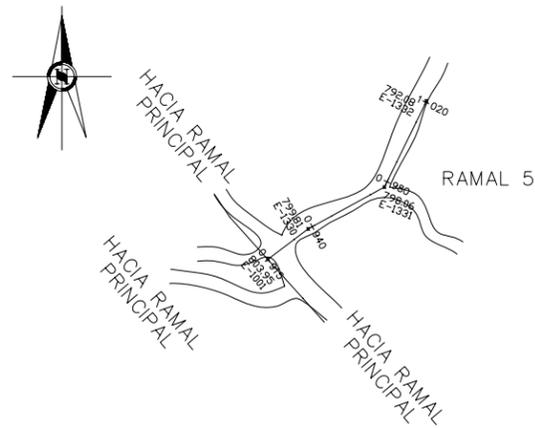
NOMENCLATURA

SIMBOLO	DESCRIPCIÓN
	CAMINO EXISTENTE
	TUBERIA A COLOCAR (PVC)
	LINEA PIEZOMETRICA
	TERRENO NATURAL
E-1032	ESTACIÓN TOPOGRAFICA
0+000	CAMINAMIENTO
CT=937.40	COTA DEL TERRENO
RAMAL - 1	TIPO DE RAMAL
CP=	COTA PIEZOMETRICA
Q=	CAUDAL QMD L/S
PSI	CAPACIDAD DE LOS TUBOS
Ø	DIAMETRO DE TUBERIA
	(CRP1) CAJA ROMPE PRESION
	ATANQUE DE DISTRIBUCION

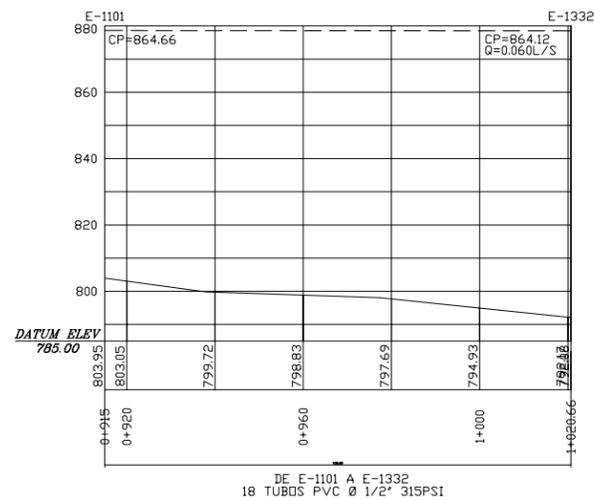
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
MUNICIPALIDAD DE JALAPA DEPARTAMENTO DE JALAPA

PROYECTO: SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE	FECHA: MAYO 2011
UBICACIÓN: ALDEA EL RODEO	ESCALA: INDICADA
DEPARTAMENTO: JALAPA	
CONTENIDO: PLANTA RAMAL 2, RAMAL 3, RAMAL 4 MAS PERFIL	
CÁLCULO Y DISEÑO: JOSÉ MARIO RECINOS AQUINO	DIBUJO: JOSÉ MARIO RECINOS AQUINO
Vo. Bo. ALCALDE:	ASESOR-SUPERVISOR: ING. JUAN MERCK COS

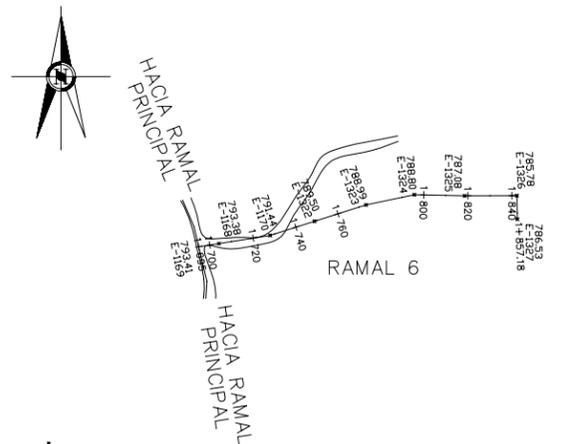
8/14



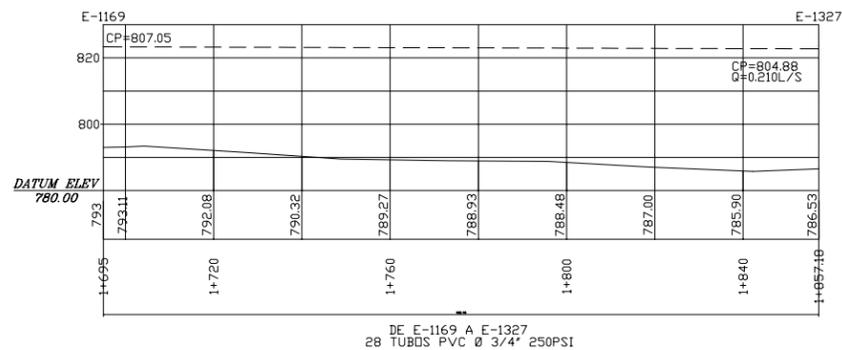
PLANTA RAMAL 5
EST. 0+915, 1+020.66
ESCALA 1:1500



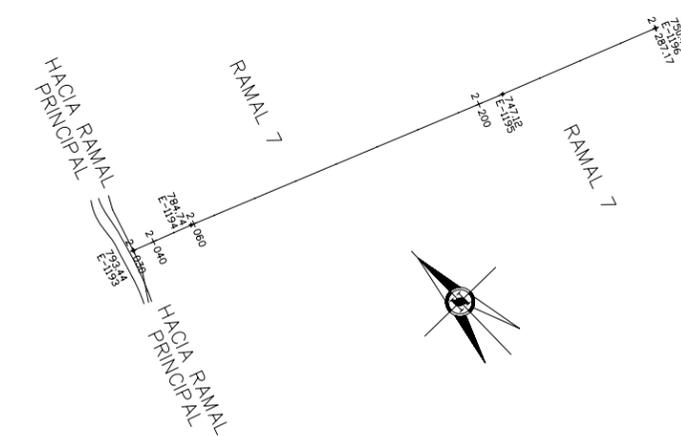
PERFIL EST. 0+915, 1+020.66
ESCALA VERTICAL 1:1000
ESCALA HORIZONTAL 1:750



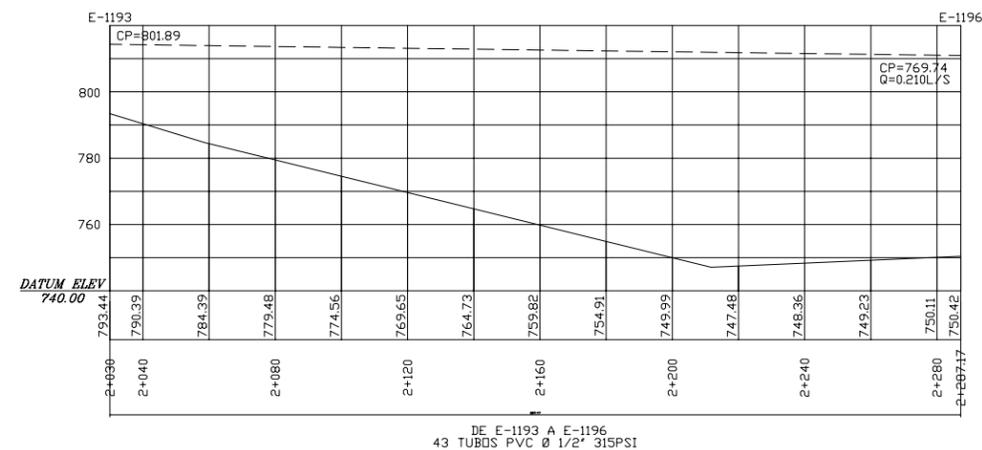
PLANTA RAMAL 6
EST. 1+695, 1+857.18
ESCALA 1:1500



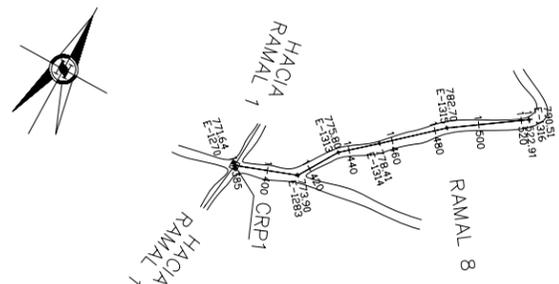
PERFIL EST. 1+695, 1+857.18
ESCALA VERTICAL 1:1000
ESCALA HORIZONTAL 1:750



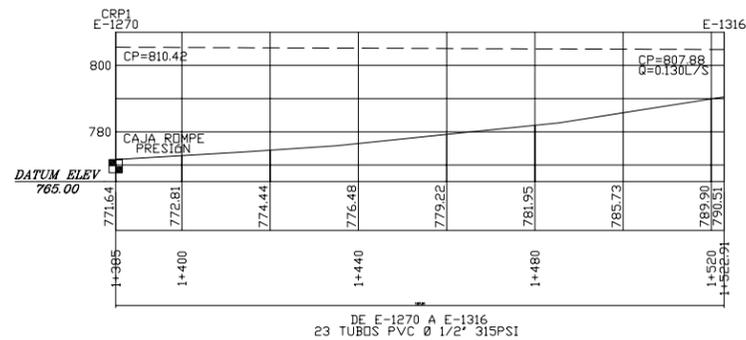
PLANTA RAMAL 7
EST. 2+030, 2+287.17
ESCALA 1:1500



PERFIL EST. 2+030, 2+287.17
ESCALA VERTICAL 1:1000
ESCALA HORIZONTAL 1:1000



PLANTA RAMAL 8
EST. 1+385, 1+522.91
ESCALA 1:1500



PERFIL EST. 1+385, 1+522.91
ESCALA VERTICAL 1:1000
ESCALA HORIZONTAL 1:750

NOMENCLATURA

SIMBOLO	DESCRIPCION
	CAMINO EXISTENTE
	TUBERIA A COLOCAR (PVC)
	LINEA PIEZOMETRICA
	TERRENO NATURAL
E-1032	ESTACION TOPOGRAFICA
0+000	CAMINAMIENTO
CT=937.40	COTA DEL TERRENO
RAMAL - 1	TIPO DE RAMAL
CP=	COTA PIEZOMETRICA
Q=	CAUDAL QMD L/S
PSI	CAPACIDAD DE LOS TUBOS
Ø	DIAMETRO DE TUBERIA
	(CRP) CAJA ROMPE PRESION
	ATANQUE DE DISTRIBUCION

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
MUNICIPALIDAD DE JALAPA DEPARTAMENTO DE JALAPA

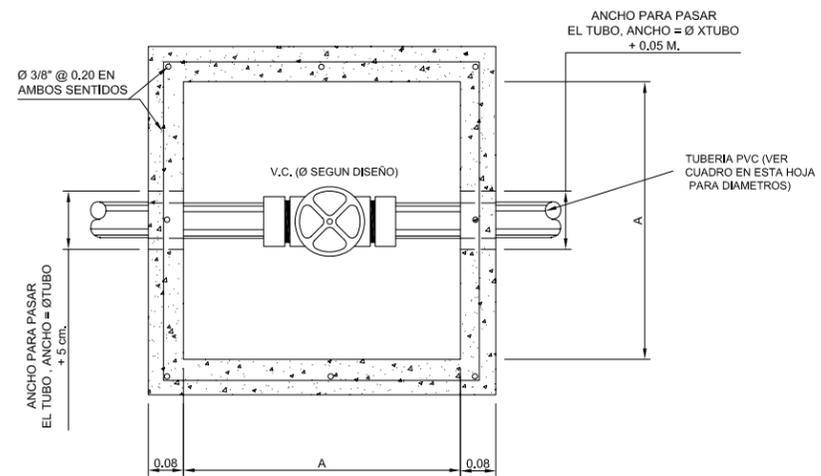
PROYECTO: SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE
UBICACION: ALDEA EL RODEO
DEPARTAMENTO: JALAPA

FECHA: MAYO 2011
ESCALA: INDICADA

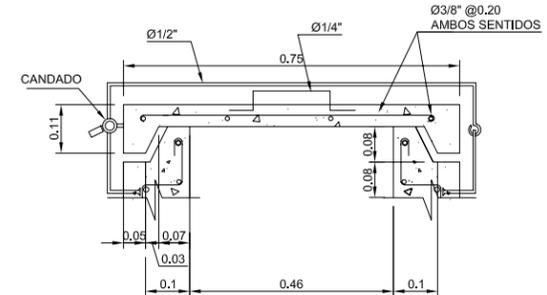
CONTENIDO: PLANTA RAMALES 5, 6, 7, 8 MAS PERFILES

CALCULO Y DISEÑO: JOSÉ MARIO RECINOS AQUINO
DIBUJO: JOSÉ MARIO RECINOS AQUINO
Hoja: 9/14

Vo. Bo. ALCALDE:
ASESOR-SUPERVISOR: ING. JUAN MERCK COS



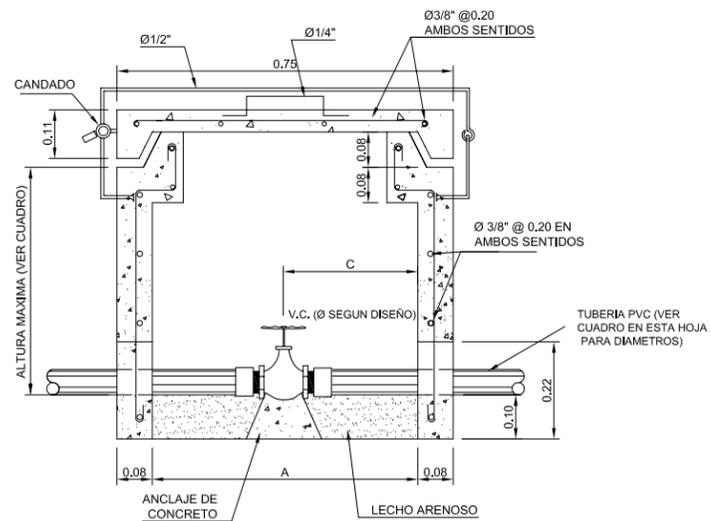
PLANTA



DET. DE TAPADERA DE CAJAS DE VALVULAS

- NOTAS:
- 1) LAS DIMENSIONES DE LA CAJA ESTAN DADAS EN METROS.
 - 2) EL SUELO DE SOPORTE DE LA VALVULA HA DE SER ARENOSO.
 - 3) LAS PAREDES Y TAPA DE LA CAJA SE CONSTRUIRAN DE CONCRETO
F_c = 210 Kg/cm²
 - 4) EL ACERO DE REFUERZO SERA GRADO 40 ksi.

- NOTAS:
- A = DIMENSION INTERIOR
 - B = DIMENSION DE TAPADERA
 - C = POSICION DE VALVULA (A/2)

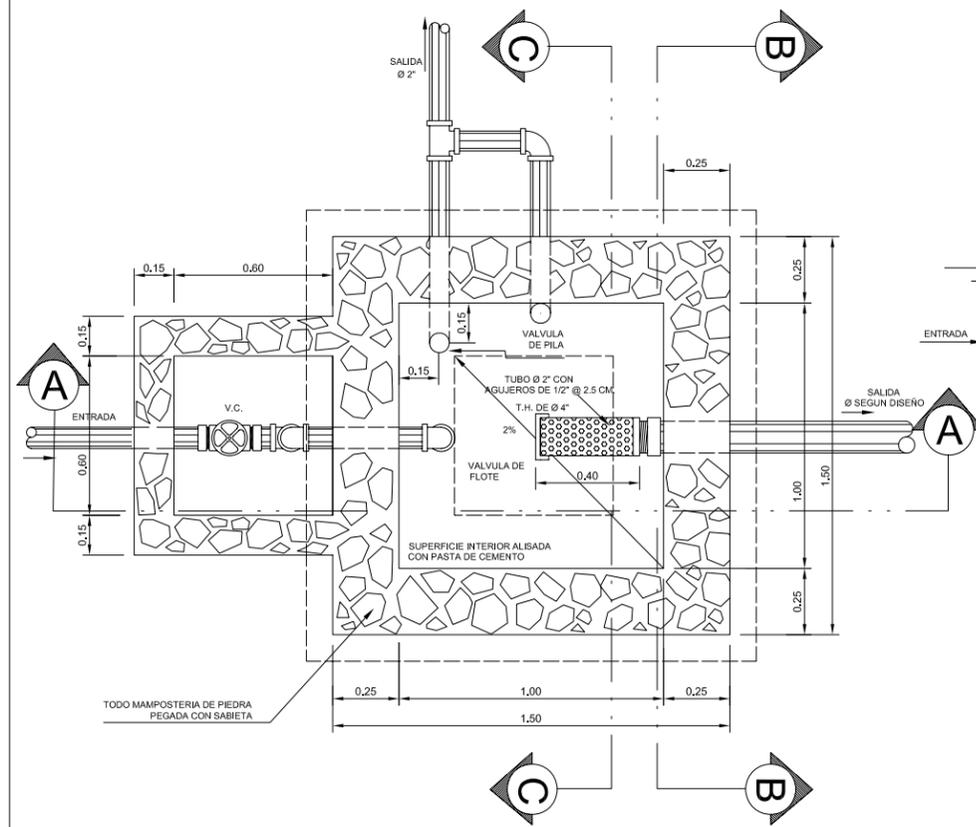


ELEVACION

CAJA DE CONCRETO

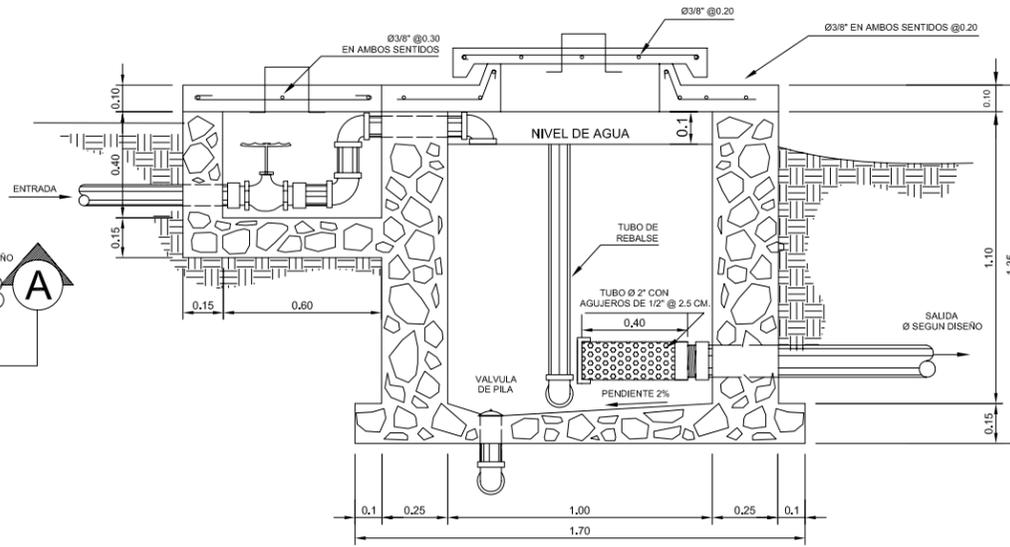
DIMENSIONES				
Ø	A	B	C	ALTURA MAXIMA
2"	0.50	0.58	0.25	0.40
2 1/2"	0.60	0.68	0.30	0.50
3"	0.70	0.78	0.35	0.60
4"	1.00	1.08	0.50	0.70

 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO MUNICIPALIDAD DE JALAPA DEPARTAMENTO DE JALAPA			
PROYECTO:	SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE	FECHA:	MAYO 2011
UBICACIÓN:	ALDEA EL RODEO	ESCALA:	INDICADA
DEPARTAMENTO:	JALAPA		
CONTENIDO:	CAJA Y TAPADERA PARA VALVULAS		
CÁLCULO Y DISEÑO:	JOSÉ MARIO RECINOS AQUINO	DIBUJO:	JOSÉ MARIO RECINOS AQUINO
Vs. Bº ALCALDE:		ASESOR-SUPERVISOR:	ING. JUAN MERCK COS
			10/14



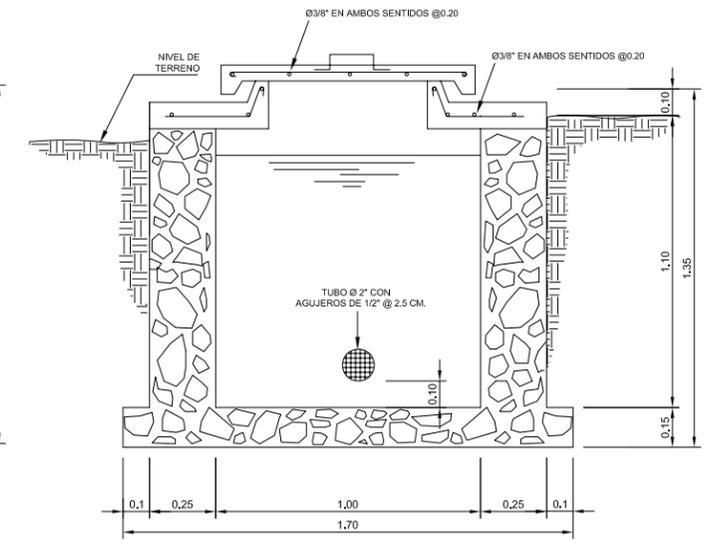
PLANTA

ESCALA 1:12.5



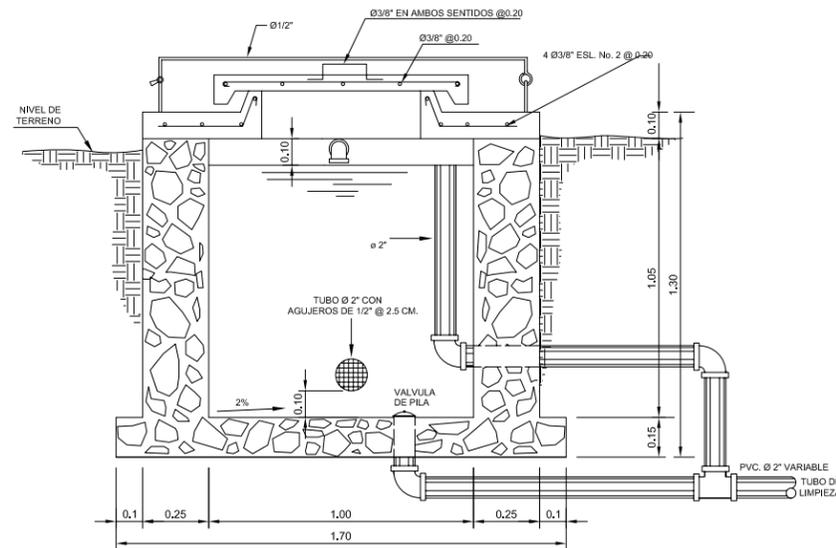
SECCION A-A'

ESCALA 1:12.5



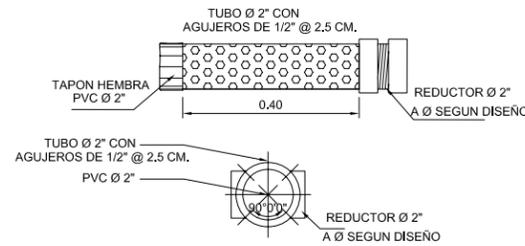
SECCION B-B'

ESCALA 1:12.5



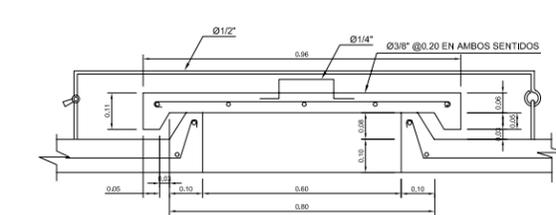
SECCION C-C'

ESCALA 1:12.5



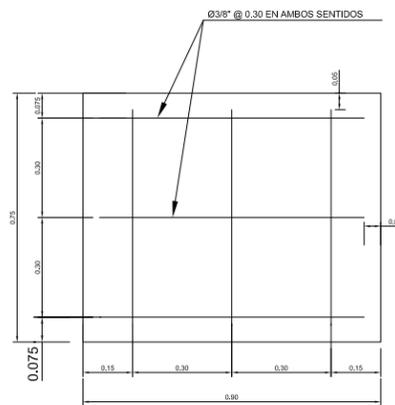
DETALLE DE TUBO PVC. PERFORADO

SIN ESCALA



DETALLE DE TAPADERA 1

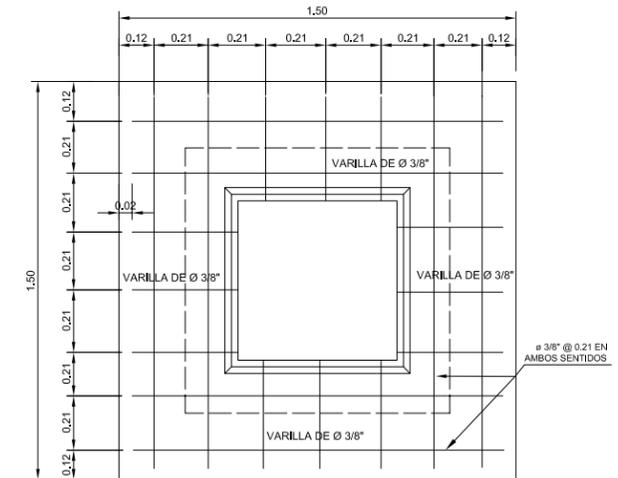
ESCALA 1:10



DETALLE DE TAPADERA 2

ESCALA 1:10

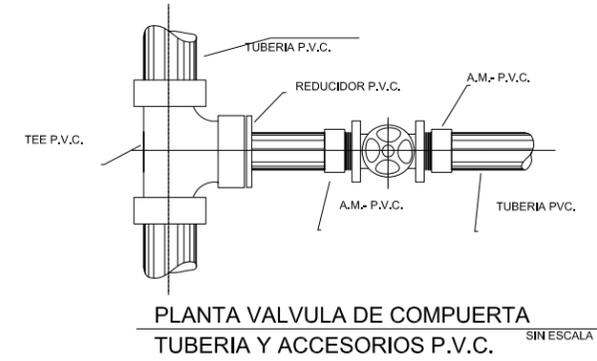
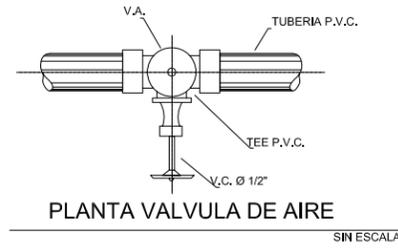
ESPECIFICACIONES	
FLOTE	MATERIALES: CUERPO Y VARILLA DE BRONCE SELLO DE CAUCHO; PELOTA DE COBRE.
PRESION DE TRABAJO	100 LBS./PUL. ² EN ROSCAS
INSTALACION	HORIZONTAL DESVIACION MAXIMA PERMITIDA 45 GRADOS.
MAMPOSTERIA	67% PIEDRA, 33% SABIETA 1:2- CONCRETO= Fc 3 Ksl ACERO DE REFUERZO Fy=40 Ksl.
EL DIAMETRO DE LA TUBERIA DE REBALSE SERA MAYOR QUE EL DIAMETRO DE LA TUBERIA DE ENTRADA Y EL MINIMO SERA 2"	
TODAS LAS MEDIDAS ESTAN EN METROS.	



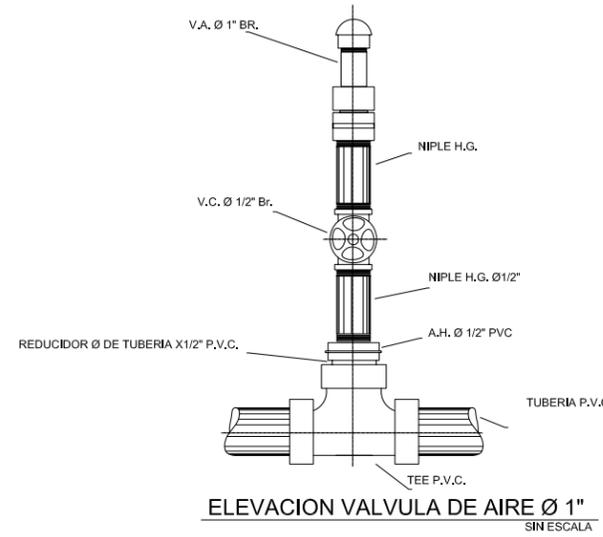
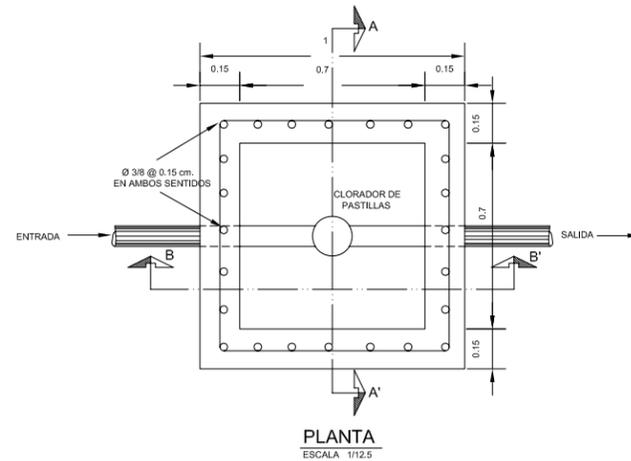
DETALLE DE LOSA

ESCALA 1:12.5

 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO MUNICIPALIDAD DE JALAPA DEPARTAMENTO DE JALAPA			
PROYECTO:	SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE	FECHA:	MAYO 2011
UBICACION:	ALDEA EL RODEO	ESCALA:	INDICADA
DEPARTAMENTO:	JALAPA		
CONTENIDO:	CAJA ROMPE PRESION DE 1 METRO CÚBICO DE MAMPOSTERIA		
CÁLCULO Y DISEÑO:	JOSÉ MARIO RECINOS AQUINO	DIBUJO:	JOSÉ MARIO RECINOS AQUINO
Vs. Bc. ALCALDE:		ASESOR-SUPERVISOR:	ING. JUAN MERCK COS
			11/14

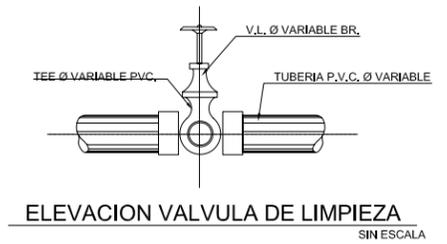
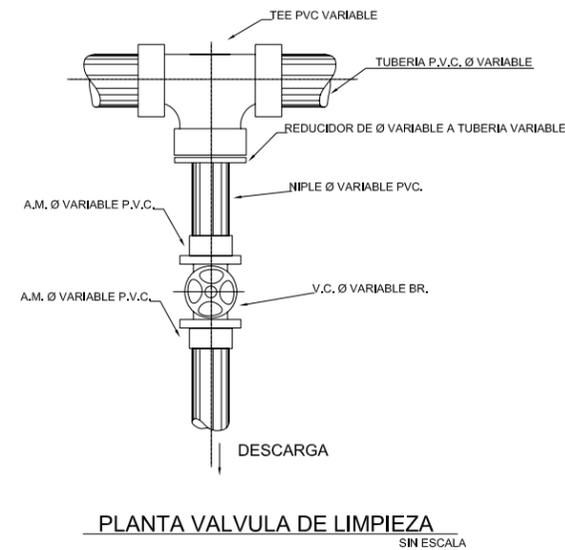
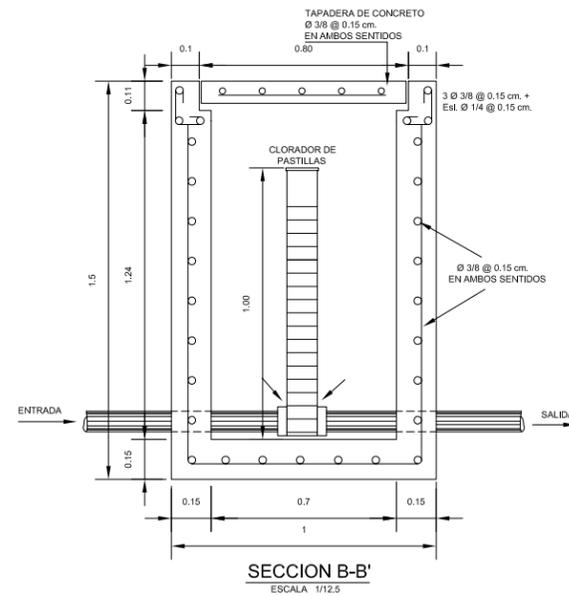
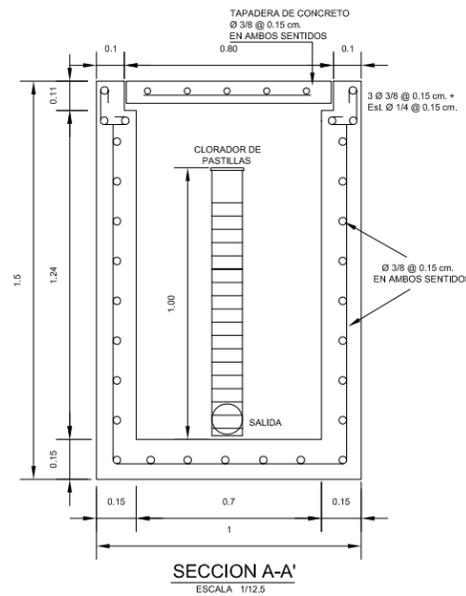
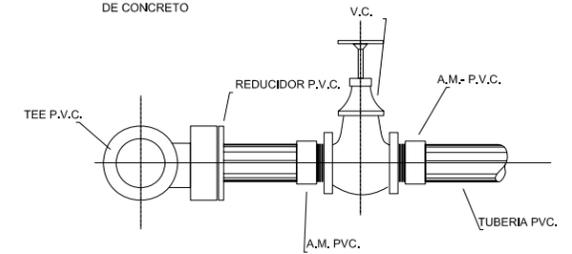


REFERENCIAS	
P.V.C.	CLORURO DE POLIVINILO
H.G.	HIERRO GALVANIZADO
V.C.	VALVULA DE COMPUERTA
A.M.	ADAPTADOR MACHO
V.A.	VALVULA DE AIRE
A.H.	ADAPTADOR HEMBRA

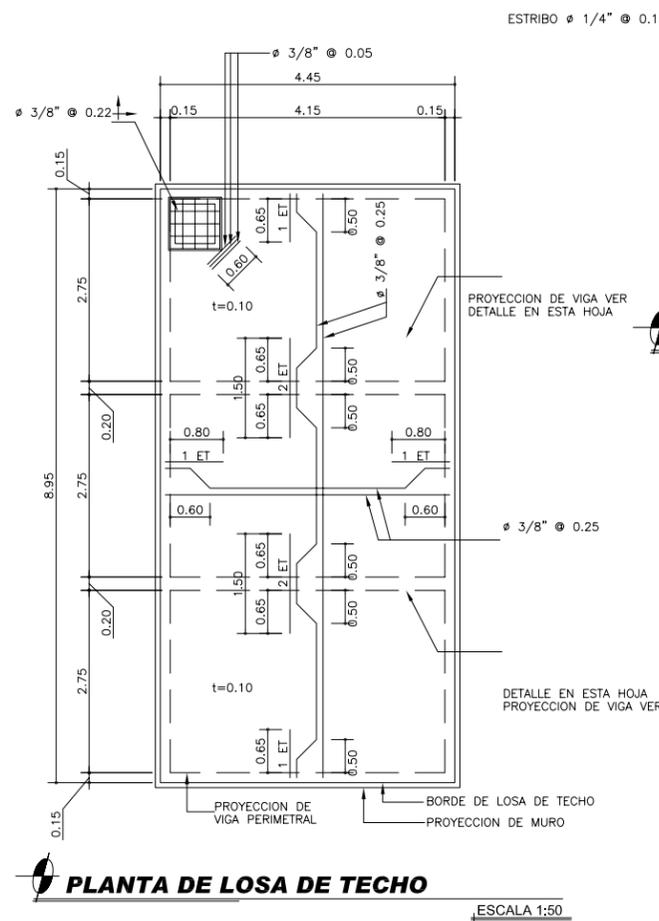
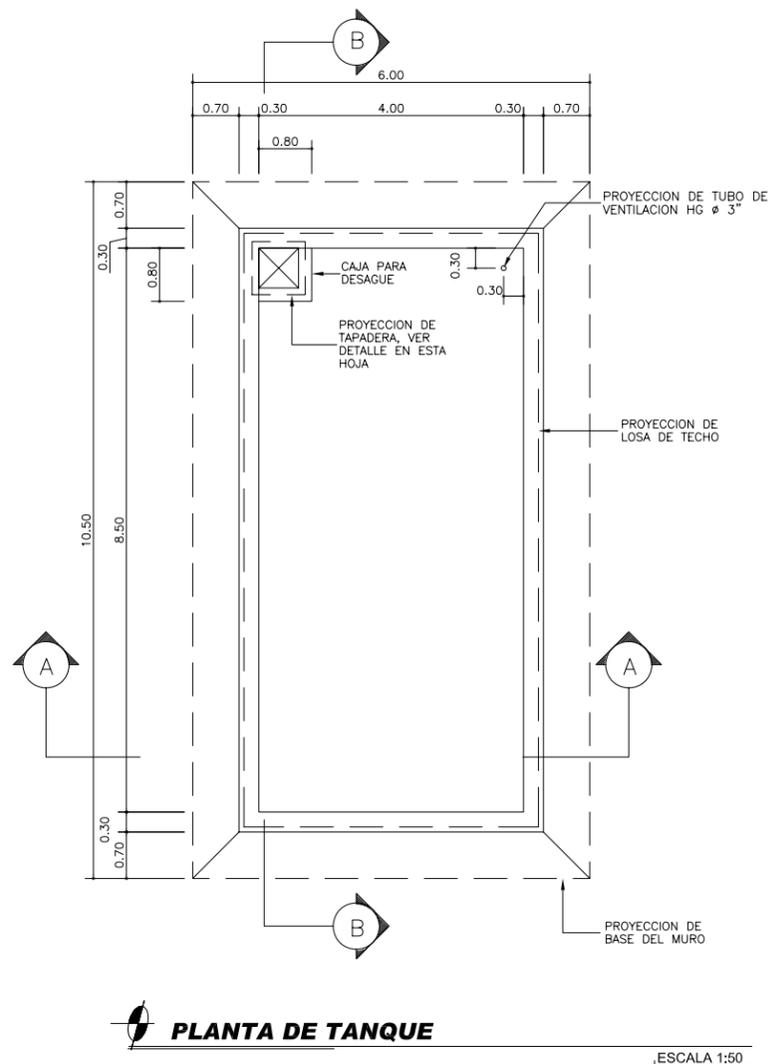


NOTA

TODAS LAS VALVULAS DE LIMPIEZA SERAN VALVULAS DE COMPUERTA, LAS CUALES SE PROTEGEN CON CAJAS DE CONCRETO

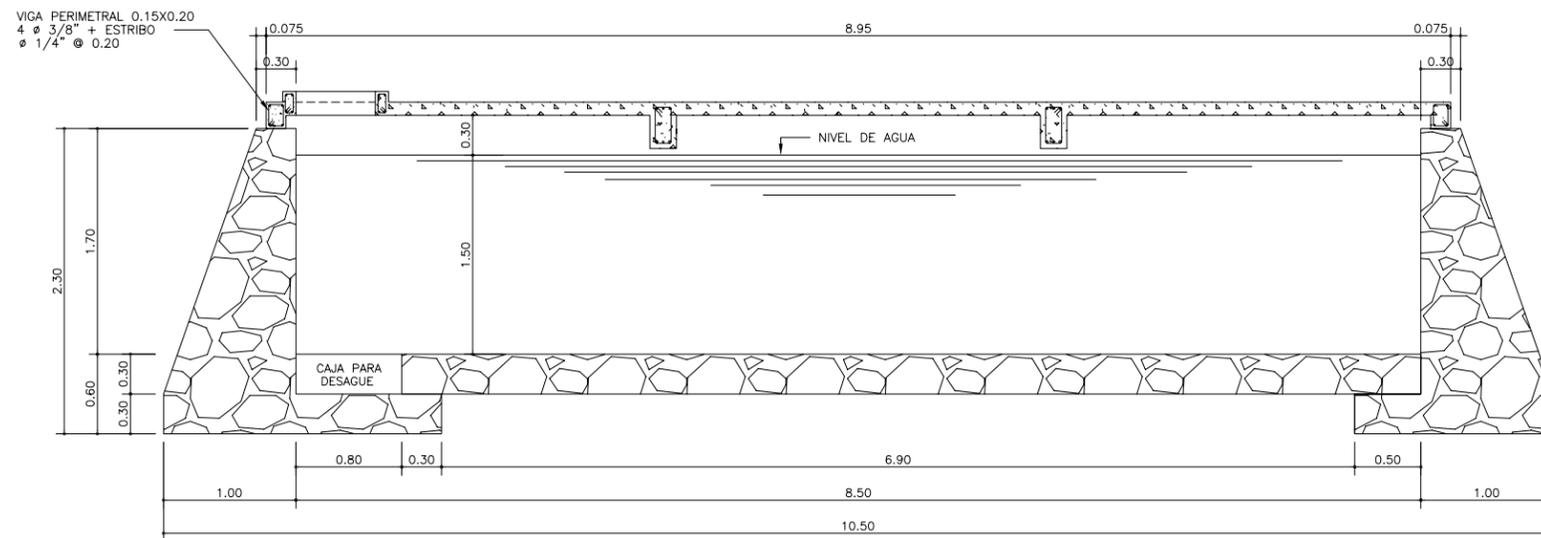
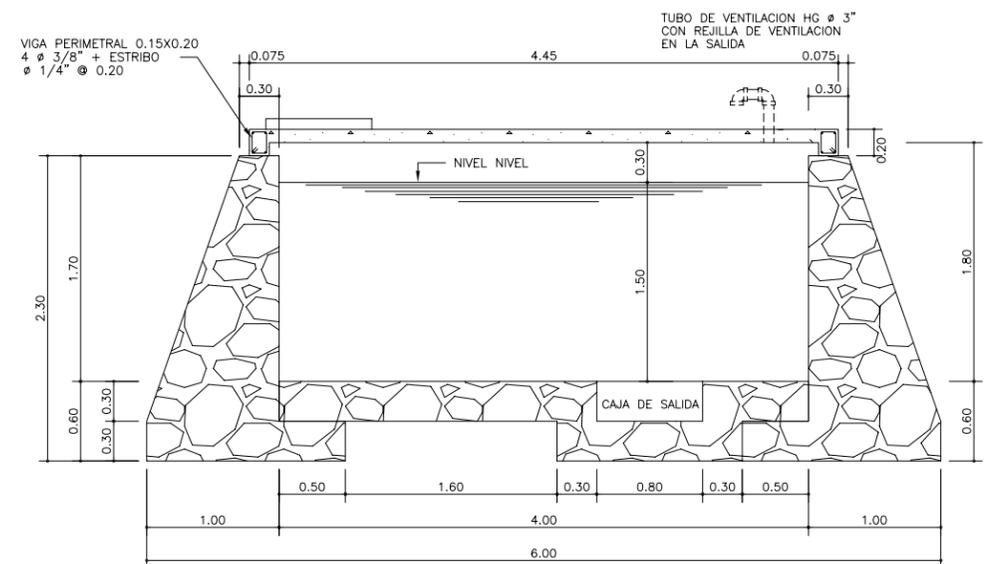
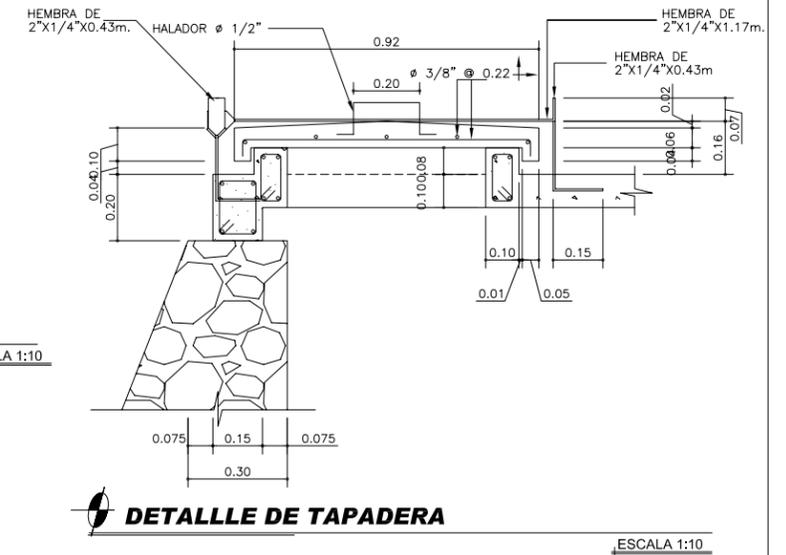


 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO MUNICIPALIDAD DE JALAPA DEPARTAMENTO DE JALAPA			
PROYECTO:	SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE	FECHA:	MAYO 2011
UBICACION:	ALDEA EL RODEO	ESCALA:	INDICADA
DEPARTAMENTO:	JALAPA		
CONTENIDO:	DETALLE DE INSTALACION DE VALVULAS DE AIRE, LIMPIEZA Y COMPUERTA, CLORADOR DE PASTILLAS		
CALCULO Y DISEÑO:	JOSÉ MARIO RECINOS AQUINO	DIBUJO:	JOSÉ MARIO RECINOS AQUINO
Vo. Bn. ALCALDE:		ASESOR-SUPERVISOR:	ING. JUAN MERCK COS
			12/14



DETALLE DE VIGA

ESCALA 1:10

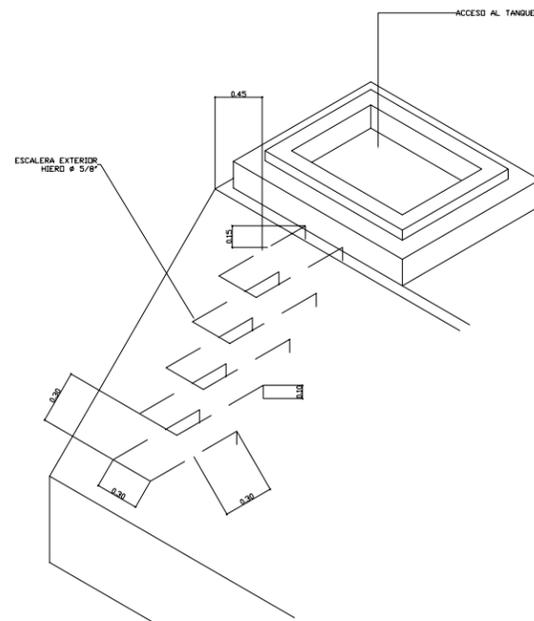


NOTAS GENERALES

- MATERIALES**
- 1' CONCRETO: SE USARA CONCRETO CON ESFUERZO DE RUPTURA A COMPRESION DE 210 Kg/cm² (3000 lb/Pig²) A LOS 28 DIAS DDD
 - 2' ACERO DE REFUERZO: SE USARA ACERO DE REFUERZO DE $f_y = 2810 \text{ Kg/cm}^2$ (GRADO 40 KSI) ESPECIFICACION ASTM A615 DDD
 - 3' VARIOS: LOS MUROS ESTAN DISENADOS PARA TRABAJAR TANTO SOBRE COMO BAJO TIERRA.
 - 4' TODAS LAS DIMENSIONES ESTAN DADAS EN METROS.
 - 5' LOS RECUBRIMIENTOS SERAN DE 3cm. EXCEPTO DONDE SE INDIQUE LO CONTRARIO Y ESTE SE MEDIRA ENTRE EL ROSTRO DE LA BARRA Y LA SUPERFICIE DE CONCRETO.
 - 6' EL TERRENO BAJO LA LOSA DEL PISO DEBERA SER PERFECTAMENTE APISONADO.
 - 7' LA LOSA DEL TECHO DEBERA TENER UNA PENDIENTE DE 1% HACIA LOS LADOS.
 - 8' LOS MUROS DE PIEDRA DEBERAN IMPERMEABILIZARSE EN SUS CARAS INTERIORES POR MEDIO DE UNA CAPA DE SABIETA DE CEMENTO ARENA PROPORCION (1:2), DEBIDAMENTE ALISADA.
 - 9' LA SUPERFICIE DE LAS LOSAS DE CONCRETO DEBERAN QUEDAR CERRIDAS CON CEMENTO ARENA.
 - 10' LOS MUROS DEL TANQUE SERAN DE MAMPOSTERIA: 67% PIEDRA BOLA 33% SABIETA-CEMENTO-ARENA 1:2
 - 11' EL RECUBRIMIENTO EN LA LOSA SERA DE 0.03m.

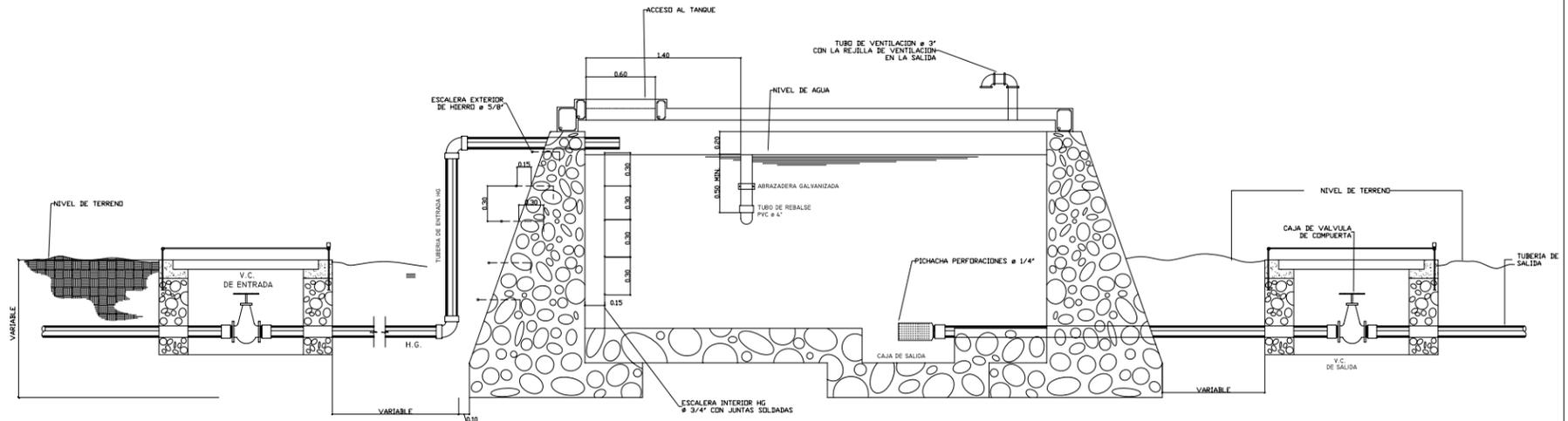
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
MUNICIPALIDAD DE JALAPA DEPARTAMENTO DE JALAPA

PROYECTO: SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE	FECHA: MAYO 2011
UBICACION: ALDEA EL RODEO	ESCALA: INDICADA
DEPARTAMENTO: JALAPA	
CONTENIDO: TANQUE DE 50M ³	
CALCULO: JOSÉ MARIO RECINOS AQUINO	DIBUJO: JOSÉ MARIO RECINOS AQUINO
Hoja No.: ALCALDE:	ASESOR-SUPERVISOR: ING. JUAN MERCK COS
	13/14



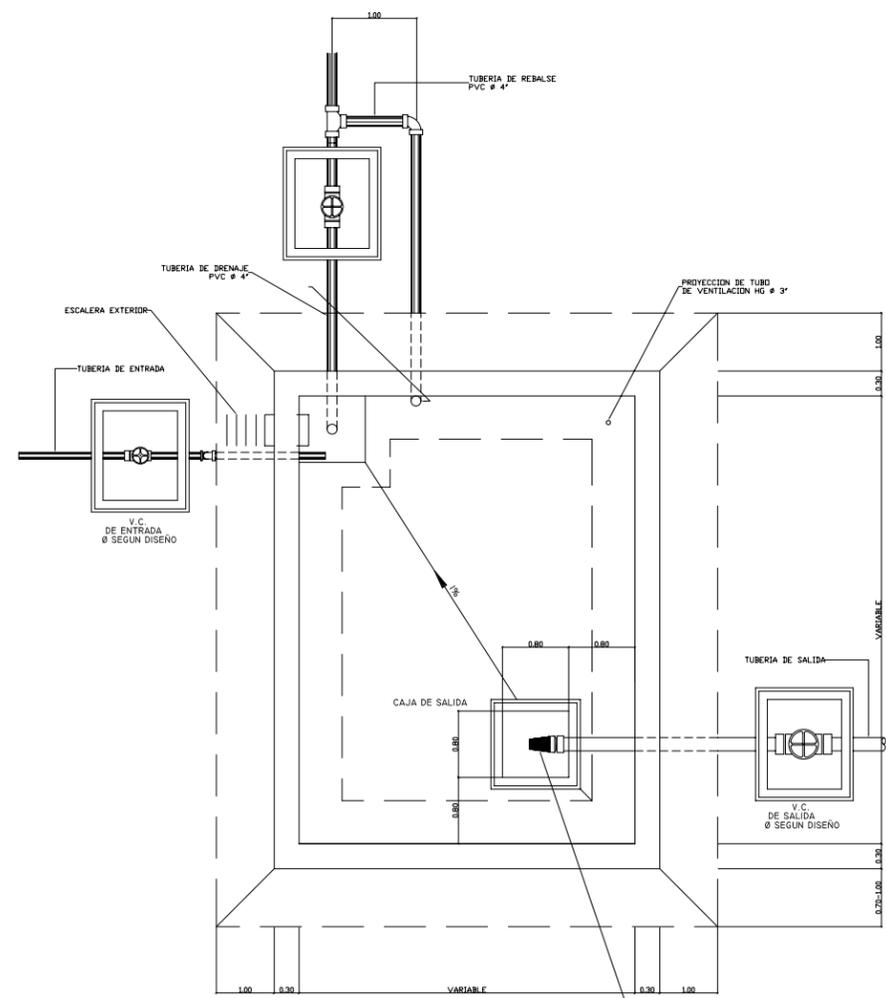
ISOMETRICO DE ESCALERA EXTERIOR

SIN ESCALA



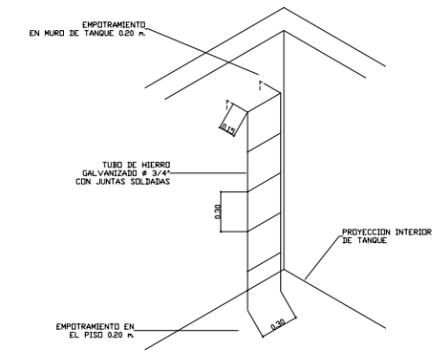
SECCION A-A

ESCALA 1:10



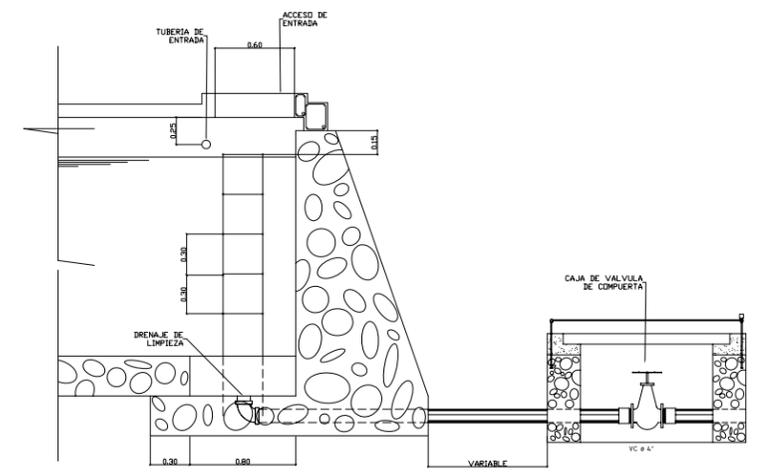
PLANTA TIPICA DE TANQUE DE DISTRIBUCION

SIN ESCALA



ISOMETRICO DE ESCALERA INTERIOR

SIN ESCALA

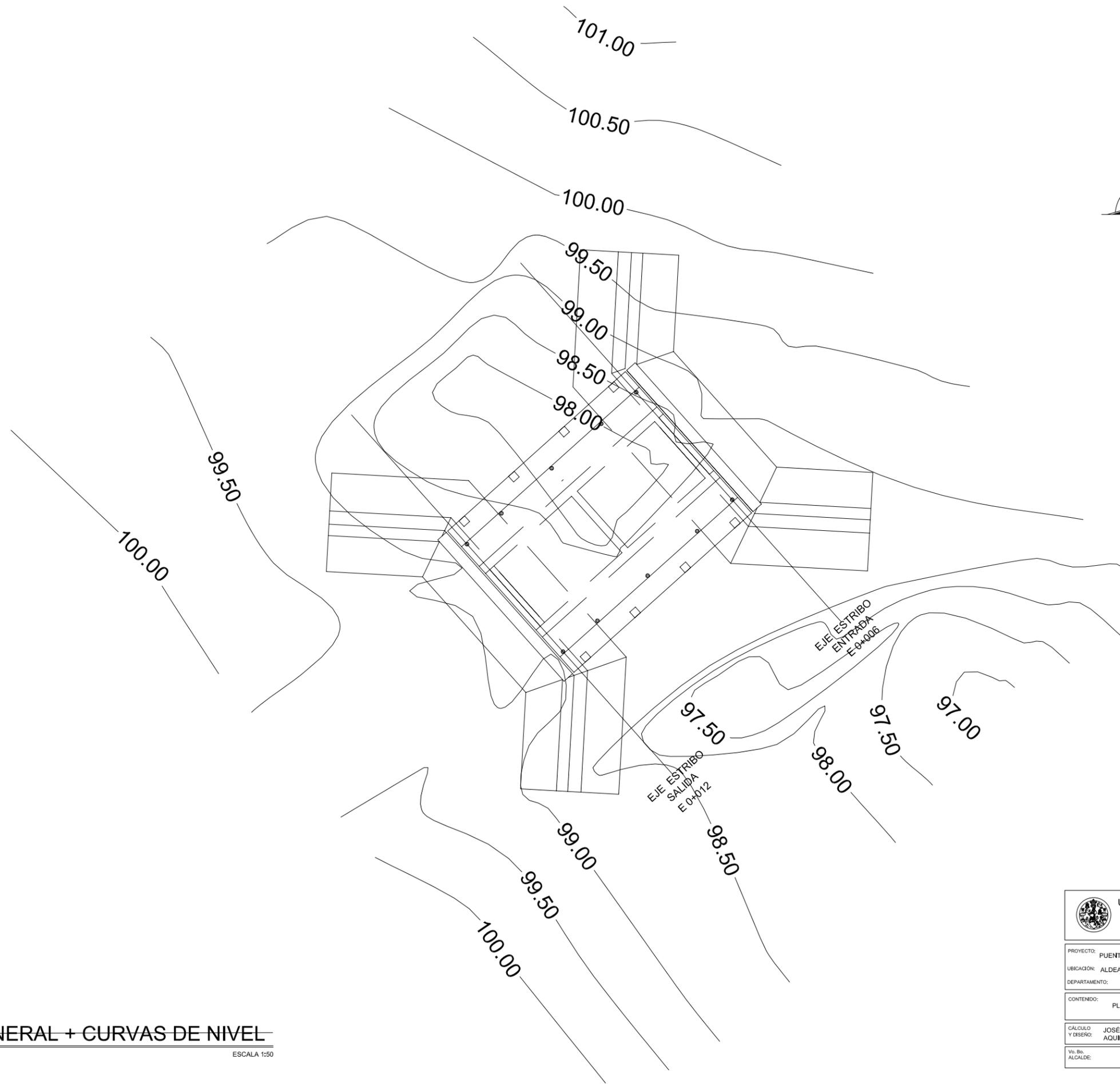


SECCION B-B

ESCALA 1:10

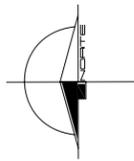
NOTAS:
 PARA DETALLE DE CAJAS DE VALVULAS VER PLANO
 TIPICO DE CAJA PARA VALVULAS DE (VALVULA DE AIRE)
 EL DIAMETRO DE LA TUBERIA DE DRENAJE Y REBALSE
 DE 5 A 20 METROS CUBICOS ES DE 3" Y DE 30" A
 75 METROS CUBICOS ES DE 4"

 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO MUNICIPALIDAD DE JALAPA DEPARTAMENTO DE JALAPA			
PROYECTO:	SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE	FECHA:	MAYO 2011
UBICACION:	ALDEA EL RODEO	ESCALA:	INDICADA
DEPARTAMENTO:	JALAPA		
CONTENIDO:	TANQUE DE DISTRIBUCION DE 50M3 DE MAMPOSTERIA DETALLE GENERALES		
CALCULO Y DISEÑO:	JOSÉ MARIO RECINOS AQUINO	DIBUJO:	JOSÉ MARIO RECINOS AQUINO
Vo. Bo. ALCALDE:	ASESOR-SUPERVISOR:	ING. JUAN MERCK COS	
			HOJA: 14/14



PLANTA GENERAL + CURVAS DE NIVEL
 ESCALA 1:50

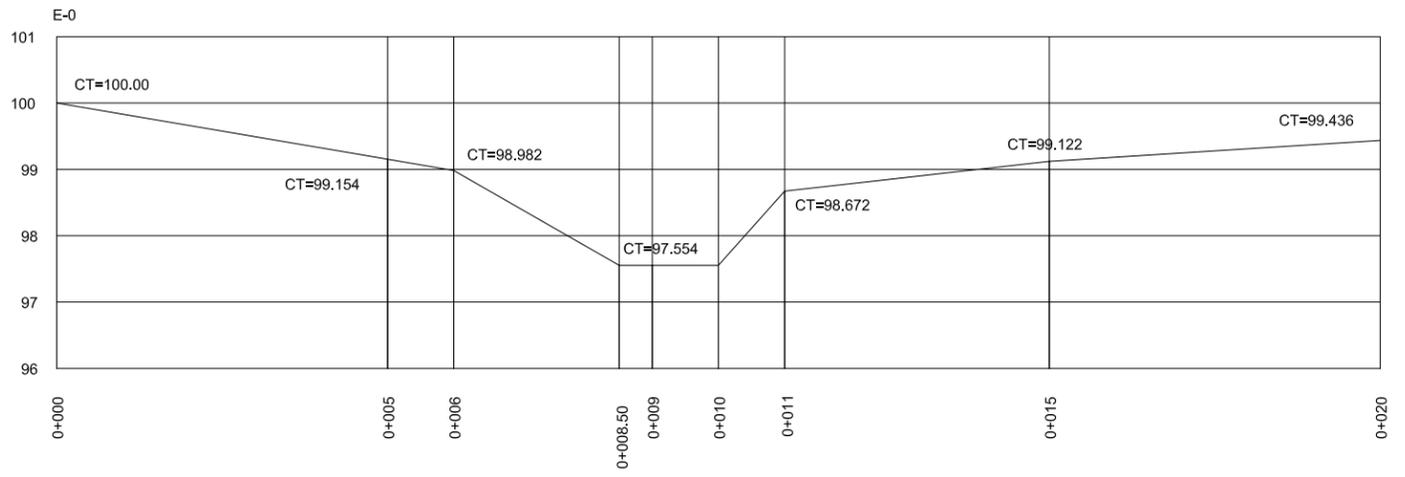
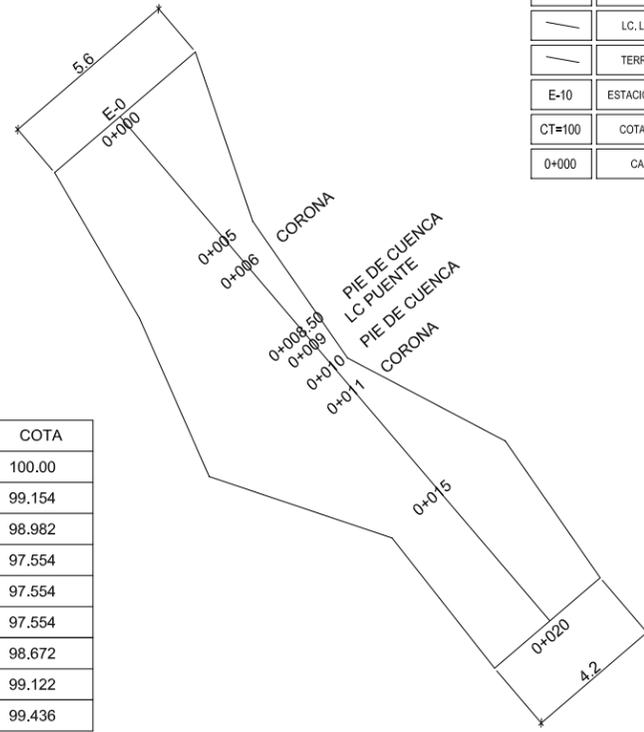
 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO MUNICIPALIDAD DE JALAPA DEPARTAMENTO DE JALAPA			
PROYECTO:	PUENTE VEHICULAR	FECHA:	MAYO 2011
UBICACION:	ALDEA LA PAZ	ESCALA:	INDICADA
DEPARTAMENTO:	JALAPA		
CONTENIDO:	PLANTA GENERAL + CURVAS DE NIVEL		
CÁLCULO Y DISEÑO:	JOSE MARIO RECINOS AQUINO	DIBUJO:	JOSE MARIO RECINOS AQUINO
Vs. Bn. ALCALDE:		ASESOR-SUPERVISOR:	ING. JUAN MERCK COS
			Hoja: 1/6



NOMENCLATURA

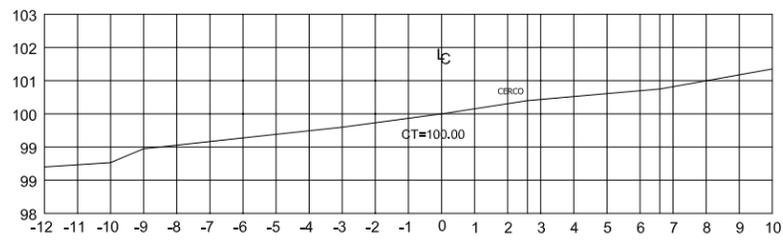
SIMBOLO	DESCRIPCIÓN
	LC, LINEA CENTRAL
	TERRENO NATURAL
E-10	ESTACIÓN TOPOGRAFICA
CT=100	COTA DEL TERRENO
0+000	CAMINAMIENTO

E.	P.O.	D. H.	D. A.	AZIMUT	COTA
0	0	0+000.00	0+000.00	0°0'0"	100.00
0	5	0+000.00	0+005.00	229°28'40"	99.154
0	6	0+001.00	0+006.00	229°28'40"	98.982
0	8,50	0+002.50	0+008.50	229°28'40"	97.554
0	9	0+000.50	0+009.00	229°28'40"	97.554
0	10	0+001.00	0+010.00	229°28'40"	97.554
0	11	0+001.00	0+011.00	229°28'40"	98.672
0	15	0+004.00	0+015.00	229°28'40"	99.122
0	20	0+005.00	0+020.00	229°28'40"	99.436

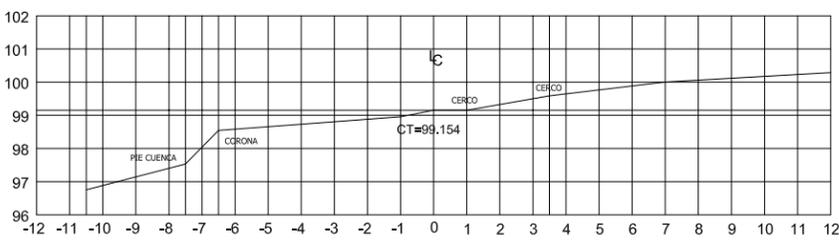


PLANTA GENERAL EST. 0+000, 0+020
ESCALA 1:100

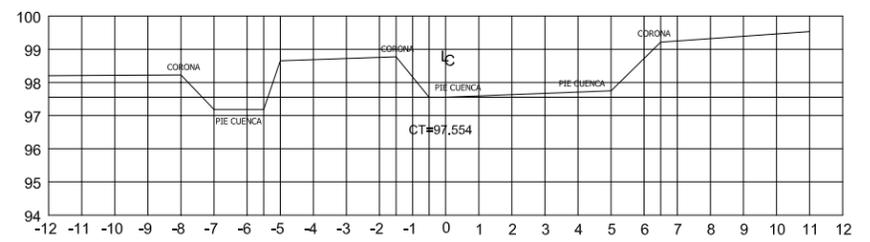
PERFIL EST. 0+000, 0+020
ESCALA VERTICAL 1:50
ESCALA HORIZONTAL 1:50



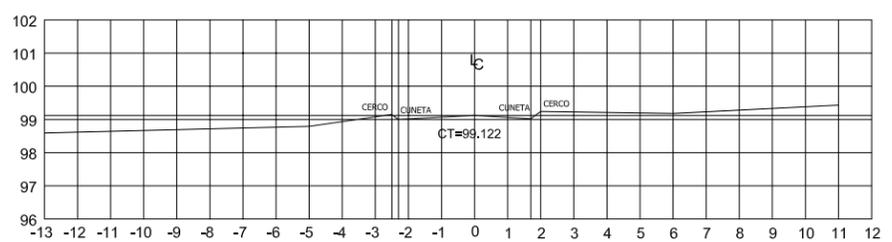
SECCION 0+000
ESCALA VER. 1:100
ESCALA HOR. 1:100



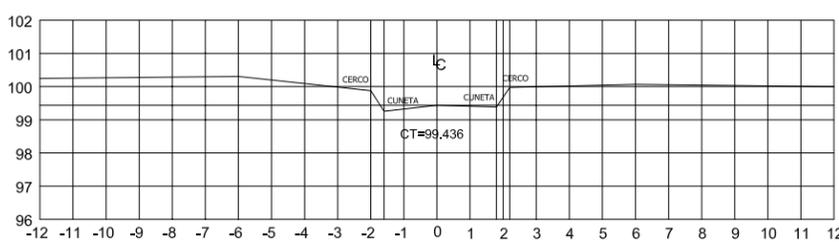
SECCION 0+005
ESCALA VER. 1:100
ESCALA HOR. 1:100



SECCION 0+010
ESCALA VER. 1:100
ESCALA HOR. 1:100



SECCION 0+015
ESCALA VER. 1:100
ESCALA HOR. 1:100



SECCION 0+020
ESCALA VER. 1:100
ESCALA HOR. 1:100

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO MUNICIPALIDAD DE JALAPA DEPARTAMENTO DE JALAPA		
PROYECTO: PUENTE VEHICULAR	FECHA: MAYO 2011	
UBICACIÓN: ALDEA LA PAZ	ESCALA: INDICADA	
DEPARTAMENTO: JALAPA		
CONTENIDO: PLANTA + PERFILES Y SECCIONES		
CÁLCULO Y DISEÑO: JOSÉ MARIO RECINOS AQUINO	DEBUIJO: JOSÉ MARIO RECINOS AQUINO	HOJA:
Vic. Sr. ALCALDE:	ASESOR-SUPERVISOR: ING. JUAN MERCK COS	2/6

0+000

0+005

0+006

0+008.50

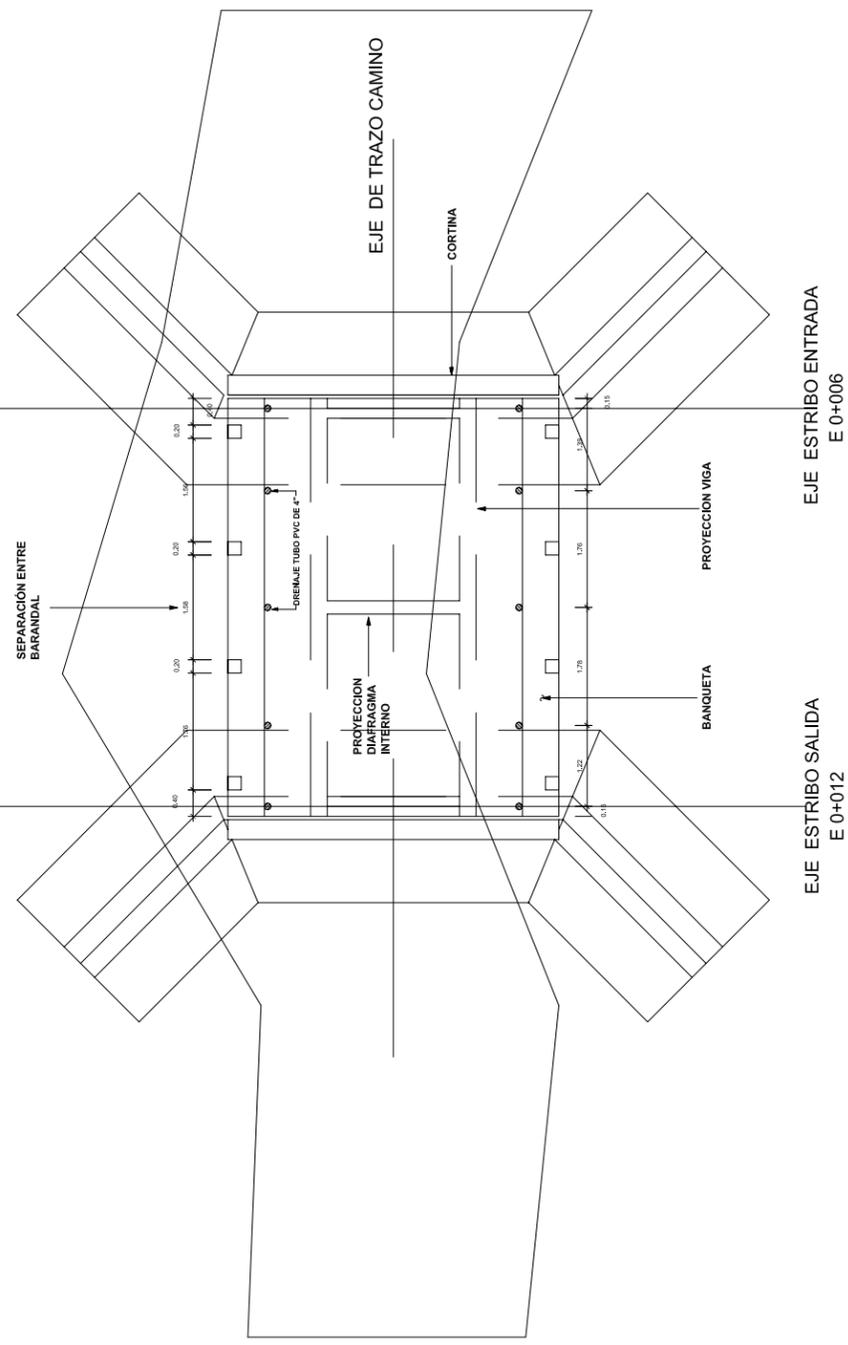
0+009

0+010

0+012

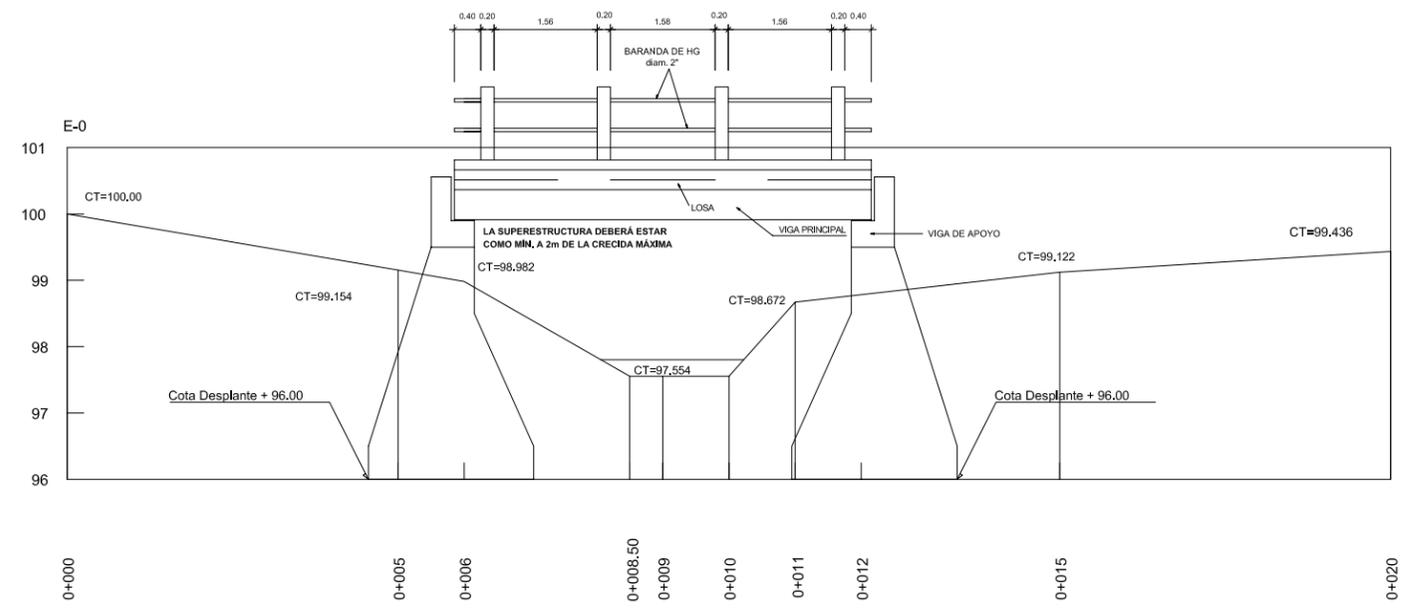
0+015

0+020



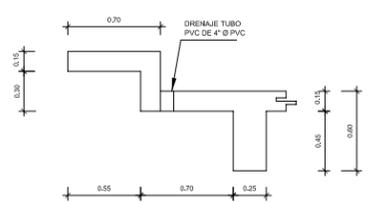
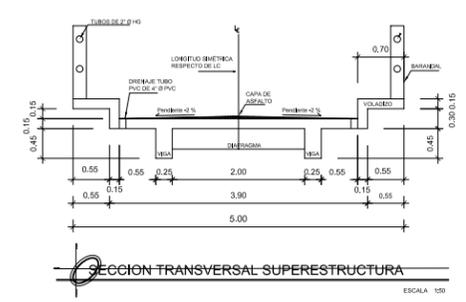
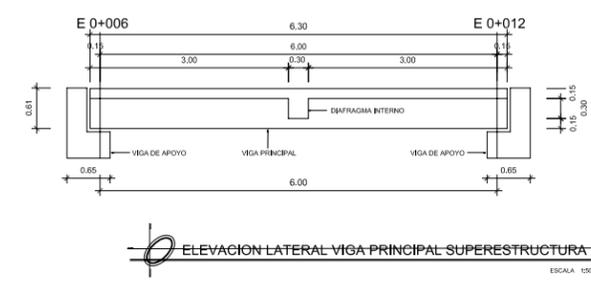
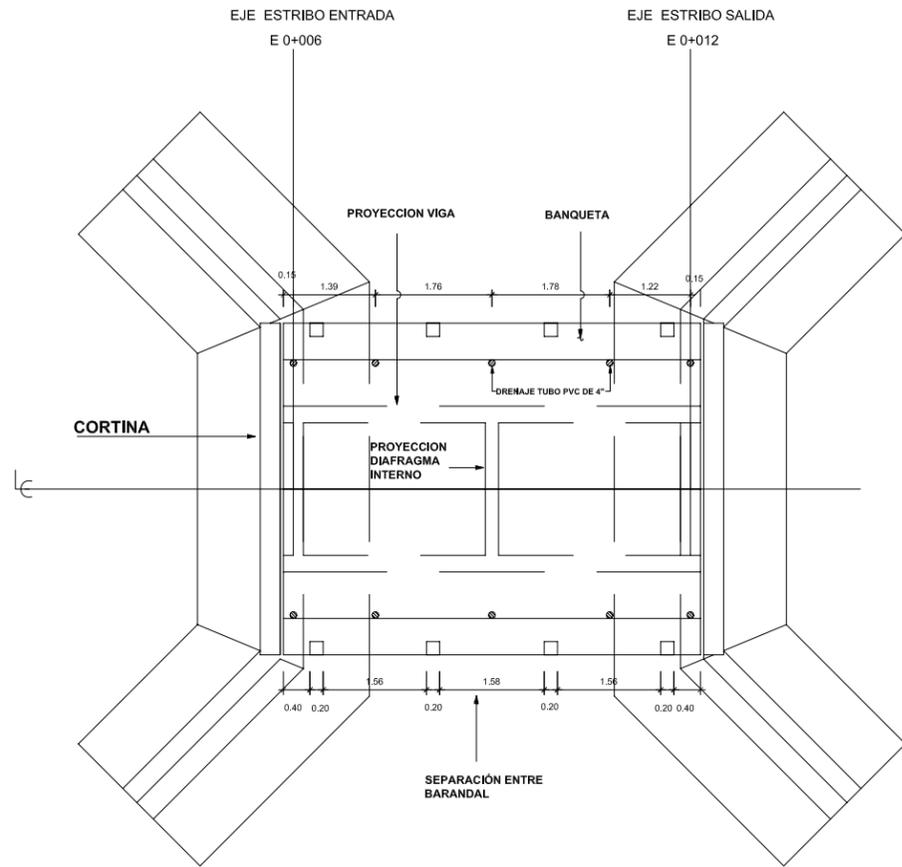
PLANTA PUENTE
ESCALA 1:50

ESTACION 0+006.00 ESTACION 0+012.00

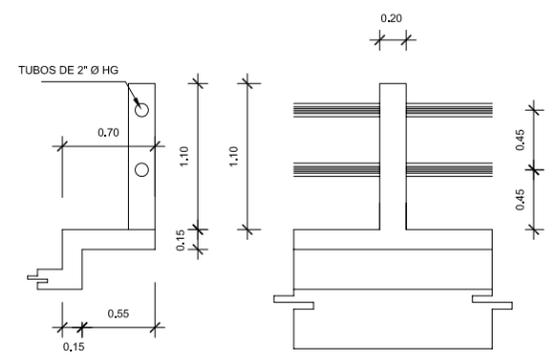


PERFIL ELEVACION LONGITUDINAL
ESCALA VERTICAL 1:50
ESCALA HORIZONTAL 1:50

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO MUNICIPALIDAD DE JALAPA DEPARTAMENTO DE JALAPA			
PROYECTO:	PUENTE VEHICULAR	FECHA:	MAYO 2011
UBICACION:	ALDEA LA PAZ	ESCALA:	INDICADA
DEPARTAMENTO:	JALAPA		
CONTENIDO: PLANTA Y PERFIL PUENTE LUZ DE 6,00 M			
CÁLCULO Y DISEÑO:	JOSÉ MARIO RECINOS AQUINO	DIBUJO:	JOSÉ MARIO RECINOS AQUINO
Vs. Bn. ALCALDE:		ASESOR-SUPERVISOR:	ING. JUAN MERCK COS
			3/6

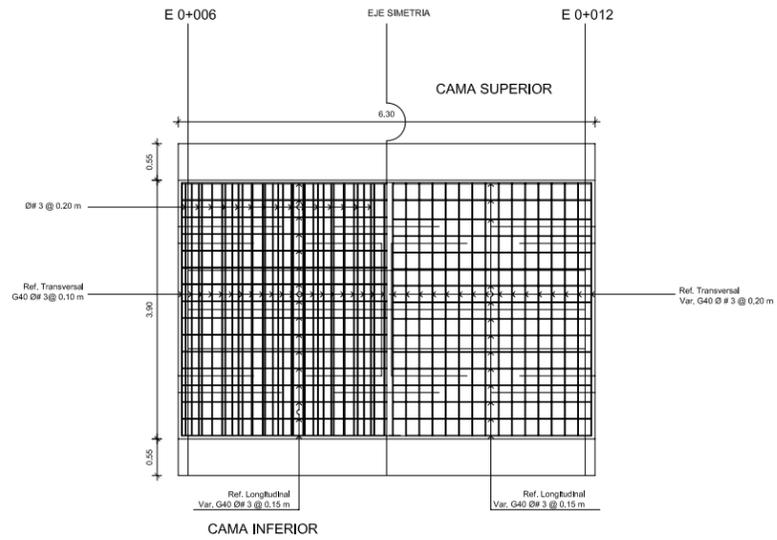


DETALLE BANQUETA Y VIGA PRINCIPAL SECCION SUPERESTRUCTURA
ESCALA: 1/25

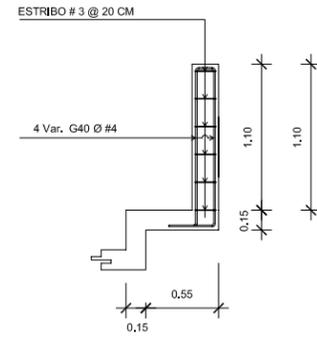


DETALLE DE BARANDAL SUPERESTRUCTURA
ESCALA: 1/25

 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO MUNICIPALIDAD DE JALAPA DEPARTAMENTO DE JALAPA			
PROYECTO:	PUENTE VEHICULAR	FECHA:	MAYO 2011
UBICACION:	ALDEA LA PAZ	ESCALA:	INDICADA
DEPARTAMENTO:	JALAPA		
CONTENIDO:	GEOMETRIA Y DETALLES SUPERESTRUCTURA		
CÁLCULO Y DISEÑO:	JOSÉ MARIO RECINOS AQUINO	DIBUJO:	JOSÉ MARIO RECINOS AQUINO
Vs. Bº ALCALDE:	ASESOR-SUPERVISOR:	ING. JUAN MERCK COS	4/6

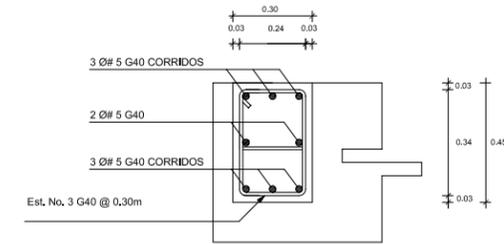


PLANTA ARMADO DE LOSA
ESCALA 1:50

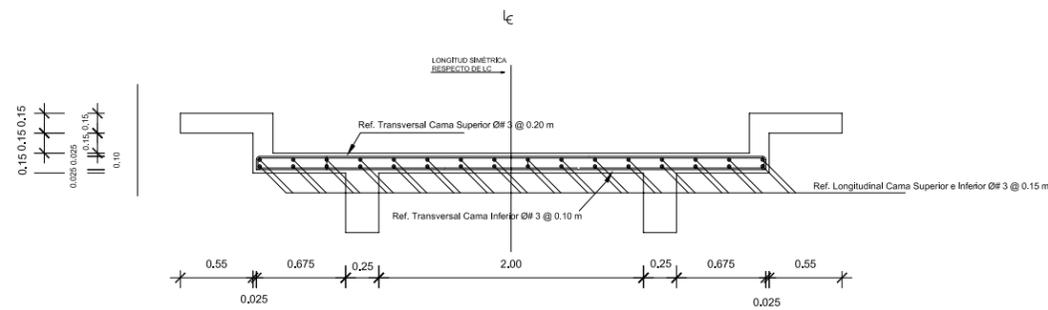


ELEVACION TRANSVERSAL

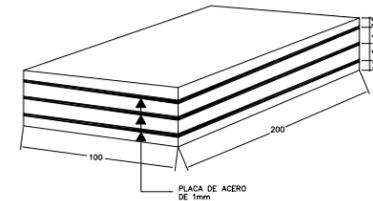
DETALLE ARMADO DE POSTE DE CONCRETO EN BARANDA
ESCALA 1:25



ARMADO DE DIAFRAGMA INTERNO
ESCALA 1:25



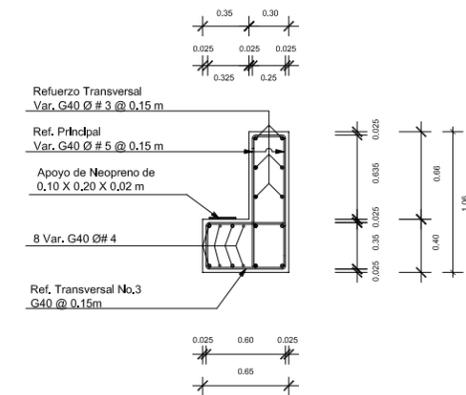
SECCION TRANSVERSAL ARMADO DE LOSA
ESCALA 1:25



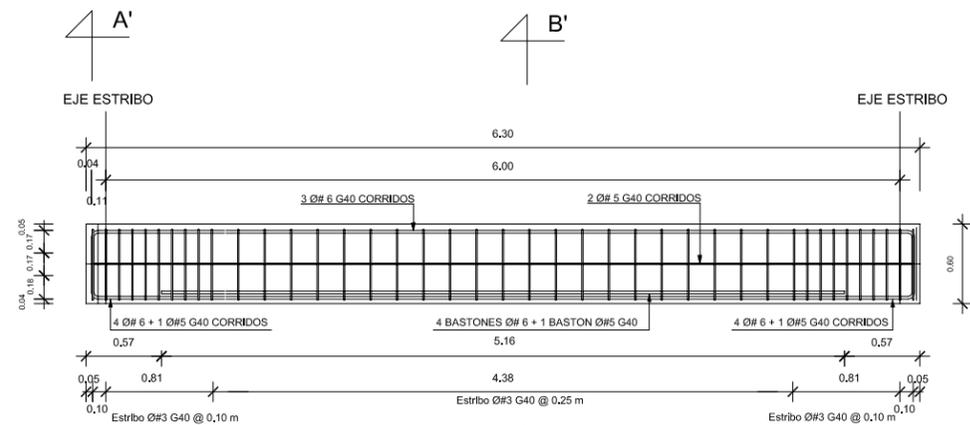
DETALLE NEOPRENO REFORZADO
SIN ESCALA

NOTA:

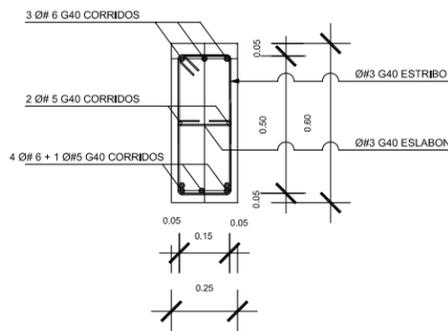
- El tamaño del apoyo del neopreno es de 10cmx20cm
- El espesor total del apoyo será de 2cm, el cual lo constituirán 2 capas de neopreno de 5mm, 2 capas de neopreno de 3,5mm y 3 láminas de acero de 1mm de espesor.
- Las medidas en el detalle del apoyo estan dadas en mm.
- El neopreno será puro de dureza "A" 60



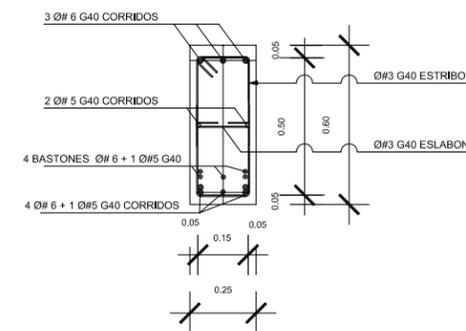
ARMADO DE CORTINA Y VIGA DE APOYO
ESCALA 1:25



ELEVACION VIGA PRINCIPAL
ESCALA 1:25



SECCION A-A'
ESCALA 1:25



SECCION B-B'
ESCALA 1:25

DETALLE ARMADO DE VIGA PRINCIPAL
ESCALA 1:25

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO MUNICIPALIDAD DE JALAPA DEPARTAMENTO DE JALAPA			
PROYECTO:	PUENTE VEHICULAR	FECHA:	MAYO 2011
UBICACION:	ALDEA LA PAZ	ESCALA:	INDICADA
DEPARTAMENTO:	JALAPA		
CONTENIDO:	PLANTA + ARMADO + DETALLES SUPERESTRUCTURA		
CÁLCULO Y DISEÑO:	JOSÉ MARIO RECINOS AQUINO	DIBUJO:	JOSÉ MARIO RECINOS AQUINO
Vs. Bn. ALCALDE:	ASESOR-SUPERVISOR:	ING. JUAN MERCK COS	5/6

