



**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO
PARA LA COLONIA CHINCHILLA Y PUENTE VEHICULAR PARA
LA COLONIA LOS LAURELES, MUNICIPIO DE JALAPA, JALAPA**

LUIS ERNESTO TÉLLEZ LIMA
Asesorado por Ing. Juan Merck Cos

Guatemala, octubre de 2004

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA
COLONIA CHINCHILLA Y PUENTE VEHICULAR PARA LA COLONIA LOS
LAURELES, MUNICIPIO DE JALAPA, JALAPA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA

FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

LUIS ERNESTO TÉLLEZ LIMA

ASESORADO POR: ING. JUAN MERCK COS

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2004

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
VOCAL I	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL II	Lic. Amahán Sánchez Álvarez
VOCAL III	Ing. Julio David Galicia Celada
VOCAL IV	Br. Kenneth Isuur Estrada Ruiz
VOCAL V	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
EXAMINADOR	Ing. Carlos Salvador Gordillo García
EXAMINADOR	Ing. Juan Merck Cos
EXAMINADOR	Ing. Ángel Roberto Sic García
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

HONORABLE COMITÉ EXAMINADOR

Cumpliendo 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 ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA COLONIA CHINCHILLA Y PUENTE VEHICULAR PARA LA COLONIA LOS LAURELES, MUNICIPIO DE JALAPA, JALAPA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 23 de febrero de 2004.

Luis Ernesto Téllez Lima

DEDICATORIA

A Dios fuente de toda sabiduría, dador de la vida, guía de mis pasos y fortaleza de mi alma.

A mi madre Alba Julieta Lima de Téllez (Q.E.P.D) quien es el ángel de la guarda que siempre me guía por donde quiera que vaya

A mi padre Medardo Ernesto Téllez Guzmán por el apoyo, comprensión, y gran sacrificio durante el trayecto de mi carrera

A mis Hermanos Edith, Fernando, Silda, Rosibel, con especial cariño por su apoyo incondicional

A mi familia en general, por que siempre han sido un motivo para seguir adelante, dándome el apoyo necesario para sentirme querido y acompañado en tan difícil camino que he recorrido.

A la facultad de ingeniería y toda la entidad de catedráticos que contribuyeron para formar en mí un hombre competente.

AGRADECIMIENTO ESPECIAL

A todos mis amigos y compañeros con cariño y afecto

Al Ing. Juan Merck Cos, por su apoyo, compartiendo sus conocimientos sin interés alguno.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	XI
RESUMEN	XVII
OBJETIVOS	XIX
INTRODUCCIÓN	XXI
1. DIAGNÓSTICO SOBRE LAS NECESIDADES DE INFRAESTRUCTURA Y SERVICIOS BÁSICOS DE LA CABECERA MUNICIPAL DE JALAPA	
1.1. Infraestructura básica con la que cuenta la cabecera	
Municipal de Jalapa	2
1.1.1. Servicio de agua potable	2
1.1.2. Servicio de alcantarillado sanitario	3
1.1.3. Energía eléctrica	4
1.1.4. Sistema vial	5
1.1.5. Servicios de salud.....	6
1.1.6. Educación	6
1.1.7. Recreación	7
1.2. Identificación de las necesidades	8
1.3. Priorización de las necesidades	9
2. DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA COLONIA CHINCHILLA JALAPA	
2.1. Descripción del proyecto	11
2.2. Levantamiento topográfico	12
2.2.1. Altimetría	12

2.2.2. Planimetría	13
2.3. Diseño del sistema	13
2.3.1. Descripción del sistema a utilizar	13
2.3.2. Período de diseño	14
2.3.3. Población de diseño	15
2.3.4. Dotación	16
2.3.5. Factor de retorno	16
2.3.6. Factor de flujo instantáneo	16
2.3.7. Caudal sanitario	17
2.3.7.1. Caudal domiciliar	17
2.3.7.2. Caudal de infiltración	17
2.3.7.3. Caudal por conexiones ilícitas	17
2.3.7.4. Factor de caudal medio	18
2.3.7.5. Caudal de diseño	19
2.3.8. Selección del tipo de tubería	20
2.3.9. Diseño de secciones y pendientes	20
2.3.9.1. Velocidades máximas y mínimas	22
2.3.9.2. Cotas invert	22
2.3.10. Pozos de visita	23
2.3.11. Conexiones domiciliarias	25
2.3.12. Principios hidráulicos	26
2.3.12.1. Relaciones hidráulicas	26
2.3.13. Cálculo hidráulico	30
2.3.13.1. Ejemplo del diseño de un tramo	30
2.3.14. Desfogue	33
2.3.15. Presupuesto del proyecto	34
3. DISEÑO DEL PUENTE VEHICULAR LOS LAURALES JALAPA	
3.1. Descripción del proyecto	35
3.2. Estudio hidrológico	35

3.2.1. Crecientes	35
3.2.1.1. Método de sección-pendiente	36
3.2.2. Cálculo del caudal máximo	38
3.3. Levantamiento topográfico	38
3.4. Evaluación del tipo de suelo	39
3.5. Geometría	39
3.6. Datos y bases de diseño	40
3.7. Diseño de la superestructura	40
3.7.1. Predeterminación de la sección de la viga	41
3.7.2. Diseño de losa	41
3.7.2.1. Cálculo del peralte	41
3.7.2.2. Integración de cargas	42
3.7.2.3. Cálculo de momentos	42
3.7.2.3.1. Momentos debido a la carga muerta	42
3.7.2.3.2. Momento debido a la sobrecarga	43
3.7.2.3.3. Momento debido al impacto	44
3.7.2.3.4. Momento último	44
3.7.2.4. Cálculo del peralte efectivo	45
3.7.2.5. Cálculo del refuerzo transversal cama inferior	45
3.7.3. Refuerzo de acero	47
3.7.4. Diseño de vigas	47
3.7.4.1. Cálculo del momento por carga muerta	47
3.7.4.2. Cálculo del momento por sobrecarga	48
3.7.4.3. Cálculo del momento debido al impacto	51
3.7.4.4. Cálculo del momento total	52
3.7.4.5. Cálculo del refuerzo	52
3.7.4.6. Diseño a corte	53
3.7.4.6.1. Carga muerta	53
3.7.4.6.2. Sobrecarga	54

3.7.4.6.3. Esfuerzos cortantes totales	54
3.7.4.6.4. Refuerzos	55
3.7.4.6.5. Cálculo del espaciamiento	56
3.7.5. Diseño de diafragma	57
3.8. Diseño de la subestructura	58
3.8.1. Diseño de la cortina	58
3.8.1.1. Empuje de la tierra	59
3.8.1.2. Fuerza longitudinal	59
3.8.1.3. Fuerza de sismo	60
3.8.1.4. Grupos de carga	60
3.8.1.5. Cálculo del refuerzo	61
3.8.1.6. Refuerzo por corte	61
3.8.2. Diseño de la viga de apoyo	62
3.8.3. Diseño del estribo	63
3.8.3.1. Cálculo del momento de volteo	65
3.8.3.2. Cálculo del momento estabilizante	65
3.8.3.3. Revisión del muro sin superestructura	66
3.8.3.4. Revisión del muro con superestructura y carga viva..	68
3.9. Presupuesto	69
CONCLUSIONES.....	71
RECOMENDACIONES	73
BIBLIOGRAFÍA.....	75
ANEXOS	77

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1. Cotas invert	23
2. Sección de canal	26
3. Área de la sección del río	36
4. Geometría de la superestructura	39
5. Diagrama de momentos	43
6. Diagrama de carga muerta	43
7. Diagrama de carga para obtener momentos máximos	48
8. Diagrama de cuerpo libre para carga viva	49
9. Diagrama de carga para obtener momentos máximos	50
10. Detalle de elevación de viga principal	51
11. Diagrama de posición de carga que producen corte máximo	53
12. Diagrama de corte	55
13. Refuerzo de diafragma	58
14. Geometría de la cortina y viga de apoyo	59
15. Esquema de armado viga de apoyo y corona	63
16. Geometría y diafragma de presiones del estribo.....	64
17. Relación de triángulos para obtener la presión de la cota de Cimentación	65
18. Ubicación de alcantarillado	81
19. Planta perfil calle A	83
20. Planta perfil calle C y avenida 1	85
21. Planta perfil calle D y avenida 5	87
22. Planta perfil calle E (tramo 1) y calle B	89

23. Planta perfil calle E (tramo 2 y 3)	91
24. Planta perfil avenida 2, calle F y E1	93
25. Planta perfil avenida 3, 4, 6, 7, 9	95
26. Planta perfil avenida 8, 10 y calle E (tramo 4)	97
27. Plano de detalles de alcantarillado	99
28. Planta perfil puente Los Laureles	101
29. Plano de detalles de la superestructura.....	103
30. Plano de detalles de la subestructura	105

TABLAS

I. Relaciones hidráulicas para sección circular	28
II. Resumen del presupuesto del alcantarillado sanitario para la Colonia Chinchilla, Jalapa	34
III. Cálculo de momento de volteo	66
IV. Cálculo del momento estabilizante	66
V. Resumen del presupuesto del puente vehicular Los Laureles, Jalapa	70
VI. Diseño de red de alcantarillado sanitario, Colonia Chinchilla, Jalapa..	79

LISTA DE SÍMBOLOS

@	A cada cierta distancia
AT	Área total
AASHTO	Asociación Oficial Americana de Carreteras y Transporte
ACI	Instituto Americano del Concreto
As	Área de acero
b	Base
CP	Cota piezométrica
C. I. I.	Cota invert inicial
C. I. F.	Cota invert final
d	Peralte
<i>d</i>	Tirante de agua dentro del tubo
D	Diámetro total de tubo
E	Empuje
e	Excentricidad
Ec	Ecuación
Est.	Estación
E.P.S	Ejercicio Profesional Supervisado
EQ	Fuerza de sismo
Fact. Hard. Act.	Factor de Hardmon Actual
Fact. Hard. Fut.	Factor de Hardmon Futuro
f'c	Resistencia nominal del concreto

FH	Fuerza horizontal
FL	Fuerza longitudinal
FI.	Factor de flujo instantáneo
Fact. Inf.	Factor de infiltración
F qm.	Factor de caudal medio
Fy	Resistencia del acero
h	Altura
Ha.	Hectáreas
H 1	Profundidad del primer pozo de vista
H 2	Profundidad del segundo pozo de vista
Hab./ Ha	Habitantes por hectáreas
Hab. / casa	Habitantes por casa
Hh min.	Profundidad mínima
H-15-44	Sobrecarga, camión standard
I	Impacto
L	Luz entre puntos distintos
l/ hab/ día	Litros por habitantes al día
l/ km./día	Litros por kilómetros al día
l/ seg.	Litros por segundo
M ^3/ seg.	Metros cúbicos por segundo
Mcm	Momento por carga muerta
Mcv	Momento por carga viva
msnm	Metros sobre el nivel del mar
m/ seg	Metros por segundo
m/ m	Metros por cada metro
mm/ hr	Milímetros por horas
MT	Momento total
Mu	Momento último
P	Presión

p_o	Población inicial
pf	Población final
PO	Punto observado
PV	Pozo de vista
q	Caudal real a sección parcialmente llena
Q	Caudal a sección llena
q dom.	Caudal domiciliar
q inf.	Caudal de infiltración
Q.C.I	Caudal por conexiones ilícitas
q dis. Act.	Caudal de diseño actual
q dis. Fut.	Caudal de diseño futuro
Qm	Caudal medio
Qmd	Caudal medio diario
Qmh	Caudal medio horario
QT	Caudal total
R	Radio hidráulico
Ra	Reacción en el apoyo a
Rb	Reacción en el apoyo b
S	Luz eficaz entre vigas
s	Pendiente
t	Espesor de losa
∅	Cuantía de acero
V	Velocidad de sección llena
v	Velocidad a diseño a sección parcialmente llena
V max	Corte máximo
Vol.	Volumen
Vrc	Corte nominal del concreto
Vs	Valor soporte del suelo
Wc	Peso del concreto armado

Wcc

Peso del concreto ciclópeo

GLOSARIO

Acera	Espacio más elevado de la capa de rodadura, donde circulan los peatones.
Acero de refuerzo	Cantidad de acero requerido para un esfuerzo determinado.
Alcantarillado Sanitario	Sistema que se utiliza para conducir únicamente aguas negras o servidas.
Altimetría	Procedimiento utilizado para definir las diferencias de nivel existentes entre puntos distintos de terreno o construcción.
Canal de rejas	Unidades que tienen como función retener los sólidos gruesos por medio de rejas o barras y están constituidas por dispositivos de retención y dispositivos de remoción.
Caudal	Cantidad de agua que brota de un manantial o cantidad de aguas negras producto del uso humano, por unidad de tiempo.

Caudal de infiltración	Cantidad por volumen de agua subterránea que se infiltra dentro del sistema de drenajes debido al nivel de la capa freática.
Caudal de diseño	Elevación de tramo por tramo del sistema sanitario aplicado en un período de diseño determinado, el cual está integrado por el caudal máximo de origen doméstico, el caudal de infiltración, conexiones ilícitas y aguas de origen comercial e industrial.
Cota de cimentación	Altura donde se construyen los cimientos referidos a un nivel determinado
Cota invert	La parte más baja de un colector, en donde entran una o varias tuberías y solo una de ellas es de seguimiento.
Deslizamiento	Fuerza que tiende a deslizar horizontalmente el muro.
Diafragmas	Unidades utilizadas para evitar la deformación de las vigas y rigidizar la superestructura.

Dotación	Cantidad de agua que una persona necesita por día para satisfacer sus necesidades y que se expresa en litros por habitante al día.
Empuje	Fuerza ejercida por el suelo sobre la estructura
Estribo	Muro que soporta la superestructura y transmite su peso al suelo
Factor de retorno	Factor que indica la relación que existe entre la cantidad de agua que se consume al día y la dotación destinada para cada persona; puede variar este factor en función del clima de la región en estudio.
Fosa Séptica	Unidad destinada para el tratamiento primario de las aguas residuales; consiste en una o dos cámaras convenientemente construidas para detener las aguas negras, por un período de tiempo establecido.
Fuerza de sismo	Carga que es inducida por un sismo y provoca esfuerzos en la superestructura
Impacto	Carga provocada por el impacto del camión estandarizado sobre la superestructura.

Losa	Elemento estructural, plano, que soporta directamente las cargas y las transmite a diferentes apoyos.
Pendiente	Inclinación necesaria con respecto a una línea horizontal, diseñada para que el agua que conducen las alcantarillas se desplace libremente haciendo uso de la fuerza de gravedad, la cual en alcantarillados cumple con especificaciones establecidas.
Periodo de diseño	Tiempo durante el cual un sistema, ya sea de agua potable, drenajes, pavimentación, etc., dará un servicio satisfactorio a la población.
Planimetría	Proyección del terreno sobre un plan horizontal imaginario, que es la superficie media de la tierra, y que toma un punto de referencia para su orientación.
Pozo de absorción	Unidades para la filtración o absorción de agua; tienen la función de que el afluente líquido de las otras unidades sea absorbido por el suelo subterráneamente.
Pozo de visita	Una estructura que forma parte de un alcantarillado y tiene por objeto dar inspección, limpieza y ventilación al sistema.

Puente	Estructura que permite el tráfico de un punto a otro, a través de cualquier interrupción.
Relaciones Hidráulicas	Relación que existe entre cada uno de los parámetros de diseño a sección llena y los parámetros de diseño a sección parcialmente llena, las cuales deben cumplir con ciertas condiciones para que las tuberías no trabajen a sección llena.
Sobrecarga	Carga adicional a la aplicada, que se toma como factor de seguridad.
Subestructura	Conjunto de elementos que han sido diseñados para soportar la superestructura de un puente y transmitir las cargas al suelo.
Superestructura	Conjunto de elementos diseñados para soportar las cargas del tráfico y transmitir las a la subestructura.
Volteo	Momento de la fuerza horizontal que tiende a voltear el estribo respecto al borde exterior.

RESUMEN

El presente trabajo de graduación contiene el diseño de la red de alcantarillado sanitario para la Colonia Chinchilla y de un puente vehicular para la Colonia Los Laureles del municipio de Jalapa, departamento de Jalapa, y está compuesto de los siguientes capítulos:

En el capítulo 1 se desarrolla el diagnóstico sobre las necesidades de infraestructura y servicios básicos de la cabecera municipal de Jalapa.

La información recopilada registra el aspecto socioeconómico, servicios públicos y generalidades de la población. Los datos permitieron realizar un análisis minucioso que determinó las necesidades más prioritarias que requieren atención, tomándose la decisión de aportar el diseño para dos de ellos.

Los capítulos 2 y 3 contienen el diseño del alcantarillado sanitario para la Colonia Chinchilla y del puente vehicular para la Colonia Los Laureles, describiendo en cada caso la metodología y proceso de cálculo. Al final se presentan los cálculos y planos respectivos.

OBJETIVOS

General

Diseñar el sistema de alcantarillado sanitario para la Colonia Chinchilla y el puente vehicular para la Colonia Los Laureles del municipio de Jalapa, Jalapa

Específicos

Desarrollar una investigación diagnóstica sobre necesidades de servicios básicos e infraestructura de la cabecera municipal de Jalapa.

Capacitar a los miembros del comité de la Colonia Chinchilla sobre aspectos de mantenimiento y operación del sistema de alcantarillado sanitario.

INTRODUCCIÓN

Evidentemente Guatemala es un país en vías de desarrollo, lo cual hace que las necesidades, en cuanto a infraestructura y servicios básicos en nuestras comunidades sean de primer orden, al no contar con soluciones adecuadas para resolver las dificultades que presentan.

La cabecera Municipal de Jalapa no es la excepción. La falta de un puente vehicular dificulta a los habitantes el traslado de forma rápida y segura hacia otros puntos vecinos, al igual que la introducción de un alcantarillado sanitario agrava las condiciones de salud para los vecinos del lugar.

Por lo que este trabajo de graduación está orientado a plantear soluciones a los problemas descritos anteriormente; desarrollando para el efecto los proyectos:

Diseño de un puente vehicular para la colonia Los Laureles y red de alcantarillado sanitario para la Colonia Chinchilla.

El trabajo está orientado principalmente a la solución de estas necesidades y está conformado por tres capítulos, siendo estos:

1. Diagnóstico sobre las necesidades de infraestructura y servicios básicos de la cabecera Municipal de Jalapa
2. Diseño del sistema de alcantarillado sanitario para la colonia Chinchilla, Jalapa
3. Diseño del puente vehicular para la colonia Los Laureles, Jalapa

1. DIAGNÓSTICO SOBRE LAS NECESIDADES DE INFRAESTRUCTURA Y SERVICIOS BÁSICOS DE LA CABECERA MUNICIPAL DE JALAPA

Guatemala está clasificada internacionalmente dentro del rango de “país subdesarrollado”. Esta clasificación se da a raíz del desarrollo en cuanto a la calidad de vida que hemos alcanzado a lo largo del tiempo. En el interior del país existe una carencia de infraestructura y servicios básicos e, independientemente de las causas, la realidad patente es que las comunidades no han podido mejorar sus condiciones de vida.

No es la excepción el municipio de Jalapa, departamento de Jalapa, situado en el Oriente de la República de Guatemala, Colinda al Norte con los departamentos de El Progreso y Zacapa, al Oeste con el departamento de Chiquimula, al Sur con los departamentos de Jutiapa y Santa Rosa, al Este con el departamento de Guatemala.

El principal sistema de acceso es la vía (CA-9) que conduce al departamento de Jutiapa, vía Santa Rosa, con una distancia de 170 kilómetros hacia la ciudad capital, asfaltado en su totalidad. La otra vía que conduce hacia la ciudad capital es por Sanarate, que conecta con la ruta al Atlántico, con una longitud de 98 kilómetros, también asfaltada. Tiene una extensión territorial de 554 kilómetros cuadrados, una altitud sobre el nivel del mar de 1,362 metros. El clima es templado. Según el último censo realizado por el Instituto Nacional de Estadística, la población del municipio de Jalapa asciende a 39,301 habitantes y cuenta con 33 aldeas, 112 caseríos y una ciudad, la cual se divide en barrios y colonias de la siguiente manera:

No. del Barrio	Nombre del Barrio
01	La Democracia

02	Chipilapa
03	La Esperanza
04	San Francisco
05	El Porvenir
06	Llano Grande
07	El Terrero
08	Colonia Los Laureles
09	Colonia Chinchilla
10	Colonia Bosques de Viena
11	Colonia Linda Vista

El casco urbano de Jalapa se reconoce y se limita por mojones, que con el transcurso del tiempo los vecinos han reconocido como linderos, los cuales sirven de referencia para saber hasta dónde llega el pueblo, y lo demarcan en los cuatro puntos cardinales de la siguiente manera:

Norte:	Por Laguna de Achiotes y volcán Jumay
Sur:	Por la Aldea Salfate y Cerro Arluta
Este:	Por el Cerro Alcoba
Oeste:	Montaña Santa María Jalapa y Aldea El Arenal

1.1. Infraestructura básica con la cuenta la cabecera municipal de Jalapa.

1.1.1. Servicio de agua potable

El agua que surte en gran parte a la ciudad de Jalapa, en su casco urbano, proviene del río Jalapa, alimentado por varios nacimientos y riachuelos en lo alto de la montaña de Santa María Xalapán.

Del río el agua se conduce hacia tanques de captación, los cuales se encuentran en la parte alta del pueblo, aproximadamente a dos kilómetros de la

ciudad, en el sitio denominado El Arenal. Aquí se da el proceso de filtración, purificación y clorificación del agua para que después, por gravedad, llegue a los usuarios.

Debido al incremento de la población y al incremento en la demanda de este servicio, la municipalidad ha tenido que buscar formas de abastecer a la población de este vital líquido, mediante la perforación de pozos mecánicos en distintos puntos de la cabecera, los cuales proveen de agua a los barrios y colonias, porque es imposible que llegue el agua de la planta de distribución municipal.

Hasta el momento se cuenta con la cantidad de 4 pozos perforados, de los cuales uno está sin funcionar, por no contar con equipo de bombeo. No obstante, el pueblo se ha ido extendiendo hacia puntos en los cuales ha sido imposible cubrir este servicio. Por ello se observa la necesidad de introducir el servicio de agua potable hacia esos puntos, ya que este es un servicio básico para el desarrollo de la población y, a la vez, un factor esencial para preservar la salud.

1.1.2. Servicio de alcantarillado sanitario

Se cuenta con alcantarillado sanitario en el 75 % de la cabecera, quedando un 25 % de la población sin acceso a este servicio.

En la mayor parte donde existe este servicio, ya se ha completado el periodo de diseño. En un 100% el servicio es combinado, el cual, conforme ha ido pasando el tiempo, ha llegado a causar estragos en distintos puntos de la ciudad, donde converge la mayor parte del caudal acumulado.

Se suma a esta problemática el incremento de la población, la cual introduce al sistema de drenajes todo tipo de caudal, sumado a esto el cambio que se ha registrado en la intensidad con la que se precipita la lluvia, todo lo cual ha venido a empeorar la situación.

Por ello en la actualidad se están tomando medidas al respecto, una de ellas, la introducción de tubería para el caudal sanitario y tubería para el caudal pluvial, esta de PVC, ya que la existente es de concreto. Se espera que en los próximos meses se cuente con este tipo de tubería en la mayor parte del sistema principal.

En cuanto al resto de la población que no cuenta con este servicio, se encuentra distribuida en distintos puntos de la ciudad. En la fracción donde no existe este servicio la situación es difícil, ya que los vecinos se ven obligados a seguir utilizando sistemas de letrización tradicionales, como lo son las letrinas ventiladas. Por la falta de dicho servicio corren los desagües a flor de tierra, causando un aspecto visual desagradable, a la vez que se cría un ambiente para la proliferación de enfermedades y parásitos, que deterioran el estado de salud de la población.

1.1.3. Energía eléctrica

La energía eléctrica de Jalapa proviene de la Hidroeléctrica Chixoy, que se desvía de la línea principal a Guatemala, a la altura de Sanarate. Este servicio cubre en un 90% a la población, el que es brindado por la Municipalidad de la cabecera, mediante la Empresa Eléctrica Municipal; el otro 10% lo provee DEORSA.

Este servicio, por la magnitud que alcanzó el lugar, ha tendido a ser obsoleto y deficiente, a tal grado que está a punto de colapsar por el deterioro que sufre la red de distribución, ya que data desde principios de la década de los 60, lo que indica que su periodo de diseño, que fue de 40 años, ya fue rebasado y necesita ser sustituido al menos el 90% de la red.

1.1.4. Sistema vial

En la ciudad de Jalapa, el 65% de sus calles se encuentran pavimentadas, un 20% adoquinada y un 15% son de terracería. Es de gran importancia hacer mención del Estado, señalización y reordenamiento vial. En cuanto al estado de las distintas vías, está en marcha un programa de rehabilitación de las principales calles, mediante el cambio de adoquín por pavimento de concreto, debido a que el adoquinado presenta un deterioro avanzado. En cuanto al resto de las calles, se tiene planificado realizar un estudio, que será ejecutado por fases. Dichas fases pretenden cubrir las necesidades. En lo que respecta a la pavimentación del resto de calles, serán tomadas en cuenta y ordenadas por el grado de importancia que presenten, tanto por la ubicación como la contribución a la fluidez del tránsito mediante la habilitación de vías alternas. Con la puesta en marcha de este proyecto se contribuye al desarrollo y la mejora en cuanto al aspecto visual de la ciudad.

En cuanto a la señalización de la ciudad, se puede comentar que existen ciertas deficiencias en la misma, tanto en las lumínicas como en las físicas, debido al desorden que existe en el sistema, ya que los semáforos existentes no funcionan, los altos en las intersecciones no cuentan con la visibilidad mínima y de los indicadores del sentido de las vías, algunos ya no existen. Por ello que es de suma importancia la rehabilitación del sistema.

El ordenamiento vial de la ciudad de Jalapa es una necesidad patente que se hace notar en los puntos de convergencia de la mayoría de la población, debido a la desorganización que se ha venido dando conforme se ha ido incrementando el número de vehículos que transitan por las diferentes arterias principales.

Por ello, el sistema vial de la población necesita ser intervenido y orientado de forma que alivie el problema existente.

1.1.5. Servicios de salud

La cabecera departamental cuenta con los siguientes servicios públicos en cuanto a salud: la población en general es atendida por el Hospital Nacional Nicolasa Cruz, el Instituto Guatemalteco de Seguridad Social (IGSS), Cruz Roja Guatemalteca, un centro de Salud, cuatro hospitales privados, además de varias clínicas médicas.

En este sentido, el ministerio de Salud y la iniciativa privada, tal sea el caso, son quienes velan por la mejoría de estos centros.

1.1.6. Educación

En la cabecera departamental de Jalapa, la educación puede considerarse aceptable debido a que existen distintos centros educativos, públicos y privados, que brindan este servicio, ente los cuales se puede mencionar:

Establecimientos públicos: 1 de nivel preprimario, 12 de nivel primario, 4 de nivel básico, 3 de nivel diversificado y la sede regional de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Establecimientos privados: 5 de nivel preprimario, 9 de nivel primario, 10 de nivel básico, 10 de nivel diversificado y dos sedes regionales universitarias.

1.1.7. Recreación

En cuanto a la recreación en la cabecera municipal de Jalapa, se puede comentar que se cuenta con pocos lugares públicos a los cuales los vecinos pueda acudir. Dentro del perímetro del casco urbano existen tres parques; estos son:

Parque Justo Rufino Barrios, que se localiza en la salida del municipio de Jalapa hacia el municipio de Monjas. En su mayor parte cuenta con área verde y una cancha polideportiva, la cual es utilizada para practicar distintos deportes.

Parque Infantil Navidad, cuya infraestructura, básicamente, abarca juegos infantiles, como resbaladeros y columpios, los cuales son utilizados por niños de edad corta. Cabe mencionar que dichas instalaciones se encuentran en un estado de deterioro avanzado, lo que indica que necesitan una urgente rehabilitación y un plan de mantenimiento para su funcionamiento.

Parque Central, el cual data desde principios del siglo XX, ya que fue construido durante la primera década del mismo. Estas instalaciones han tenido dos remodelaciones durante el tiempo que tiene de existir. En este momento está en marcha la tercera remodelación, la que tiene como fin cambiar totalmente el aspecto del parque. Se estima que esta remodelación se concluirá dentro de cinco meses y se contará con la nueva área de recreación.

Tomando en cuenta la importancia que para todo ser humano representa la recreación, es viable impulsar proyectos de esta naturaleza.

1.2. Identificación de las necesidades

Después de realizado el diagnóstico del casco urbano de la ciudad de Jalapa, mediante visitas a los lugares donde no se cuenta con infraestructura básica, se pudo constatar que la necesidad es de primer orden, ya que así lo manifiestan los vecinos del lugar, los cuales, en este caso, se ven directamente afectados por la falta de servicios.

Por ello que se procede a la identificación de estas necesidades, enumerándolas según las prioridades y la necesidad que existe de darles pronta resolución.

- Agua potable
- Cambios en la red de distribución de agua potable
- Cambio de la red de distribución de energía eléctrica
- Sistemas de alcantarillado sanitario
- Construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales
- Construcción de puentes vehiculares
- Implementación de un tren de aseo
- Implementación de un relleno sanitario y traslado del basurero actual
- Señalización y nomenclatura de la ciudad

Estas son las principales necesidades en cuanto a infraestructura básica que presenta la cabecera municipal de Jalapa.

Las autoridades hacen el mejor de los esfuerzos y enfocan la atención hacia este tipo de situaciones, las cuales merecen ser atendidas y aliviadas para contribuir al mejoramiento de las condiciones de los vecinos, al mismo tiempo que se contribuye al ornato municipal.

1.3. Priorización de las necesidades

Las necesidades que a continuación se priorizan se definieron con base en las necesidades que se presentan en cada uno de los sectores de la cabecera municipal de Jalapa.

- Introducción de agua potable colonia El Milagro y Panorámicas
- Perforación de pozos mecánicos para los barrios Chipilapa, Porvenir y Llano Grande
- Sistema de alcantarillado sanitario de la 1ra. calle y Colonia Chinchilla zona 5, Jalapa
- Sistema de alcantarillado sanitario para el barrio El Terrero
- Sistema de alcantarillado sanitario para la colonia Bosque de Viena
- Construcción de un colector municipal de aguas residuales en el perímetro del casco urbano
- Construcción de colector municipal de aguas residuales para Bosque de Viena, Los Encinos y Colonia Linda Vista
- Construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales para la cabecera municipal
- Construcción del puente vehicular para la Colonia Los Laureles
- Implementación de un tren de aseo municipal
- Implementación de un nuevo relleno sanitario y traslado del basurero actual
- Señalización y nomenclatura de la ciudad de Jalapa

2. DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA COLONIA CHINCHILLA

2.1. Descripción del proyecto

El proyecto consiste en el diseño del drenaje sanitario para la colonia Chinchilla de la cabecera departamental de Jalapa. La necesidad se identificó mediante de una investigación de la problemática real que viven los pobladores del área que, al igual que toda población urbana del municipio de Jalapa, presenta aún deficiencias en infraestructura básica, por lo que la mayoría de las necesidades parecieran ser prioritarias debido que cada una presenta una problemática que afecta directamente a los pobladores de distintos sectores de la población, de los cuales los sectores marginales presentan mas deficiencia en los servicios. La red tiene una longitud de 3210 metros, para los cuales se diseñaron 44 pozos de visita, los que se construirán según especificaciones del reglamento de construcción de la municipalidad de Jalapa, tales como alturas mínimas, cotas invert, etc. La tubería a utilizar será PVC norma ASTM D-3034 y tendrá un diámetro mínimo de 6". Las pendientes de la tubería se tomaron de acuerdo a la pendiente del terreno, percatándose de no rebasar las velocidades y caudales máximos y mínimos. No se diseñará ningún tipo de tratamiento, ya que el desfogue se realizará en el colector municipal existente.

2.2. Levantamiento topográfico

2.2.1. Altimetría

Esta palabra se refiere a los trabajos necesarios para representar sobre el plano horizontal la tercera dimensión del terreno, definiendo las diferencias de nivel existentes entre los puntos de un terreno o construcción. Para ello es necesario medir distancias verticales y horizontales, ya sea directa o indirectamente. A todo este procedimiento se le llama nivelación. Para la nivelación del tramo donde se ubicará la línea central del drenaje se aplicó el método de nivelación compuesta, partiendo de una referencia (Banco de Marca).

Para la nivelación se utilizó el siguiente equipo:

- Un nivel de precisión marca Sookia C-330
- Un estadal
- Una cinta métrica de 50 metros
- Trompos de madera

El levantamiento altimétrico debe ser preciso, y la nivelación debe ser realizada sobre el eje de las calles. Se toman elevaciones en las siguientes situaciones:

- a) En todos los cruces de calles o bocacalles
- b) A distancias no mayores de 20 metros
- c) De todos los puntos en que haya cambio de dirección
- d) De todos los puntos en que haya cambios de pendiente del terreno
- e) De todos los lechos de quebradas, puntos salientes del terreno y depresiones

f) De las alturas máximas y mínimas del cuerpo receptor en el que se proyecta efectuar la descarga

2.2.2. Planimetría

Es la proyección del terreno sobre un plano horizontal imaginario, que es la superficie media de la tierra y el cual toma como punto de referencia para su orientación. El método de levantamiento utilizado fue el de conservación de azimut, con vuelta de campana.

Para este levantamiento se utilizó el siguiente equipo:

- Un teodolito mecánico marca Wild T-1
- Un estadal
- Una cinta métrica de 50 metros
- Dos plomadas
- Trompos de madera
- Clavos

2.3. Diseño del sistema

2.3.1. Descripción del sistema a utilizar

Existen 3 tipos básicos de alcantarillado; la selección o adopción de cada uno de estos sistemas dependerá de un estudio minucioso de factores, tanto topográficos como funcionales, pero el más importante es el económico.

- a) Alcantarillado Sanitario: recoge las aguas servidas domiciliarias, baños, cocinas, servicios y conexiones Ilícitas; residuos comerciales como restaurantes y garages; aguas negras producidas por industrias, e infiltración.
- b) Alcantarillado pluvial: recoge únicamente las aguas de lluvia o que concurren al sistema.
- c) Alcantarillado combinado: evacua los dos caudales antes mencionados (sanitario y pluvial).

La Colonia Chinchilla no cuenta con ningún sistema de alcantarillado; y las calles no son pavimentadas, por lo cual se decidió realizar un alcantarillado sanitario, del cual están excluidos los caudales de agua de lluvia, provenientes de las calles y otras superficies.

2.3.2. Período de diseño

Es el período de funcionamiento eficiente del sistema. Pasado este período, es necesario rehabilitarlo. Los sistemas de alcantarillado serán proyectados para llenar adecuadamente su función durante un período de 20 a 30 años a partir de la fecha de construcción.

Para seleccionar el período de diseño de una obra de ingeniería, deben considerarse factores como la vida útil de las estructuras y el equipo competente, tomando en cuenta el desgaste y el año; así como la facilidad para hacer ampliaciones a las obras planificadas, y la relación anticipada del crecimiento de la población, incluyendo en lo posible el desarrollo urbanístico, comercial o industrial de las áreas adyacentes durante 20 años.

Es conveniente incluir dentro del período de diseño un tiempo de 1 ó 2 años adicionales, por las gestiones que conlleva un proyecto para su respectiva autorización y para el desembolso económico.

2.3.3. Población de diseño

Para estimar la población de diseño se utilizó el método geométrico, involucrando en forma directa a la población actual que tributará para el sistema de drenaje y la tasa de crecimiento del lugar.

La Colonia Chinchilla tiene una población actual de 990 habitantes y una tasa de crecimiento poblacional de 3.00% anual, según el último censo del Instituto Nacional de Estadística.

$$p_f = p_o(1+r)^n$$

donde:

p_f = población futura

p_o = población inicial

r = incremento poblacional, porcentual

n = período de diseño

Para este diseño se tomaron los datos obtenidos de la Colonia Chinchilla:

$$p_o = 990 \text{ hab.}$$

$$r = 3.00 \%$$

$$n = 20 \text{ años}$$

$$p_f = 990(1+0.03)^{20} = 1,788 \text{ habitantes}$$

2.3.4. Dotación

Como se trata de un lugar urbano, la municipalidad de Jalapa tiene establecida una dotación de 150 l./hab./día, por lo que esta será la que se utilizará para el diseño del sistema.

2.3.5. Factor de retorno

Este factor se determina mediante la consideración de que, del 100% de agua potable que ingresa a un domicilio, entre el 20% y el 30% se utilizan en actividades en las cuales se consume, se evapora o se desvía a otros puntos, distinta al 70% ú 80% restante, que después de ser utilizada por las personas es desfogada al sistema de alcantarillado. Por ello, a este porcentaje que retorna se le denomina Factor de Retorno.

Para este estudio, se aplicó un factor de retorno de 80%.

2.3.6. Factor de flujo instantáneo

Es un factor que está en función del número de habitantes, localizados en el área de influencia; regula un valor máximo de las aportaciones por uso doméstico para las horas pico. Se expresa por medio de la fórmula de Hardmon, cuyo valor disminuye si la población aumenta, y aumenta si la población analizada disminuye:

$$FH: (18 + \sqrt{P}) / (4 + \sqrt{P})$$

$$FH = [18 + (1,788/1000)^{1/2}] / [4 + (1,788/1000)^{1/2}]$$

$$FH = 3.62$$

2.3.7. Caudal sanitario

Está compuesto por la integración de los diferentes caudales que se integran a un mismo sistema. En este caso los caudales que tributan son los siguientes:

2.3.7.1. Caudal domiciliar

Es la aportación unitaria o específica de aguas servidas de uso doméstico introducidas a un sistema de alcantarillado, el cual es directamente proporcional a la dotación con que se provee a cada domicilio.

$$q \text{ dom.} = (\text{Dotación} * \text{No. de hab. futuro} * \text{factor de retorno}) / 86,400$$

$$q \text{ dom.} = (150 \text{ l./hab./dia} * 1,788 \text{ hab.} * 0.80) / 86,400$$

$$q \text{ dom.} = 2.48 \text{ l./seg.}$$

2.3.7.2. Caudal de infiltración

En este caso el caudal por infiltración se considera cero, ya que en el sistema de alcantarillado para la Colonia Chinchilla se utilizará tubería PVC Junta Rápida Norma ASTM D – 3034.

2.3.7.3. Caudal por conexiones ilícitas

Este es un caudal producido por las viviendas que conectan las bajadas de agua pluvial al alcantarillado sanitario. Para considerar este tipo de conexiones existe una fórmula que contempla entre sus parámetros la precipitación pluvial.

Para el caso de la cabecera municipal de Jalapa, no fue posible obtener información acerca de estaciones pluviométricas locales o cercanas con características climatológicas similares, para determinar un porcentaje de precipitación. Por ello que se tomó en consideración el caudal propuesto por la Asociación Colombiana de Ingeniería Sanitaria, el cual, para este efecto, propone una dotación que tributa al sistema de 50 l/hab/día.

$$QCI = (\text{Dot} * \text{No. Hab})/86,400$$

$$\text{Hab.} = 1,788 \text{ personas}$$

$$\text{Dot} = 50 \text{ l/hab/día}$$

$$Q.C.I = (50*1,788)/86400$$

$$Q.C.I = 1.03 \text{ l/seg}$$

2.3.7.4. Factor de caudal medio

Este es un factor que regula la aportación de caudal en la tubería. Se considera que es el caudal que aporta cada habitante, más la suma de todos los caudales, que son: doméstico, de infiltración, por conexiones ilícitas, comercial e industrial, entre la población total. Este factor debe estar entre los rangos de 0.002 a 0.005. Si da un valor menor se tomará 0.002, y si fuera mayor se tomará 0.005, considerando siempre que este factor no esté demasiado distante de los rangos máximo y mínimo establecidos, ya que podría quedar subdiseñado o sobre diseñado el sistema, según fuera el caso.

$$\mathbf{Fqm = Q \text{ medio} / \text{No. de habitantes futuro}}$$

Donde:

$$Q \text{ medio} = Q \text{ doméstico} + Q \text{ infiltración} + Q \text{ Conexiones ilícitas}$$

En este caso no se tomó en cuenta el caudal comercial e industrial porque el lugar carece de comercios e industrias.

$$Q \text{ doméstico} = 2.48 \text{ l/seg}$$

$$Q \text{ infiltración} = 0.00 \text{ l/seg}$$

$$Q \text{ conexiones ilícitas} = 1.03 \text{ l/seg.}$$

$$Q \text{ medio} = 3.51 \text{ l/seg}$$

$$F_{qm} = (3.51 \text{ l/seg}) / (1,788 \text{ habitantes}) = 0.0019 < 0.002$$

Este valor es menor que el mínimo; por lo tanto, se adopta el valor mínimo de 0.002.

2.3.7.5. Caudal de diseño

Es el caudal con que se diseñará cada tramo del sistema sanitario, de acuerdo a los datos obtenidos o investigados y aplicados en un período de diseño. Será la suma de: a) caudal máximo de origen doméstico, b) caudal de infiltración, c) caudal de conexiones ilícitas, d) aguas de origen industrial y comercial según las condiciones particulares de estos establecimientos (no incluidas en el diseño).

El caudal de diseño de cada tramo será igual a multiplicar el factor de caudal medio, el factor de Hardmon y el número de habitantes a servir. En este caso se compara el diseño para población actual y futura con las siguientes expresiones y los cálculos respectivos.

$$q \text{ Dis. Actual} = (F_{qm}) (FH \text{ actual}) (\text{No. de habitantes actual})$$

$$q \text{ Dis. Fut.} = (F_{qm}) (FH \text{ futuro}) (\text{No. de habitantes futuro})$$

Existe otra forma de calcular el caudal de diseño. Consiste en integrar directamente el caudal doméstico multiplicado por el Factor de Hardmon, más la suma de los caudales de infiltración, conexiones ilícitas, caudales de origen comercial e industrial. Este método es utilizado para poblaciones grandes, ya que provoca que el caudal de diseño sea mucho mayor, teniendo que diseñarse diámetros de tuberías comerciales aptos para soportar capacidades de grandes caudales.

En este caso se aplicó el primer método, por las características del lugar.

2.3.8. Selección del tipo de tubería

La tubería que será utilizada en un proyecto es seleccionada bajo las condiciones con que se pretenda construir el sistema de drenajes, para lo cual influyen distintos aspectos tales como: eficiencia, economía, durabilidad, facilidad de manejo y colocación.

En este caso, la municipalidad de Jalapa propuso utilizar tubería PVC Junta Rápida Norma D-3034, la cual, según sus características, presenta facilidad de instalación y optimización de tiempo.

2.3.9. Diseño de secciones y pendientes

En general se usarán en el diseño secciones circulares de PVC funcionando como canales abiertos.

El cálculo de la capacidad, velocidad, diámetro y pendientes se hará aplicando la fórmula de Manning, transformada al sistema métrico para secciones circulares así.

$$V = 1 / N * R ^ { (1/2)}$$

$$V = (1/n) * (D * 0.0254/4)^{ (2/3) } * S ^ { (1/2) } \quad (\text{sistema métrico})$$

$$Q = VA$$

En la cual:

V = velocidad del flujo a sección llena (m/seg)

R = radio hidráulico igual a la sección del tubo entre el perímetro mojado

D = diámetro de la sección circular (metros)

S = pendiente de la gradiente hidráulica (m/m)

n = coeficiente de rugosidad de Manning = 0.0011 para tubos PVC

Q = caudal

A = área

V = velocidad

El tubo de la conexión domiciliar debe ser de menor diámetro que el del tubo de la red principal, con el objeto de que sirva de retenedor de algún objeto que pueda obstruir el colector principal.

En las conexiones domiciliarias el diámetro mínimo será de 4", con una pendiente mínima de 2% y una máxima de 6% y que forme un ángulo horizontal con respecto a la línea central de, aproximadamente, 45 grados, en el sentido de la corriente del mismo.

La profundidad mínima de coronamiento de la tubería con respecto a la superficie del terreno será de 1.20 metros, más el diámetro interior y el espesor del tubo. En este caso, por ejemplo, para un tubo de 6 pulgadas se tienen $1.20 \text{ m} + 6" + 1.27\text{cm} = 1.37 \text{ aprox. } 1.40 \text{ m}$.

Cuando la altura de coronamiento de la tubería principal tenga una profundidad mayor de 3.00 metros bajo la superficie de terreno, se diseñará una tubería auxiliar sobre la principal para recibir las conexiones domiciliarias del tramo correspondiente.

El ancho de la zanja es muy importante para evitar el exceso de excavación y para que permita trabajar adentro de ésta.

2.3.9.1. Velocidades máximas y mínimas

Los parámetros bajo los cuales se diseñará este sistema deben cumplir y estar dentro del rango siguiente:

$$0.4 \text{ m/s} < v < 5.00 \text{ m/s}$$

2.3.9.2. Cotas invert

Las cotas del terreno, al igual que los puntos de entrada y salida de la tubería del alcantarillado, deben calcularse de la siguiente manera:

h_{\min} = Altura mínima, dependiente del tipo de tránsito que circula por el lugar

CII = Cota invert inicial

CTS = Cota invert de la tubería de salida final

CTE = Cota invert de la tubería de entrada

CTI = Cota del terreno inicial

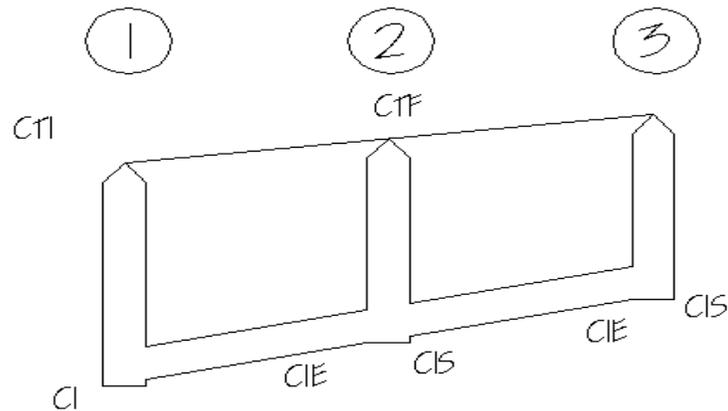
CTF = Cota del terreno final

D = Distancia horizontal

S% = Pendiente del terreno

Et = Espesor de la tubería

Figura 1. Cotas invert



En la figura que anteriormente se presenta se demuestra la posición de las abreviaturas utilizadas para el cálculo de cotas invert.

2.3.10. Pozos de visita

Los pozos de visita son parte de las obras accesorias de un alcantarillado y se emplean como medio de inspección y limpieza. Según las normas para construcción de alcantarillados, se recomienda colocar pozos de visita en los siguientes casos:

- a) En toda intercepción de colectores
- b) Al comienzo de todo colector
- c) En todo cambio de sección o diámetro
- d) En todo cambio de dirección o pendiente
- e) En tramos rectos, a distancias no mayores de 100 a 120 metros
- f) En las curvas de colectores visitables, a no más de 30 metros

La forma constructiva de los pozos de visita se ha normalizado considerablemente y se han establecido diseños que se adoptan de un modo general.

Los pozos tienen en su parte superior un marco y una tapa de hierro fundida o de concreto, con una abertura neta de 0.50 a 0.60 m. El marco descansa sobre las paredes, que se ensanchan hasta alcanzar un diámetro de 1.20 a 1.50 m de la boca del pozo, continuando con este diámetro hasta llegar a la alcantarilla. La profundidad es variable y las paredes suelen ser construidas de ladrillo de barro cocido, cuando son pequeños; y de concreto cuando son muy grandes y profundos.

El fondo de los pozos de visita se hace regularmente de concreto, dándole a la cara superior una ligera pendiente hacia el canal abierto o hacia los canales que forman la continuación de los tubos de la alcantarilla.

Los canales se recubren, a veces, con tubos partidos o seccionados por su diámetro. Los cambios de dirección se hacen en los canales. Hay que hacer notar que el pozo de visita tiene un fondo plano solamente en los casos en que todos los tramos arranquen de él, y que cuando el pozo sea usado a la vez para tuberías que pasan a través y otras de arranque, la diferencia de cotas invert entre el tubo de arranque y el que pasa tiene que ser, como mínimo, el diámetro de la tubería mayor.

En los pozos de visita profundos se disponen escalones para que se pueda bajar para inspeccionar y limpiar. Estos escalones suelen ser de varillas de hierro, empotrados en las juntas de los ladrillos. Para este caso particular se usarán pozos fundidos, ya que la municipalidad de Jalapa cuenta con los moldes respectivos (ver detalles de pozos en planos).

2.3.11. Conexiones domiciliarias

Una conexión domiciliar es un tubo que lleva las aguas servidas desde una vivienda o edificio a una alcantarilla común o a un punto de desagüe. Ordinariamente, al construir un sistema de alcantarillado es costumbre establecer y dejar prevista una conexión en Y o en T en cada lote edificado o en cada lugar donde haya que conectar un desagüe doméstico. Las conexiones deben taparse e impermeabilizarse para evitar la entrada de aguas subterráneas y raíces. En colectores pequeños es más conveniente una conexión en Y, ya que proporciona una unión menos violenta de los escurrimientos que la que se consigue con una conexión en T.

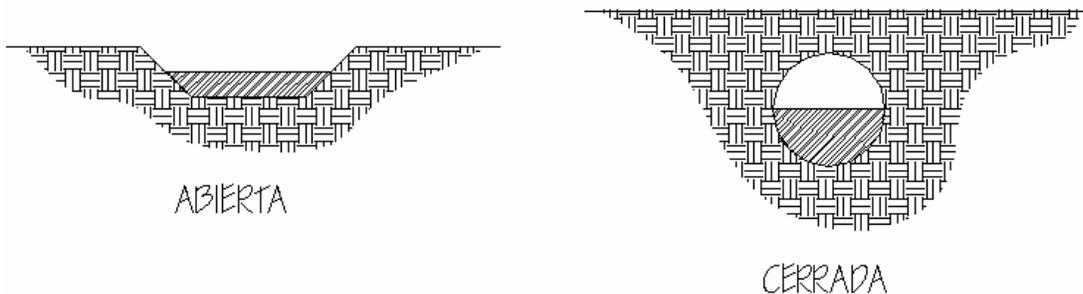
Sin embargo, la conexión en T es más fácil de instalar en condiciones difíciles. Una conexión en T, bien instalada, evita que las aguas negras retornen por la conexión doméstica cuando el colector esté funcionando a toda su capacidad.

La conexión doméstica se hace por medio de una caja de inspección, construida de mampostería o con tubos de concreto colocados en forma vertical (candelas), en la cual se une la tubería proveniente del drenaje de la edificación a servir con la tubería que desaguará en el colector principal. La tubería entre la caja de inspección y el colector debe tener un diámetro no menor a 4" y debe colocarse con una pendiente de 2% como mínimo, para sistemas con tubería PVC.

2.3.12. Principios hidráulicos

Las alcantarillas basan su funcionamiento en transportar el agua de desecho en conductos libres, que están en contacto con el aire, a los cuales se les conoce como canales. El flujo queda determinado por la pendiente del canal y la superficie del material del cual está construido. La sección del canal, como se muestra en la figura 2, puede ser abierta o cerrada. En el caso de los sistemas de alcantarillado se emplean canales cerrados circulares, en donde la superficie del agua está sometida a la presión atmosférica y, eventualmente, a presiones producidas por los gases que se forma en el canal.

Figura 2. Sección de canal



2.3.12.1. Relaciones hidráulicas

Al realizar el cálculo de las tuberías que trabajan a sección parcialmente llena para poder agilizar de alguna manera los resultados de velocidad, área, caudal, perímetro mojado y radio hidráulico, se relacionaron los términos de la sección totalmente llena con los de la sección parcialmente llena. De los resultados obtenidos se construyeron las tablas, utilizando para eso la fórmula de Manning.

La utilización de las tablas se realizó determinando primero la relación (q/Q) . Dicho valor se busca en las tablas; si no se encuentra el valor exacto, se busca uno aproximado. En la columna de la izquierda se ubica la relación (v/V) , y obteniendo este valor se multiplica por el obtenido por la velocidad a sección llena y se logra saber así la velocidad a sección parcial. Sucesivamente se obtienen los demás valores de chequeo. En la tabla I se muestran las relaciones hidráulicas para una alcantarilla de sección circular.

Tabla I. Relaciones hidráulicas para sección circular

d/D	a/A	v/V	q/Q	d/D	a/A	v/V	q/Q
0.0100	0.0017	0.0880	0.00015	0.1025	0.0540	0.4080	0.02202
0.0125	0.0237	0.1030	0.00024	0.1050	0.0558	0.4140	0.02312
0.0150	0.0031	0.1160	0.00036	0.1075	0.0578	0.4200	0.02429
0.0175	0.0039	0.1290	0.00050	0.1100	0.0599	0.4260	0.02550
0.0200	0.0048	0.1410	0.00067	0.1125	0.0619	0.4320	0.02672
0.0225	0.0057	0.1520	0.00087	0.1150	0.0639	0.4390	0.02804
0.0250	0.0067	0.1630	0.00108	0.1175	0.0659	0.4440	0.02926
0.0275	0.0077	0.1740	0.00134	0.1200	0.0680	0.4500	0.03059
0.0300	0.0087	0.1840	0.00161	0.1225	0.0701	0.4560	0.03194
0.0325	0.0099	0.1940	0.00191	0.1250	0.0721	0.4630	0.03340
0.0350	0.0110	0.2030	0.00223	0.1275	0.0743	0.4680	0.03475
0.0375	0.0122	0.2120	0.00258	0.1300	0.0764	0.4730	0.03614
0.0400	0.0134	0.2210	0.00223	0.1325	0.0786	0.4790	0.03763
0.0425	0.0147	0.2300	0.00338	0.1350	0.0807	0.4840	0.03906
0.0450	0.0160	0.2390	0.00382	0.1375	0.0829	0.4900	0.04062
0.0475	0.0173	0.2480	0.00430	0.1400	0.0851	0.4950	0.04212
0.0500	0.0187	0.2560	0.00479	0.1425	0.0873	0.5010	0.04375
0.0525	0.0201	0.2640	0.00531	0.1450	0.0895	0.5070	0.04570
0.0550	0.0215	0.2730	0.00588	0.1475	0.0913	0.5110	0.04665
0.0575	0.0230	0.2710	0.00646	0.1500	0.0941	0.5170	0.04863
0.0600	0.0245	0.2890	0.00708	0.1525	0.0964	0.5220	0.05031
0.0625	0.0260	0.2970	0.00773	0.1550	0.0986	0.5280	0.05208
0.0650	0.0276	0.3050	0.00841	0.1575	0.1010	0.5330	0.05381
0.0675	0.0292	0.3120	0.00910	0.1600	0.1033	0.5380	0.05556
0.0700	0.0308	0.3200	0.00985	0.1650	0.1080	0.5480	0.05916
0.0725	0.0323	0.3270	0.01057	0.1700	0.1136	0.5600	0.06359
0.0750	0.0341	0.3340	0.01138	0.1750	0.1175	0.5680	0.06677
0.0775	0.0358	0.3410	0.01219	0.1800	0.1224	0.5770	0.07063
0.0800	0.0375	0.3480	0.01304	0.1850	0.1273	0.5870	0.07474
0.0825	0.0392	0.3550	0.01392	0.1900	0.1323	0.6960	0.07885
0.0850	0.0410	0.3610	0.01479	0.1950	0.1373	0.6050	0.08304
0.0875	0.0428	0.3680	0.01574	0.2000	0.1424	0.6150	0.08756
0.0900	0.0446	0.3750	0.01672	0.2050	0.1475	0.6240	0.09104
0.0925	0.0464	0.3810	0.01792	0.2100	0.1527	0.6330	0.09663

Continuación

d/D	a/A	v/V	q/Q	d/D	a/A	v/V	q/Q
0.2200	0.1631	0.6510	0.10619	0.5900	0.6140	1.0700	0.65488
0.2250	0.1684	0.6590	0.11098	0.6000	0.6265	1.0700	0.64157
0.2300	0.1436	0.6690	0.11611	0.6100	0.6389	1.0800	0.68876
0.2350	0.1791	0.6760	0.12109	0.6200	0.6513	1.0800	0.70537
0.2400	0.1846	0.6840	0.12623	0.6300	0.6636	1.0900	0.72269
0.2450	0.1900	0.6920	0.13148	0.6400	0.6759	1.0900	0.73947
0.2500	0.1955	0.7020	0.13726	0.6500	0.6877	1.1000	0.75510
0.2600	0.2066	0.7160	0.14793	0.6600	0.7005	1.1000	0.77339
0.2700	0.2178	0.7300	0.15902	0.6700	0.7122	1.1100	0.78913
0.3000	0.2523	0.7760	0.19580	0.7000	0.7477	1.1200	0.85376
0.3100	0.2640	0.7900	0.20858	0.7100	0.7596	1.1200	0.86791
0.3200	0.2459	0.8040	0.22180	0.7200	0.7708	1.1300	0.88384
0.3300	0.2879	0.8170	0.23516	0.7300	0.7822	1.1300	0.89734
0.3400	0.2998	0.8300	0.24882	0.7400	0.7934	1.1300	0.91230
0.3500	0.3123	0.8430	0.26327	0.7500	0.8045	1.1300	0.92634
0.3600	0.3241	0.8560	0.27744	0.7600	0.8154	1.1400	0.93942
0.3700	0.3364	0.8680	0.29197	0.7700	0.8262	1.1400	0.95321
0.3800	0.3483	0.8790	0.30649	0.7800	0.8369	1.3900	0.97015
0.3900	0.3611	0.8910	0.32172	0.7900	0.8510	1.1400	0.98906
0.4000	0.3435	0.9020	0.33693	0.8000	0.8676	1.1400	1.00045
0.4100	0.3860	0.9130	0.35246	0.8100	0.8778	1.1400	1.00045
0.4200	0.3986	0.9210	0.36709	0.8200	0.8776	1.1400	1.00965
0.4400	0.4238	0.9430	0.39963	0.8400	0.8967	1.1400	1.03100
0.4500	0.4365	0.9550	0.41681	0.8500	0.9059	1.1400	1.04740
0.4600	0.4491	0.9640	0.43296	0.8600	0.9149	1.1400	1.04740
0.4800	0.4745	0.9830	0.46647	0.8800	0.9320	1.1300	1.06030
0.4900	0.4874	0.9910	0.48303	0.8900	0.9401	1.1300	1.06550
0.5000	0.5000	1.0000	0.50000	0.9000	0.9480	1.1200	1.07010
0.5100	0.5126	1.0090	0.51719	0.9100	0.9554	1.1200	1.07420
0.5200	0.5255	1.0160	0.53870	0.9200	0.9625	1.1200	1.07490
0.5300	0.5382	1.0230	0.55060	0.9300	0.9692	1.1100	1.07410
0.5400	0.5509	1.0290	0.56685	0.9400	0.9755	1.1000	1.07935
0.5500	0.5636	1.0330	0.58215	0.9500	0.9813	1.0900	1.07140

2.3.13. Cálculo hidráulico

Para el diseño de sistemas de alcantarillado se debe considerar un aspecto importante, como lo es la pendiente del terreno, ya que de esta depende la pendiente que adoptará la tubería; así mismo, las cotas invert de entrada y salida, lo cual es básicamente lo que determina la profundidad de la localización de la tubería y la profundidad de los pozos de visita. Los detalles se presentan en el diseño mostrado en la hoja de cálculo que se presenta en los Anexos y se ejemplifican en el diseño de un tramo a continuación

2.3.13.1. Ejemplo del diseño de un tramo

Se diseñará el tramo comprendido entre el pozo de visita PV 10 y PV 11; los datos necesarios para calcularlo son los siguientes:

- **Características**

Tipo de sistema	Alcantarillado sanitario
Tramo	De P.V. 1 a P.V. 2
Distancia	28.13 m
Población futura del tramo	81

- **Cotas del terreno**

Inicial 100.40 m
Final 99.83 m

- **Pendiente del terreno**

$$P = \frac{(CT \text{ Inicial} - CT \text{ Final}) * 100}{\text{Distancia}}$$

$$P = \frac{(100.40 - 99.83) * 100}{100.00}$$

$$P = 2.03\%$$

- **Caudal medio**

$$Q_{med} = Q_{dom} + Q_{C.I} + Q_{Inf.}$$

$$Q_{dom} = \text{No. Hab.} * \text{Dotación} * F.R / 86400$$

$$Q_{dom} = 81 * 150 * 0.80 / 86400$$

$$Q_{dom} = 0.113 \text{ l/s}$$

$$Q_{C.I} = (\text{No. Hab.} * \text{Dot. Con. Ilic.} / 86400)$$

$$Q_{C.I} = (81 * 50 / 86400)$$

$$Q_{C.I} = 0.047 \text{ l/s}$$

$$Q_{Inf} = 0.00 \text{ l/s}$$

$$Q_{med} = 0.113 \text{ l/s} + 0.047 \text{ l/s} + 0.00 \text{ l/s}$$

$$Q_{med} = 0.159 \text{ l/s}$$

- **Factor de caudal medio**

$$FQM = Q_{med} / \text{No. Hab.}$$

$$FQM = 0.159/81$$

$$FQM = 0.002$$

- **Factor de Harmond**

$$FH = (18 + P^{1/2}) / (4 + P^{1/2}) \text{ y } P = 81/1000$$

$$FH = (18 + 0.081^{1/2}) / (4 + 0.081^{1/2})$$

$$FH = 4.27$$

- **Caudal de diseño**

$$q_{dis} = \text{No. Hab.} * FQM * F.H$$

$$q_{dis} = 81 * 0.002 * 4.27$$

$$q_{dis} = 0.69 \text{ l/s}$$

- **Diámetro de tubería**

$$6''$$

- **Pendiente de tubería**

$$2.00\%$$

- **Velocidad a sección llena**

$$V = 0.03429 / n * (D * 0.0254)^{2/3} * S^{1/2}$$

$$V = 0.03429/0.010 * (6 * 0.0254)^{2/3} * 2^{1/2}$$

$$V = 0.62 \text{ m/s}$$

- **Caudal a sección llena**

$$Q_{sec \text{ llena}} = A * V$$

$$Q_{sec \text{ llena}} = \pi/4 * (6 * 0.0254)^2 * 0.62 * 1000 \text{ l/1 m}^3$$

$$Q_{sec \text{ llena}} = 26.53 \text{ l/s}$$

- **Relación de caudales**

$$q_{dis} / Q_{sec\ llena} = q_{dis} / Q_{sec\ llena}$$

$$q_{dis} / Q_{sec\ llena} = 0.69 / 26.53$$

$$q_{dis} / Q_{sec\ llena} = 0.261$$
- **Relación de velocidad**

$$v / V = 0.428$$
- **Relación de tirantes**

$$d / D = 0.11$$
- **Velocidad a sección parcial**

$$\sqrt{v} = V * v / V$$

$$\sqrt{v} = 0.62 * 0.428$$

$$\sqrt{v} = 1.44 \text{ m/s}$$
- **Chequeo**

Caudal	0.159 < 26.53	q _{dis} sí cumple
Velocidad	0.40 < 1.44 < 5.00	v sí cumple
Tirante	0.10 < 0.11 < 0.75	d sí cumple
- **Distancia horizontal efectiva**

Diámetro de pozos: 1.20 metros

Grosor de paredes: Ladrillo tayuyo 21 * 12.5 * 6.5

$$DH_{efec} = \text{distancia entre pozos} - ((\varnothing 1 \text{ pv1} + \text{grosor paredes pv1}) / 2) + ((\varnothing 2 \text{ pv2} + \text{grosor paredes pv2}) / 2)$$

$$DH_{efec} = 28.13 - ((1.20 + 0.46) / 2) + ((1.20 + 0.46) / 2)$$

$$DH_{efec} = 26.47 \text{ m}$$
- **Cota invert de salida del pozo 10**

$$C_{is} = \text{cota invert entrada del pozo 10} - 0.03$$

$$C_{is} = 98.32 - 0.03$$

$$C_{is} = 98.29$$

Donde:

C_{is} = Cota invert salida del pozo 10

- **Cota invert entra al pozo 11**

$$C_{ie} = \text{cota invert de salida del pozo 10 (} C_{is} \text{)} - (1.5\% * \text{ distancia efectiva })$$

$$C_{ie} = 98.29 - (2.00\% * 26.47)$$

$$C_{ie} = 98.73$$

Donde:

C_{ie} = Cota invert entra del pozo 11

- **Profundidad del pozo 10**

$$\text{Alt Pv10} = \text{cota del terreno} - \text{cota invert de salida del pozo 10}$$

$$\text{Alt Pv10} = 100.40 - 98.29 + .015$$

$$\text{Alt Pv10} = 2.10$$

- **Altura del pozo 11**

$$\text{Alt Pv11} = \text{cota del terreno} - \text{cota invert de salida del pozo 11}$$

$$\text{Alt Pv11} = 99.83 - 97.73 + 0.015$$

$$\text{Alt Pv11} = 2.10$$

- **Volumen de excavación de zanja**

$$\text{Vol. Exc.} = [(\{ H1 + H2 \} / 2) * d * Z]$$

$$\text{Vol. Exc.} = [(\{ 2.10 + 2.10 \} / 2) * 26.47 * 0.60]$$

$$\text{Vol. Exc.} = 33.35 \text{ m}^3$$

2.3.14. Desfogue

Para desfogar las aguas recolectadas en los distintos ramales que componen este sistema de drenajes, se utilizará el colector municipal principal, ya que las condiciones del terreno y del sistema mismo permiten que se ingieran las aguas negras sin ningún obstáculo.

Ambos sistemas se interceptan en un punto, y por lo tanto facilitan la interconexión de las aguas de la Colonia Chichilla, ya que este colector fue diseñado para recoger todas estas aguas y trasladarlas hacia un punto donde se pretende construir una planta de tratamiento general para todas las aguas negras de la cabecera departamental de Jalapa.

2.3.15. Presupuesto del proyecto

En la integración del presupuesto se consideraron como costos directos: la mano de obra calificada, la no calificada, las prestaciones laborales, los materiales de construcción y el transporte de los mismos. Como costos indirectos se consideraron: la supervisión técnica, los costos de administración y la utilidad. Los salarios de la mano de obra se estimaron con base en el salario mínimo establecido por la ley. En cuanto al precio de los materiales, se tomaron los que se manejan en la región.

Tabla II. Resumen del presupuesto del alcantarillado sanitario para la Colonia Chichilla

REGLÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL(Q)
REPLANTEO TOPOGRÁFICO	3290.00	ML	Q2.06	6,777.40
PRELIMINARES	3290.00	ML	Q1.85	6,086.50
EXCAVACIÓN	680.00	M3	Q41.87	28,471.60
TUBERÍA PVC JUNTA RÁPIDA NORMA ASTM D-3034	3290.00	ML	Q112.00	368,480.00
POZO DE VISITA	45.00	UNIDAD	Q8,873.59	399,311.55
CONEXIONES DOMICILIARES	167.00	UNIDAD	Q472.07	78,835.69
COSTO TOTAL DEL PROYECTO				Q887,962.74

3. DISEÑO DEL PUENTE VEHICULAR LOS LAURELES

3.1. Descripción del proyecto

El proyecto tiene como fin primordial cruzar la quebrada que une la colonia Bosques de Viena con la colonia Los Laureles, logrando una vía de comunicación corta y económica para el beneficio de los habitantes del lugar.

Se diseñará un puente vehicular de una vía, de 8 m de largo por 3.8 m de ancho y banquetas laterales de 0.60 m. El puente contará con los elementos estructurales siguientes: estribos de concreto ciclópeo, viga de apoyo, corona, vigas principales, diafragmas externos, losa de rodadura y banquetas, de concreto armado. Los barandales se construirán de metal.

Además contará con drenaje y protección en los aproches, mediante gaviones.

3.2. Estudio hidrológico

3.2.1. Crecientes

Las crecientes en un río pueden dividirse en tres tipos, los cuales se muestran a continuación:

1. Crecida normal: la que mantiene el río y varía muy poco
2. Crecida máxima: la que ocurre casi anualmente en el invierno

3. Crecida máxima

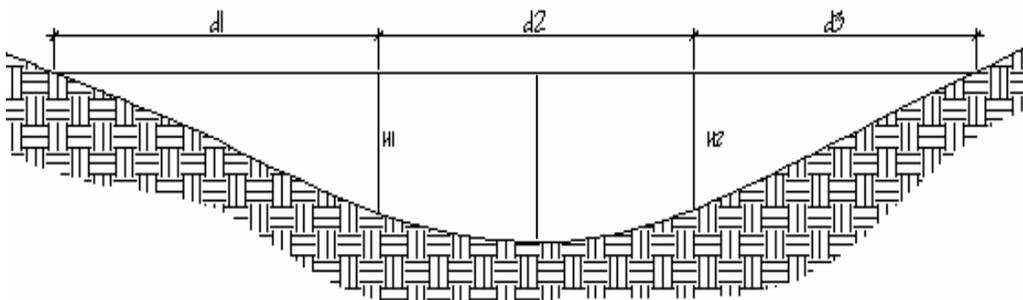
extraordinaria: la que ocurre cuando se da un fenómeno natural (lluvias muy intensas)

En el diseño de un puente se debe considerar la crecida máxima. Generalmente se coloca la superestructura a dos metros de la crecida máxima. Para el cálculo de los caudales que puedan tener los ríos existen varios métodos entre los cuales tenemos: aforo directo con molinete, vertederos, volumétrico, aforo químico, sección-pendiente, etc. El método que se utilizó en el presente proyecto fue el de sección pendiente, el cual se explica a continuación.

3.2.1.1. Método de sección-pendiente

Es uno de los métodos más utilizados en lugares donde no es posible recabar información suficiente para un cálculo confiable. Para obtener la crecida máxima se procede a consultar a los habitantes del lugar, así como a buscar señales que han dejado las crecidas anteriores y registros en archivos o crónicas locales. Al definir una altura de crecida, se obtiene el valor del área de la sección, para ello se calcula el área de influencia de cada sección parcial.

Figura 3. Área de la sección del río



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

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

$$AT = A1 + A2$$

$$A1 = (4/2+2/2)*0.45 = 1.35 \text{ m}^2$$

$$A2 = (2/2+4/2)*0.50 = 1.50 \text{ m}^2$$

$$AT = 2.85 \text{ m}^2$$

Luego se obtiene el valor de la velocidad “v” por medio de la fórmula de Manning:

$$V = 1/N * R^{(2/3)} * S^{(1/2)}$$

Donde:

V= Velocidad (m/s)

R= Radio hidráulico

S= Pendiente

N= coeficiente de rugosidad

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

N = 0.04 (superficie limosa)

R = AT/PM

Pendiente para el caudal máximo 1.03%

Altura crecida 0.5m

Área de desalojo 2.85m²

3.2.2. Cálculo del caudal máximo

Datos:

$$\text{Área} = 2.85\text{m}^2$$

$$\text{Pendiente} = 1.03\%$$

$$\text{Coeficiente de rugosidad} = 0.04$$

$$\text{Perímetro mojado} = 13.11\text{m}$$

Cálculos:

$$R = A/P.M. = 2.85/13.11 = 0.2174$$

$$V = 1/0.04 * 0.4347^{(2/3)} * 0.0103^{(1/2)} = 1.43 \text{ m/s}$$

$$Q = V * A = 1.43 * 2.85 = 4.075 \text{ m}^3/\text{s}$$

De acuerdo a estos resultados, la altura del puente es:

$$H = \text{cota de cimentación} + \text{crecida extra máxima} + 2 \text{ m}$$

$$H = 0.80 + 1.70 + 2 = 4.50 \text{ m}$$

3.3. Levantamiento topográfico

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

Se realizaron los levantamientos siguientes:

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

Con la información obtenida se procedió a dibujar el eje y las secciones transversales, que se muestran en el plano planta perfil, sección 4.1, de los Anexos.

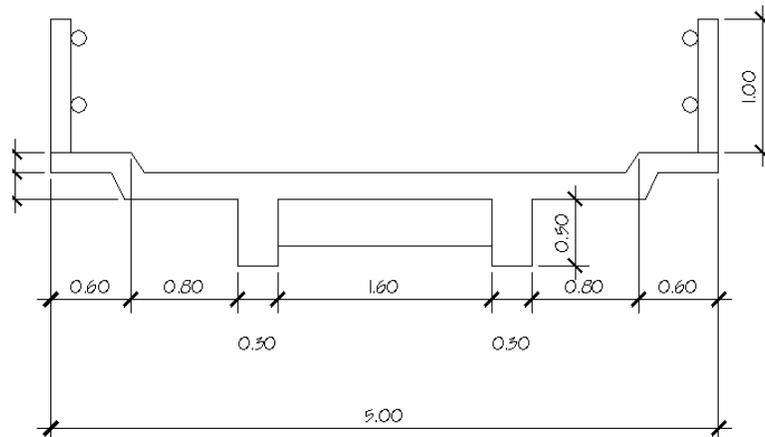
3.4. Evaluación del tipo de suelo

Debido a la falta de recursos de la municipalidad, no fue posible realizar los ensayos correspondientes para determinar la calidad del suelo, por lo que se recurrió a una observación de campo, acompañada de una pequeña perforación; de lo cual se dedujo que el suelo es de tipo arenoso y con base en esto, se presumió un valor soporte de 15,000 kg/m², con una cota de cimentación de 0.80 m.

3.5. Geometría

El puente estará conformado por una superestructura de concreto armado, compuesta de una sección de viga y losa, simplemente apoyada, vigas de apoyo y cortinas de concreto armado, estribos de concreto ciclópeo y barandales de protección; en conjunto conformará una estructura de 8 metros de largo y 5 metros de ancho.

Figura 4. Geometría de la superestructura



3.6. Datos y bases de diseño

Para el diseño de los diferentes elementos se utilizaron las normas AASHTO y del ACI, empleando teoría de esfuerzo último. Teniendo en cuenta que el ancho del camino es de aproximadamente 5m, la accesibilidad al sitio no es buena, por lo que el tipo de carga esperada será de un camión de dos ejes. Los datos para diseño son los siguientes:

Sobrecarga	H-15-44 = 12,000 libras
Ancho útil	3.80m
Luz útil	8 m
Resistencia del concreto	$F_c = 210 \text{ kg/cm}^2$
Resistencia del acero	$F_y = 2,810 \text{ kg/cm}^2$
Peso del concreto ciclópeo	$W_{cc} = 2,500 \text{ kg/m}^3$
Peso del concreto armado	$W_c = 2,400 \text{ kg/m}^3$
Capacidad soporte del suelo	$15,000 \text{ kg/m}^2$
Luz total	8.70 m
Ancho total	5.00 m

3.7. Diseño de la superestructura

La superestructura estará compuesta por losa de rodadura, 2 vigas principales, 2 diafragmas, banquetas laterales y barandales.

3.7.1. Predimensionamiento de la sección de la viga

La sección de las vigas principales se determinó basándose en la luz de las mismas; se recomienda un peralte no menor que $L/16$, y la base no deberá ser menor que el peralte sobre 3.5.

Por criterio personal se propone:

Altura = 0.70m

Base = 0.30m

La luz eficaz entre vigas será de 1.6 m = S.

3.7.2. Diseño de losa

3.7.2.1. Cálculo del peralte

Según especificación AASHTO 8.9.2. para losas con refuerzo principal perpendicular a la dirección del tráfico del tránsito se recomienda:

$$T = 1.2 (L+3.05) /30 \geq 0.17\text{m}$$

Donde: T= espesor

L= luz libre entre vigas

$$T = 1.2(1.6+3.05) /30 = 0.19\text{m}$$

Se utilizará un espesor de 20 cm.

3.7.2.2. Integración de cargas

- **Carga muerta**

$$W \text{ losa} = 0.2 * 2,400 * 1 = 480 \text{ kg/m}$$

$$W \text{ asfalto} = 0.05 * 2100 * 1 = 105 \text{ kg/m}$$

$$W \text{ barandal} = (\text{tubo proceso}) = 40 \text{ kg/m}$$

$$\text{-----}$$
$$W_{cm} = 625 \text{ kg/m}$$

- **Sobrecarga**

$$p(\text{eje mas pesado}) = 12,000 \text{ lbs } \acute{o} \text{ 5,454 kg}$$

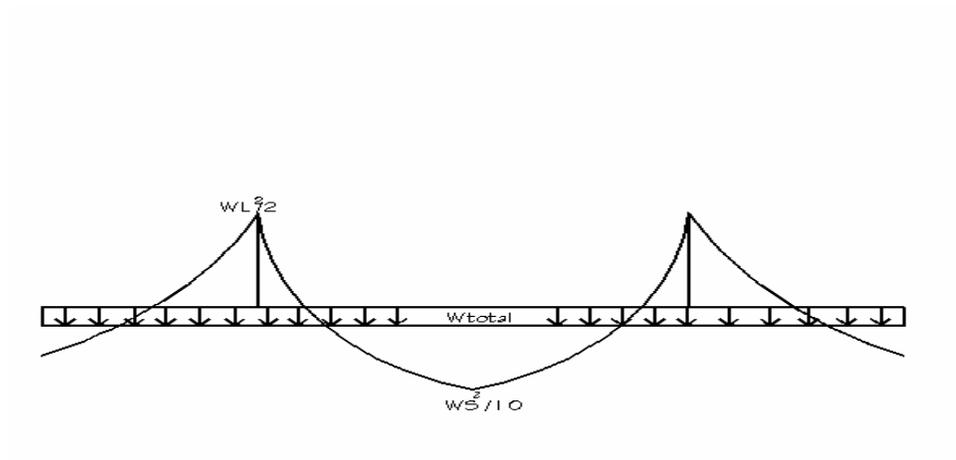
3.7.2.3. Cálculo de momentos

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.

3.7.2.3.1. Momento debido a la carga muerta

El momento debido a la carga muerta se obtiene al calcular el momento positivo y negativo, mostrado en el siguiente diagrama, y de ambos se escoge el mayor.

Figura 5. Diagrama de momentos



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

Donde: W_{cmu} = carga muerta última
 S = luz libre entre vigas
 L = luz del voladizo

$$M_{cm} = WS^2/10 = 625 * 1.6^2/10 = 160 \text{ kg-m.}$$

$$M_{cm} = WL^2/2 = 625 * 1.40^2/2 = 612.50 \text{ kg-m.}$$

3.7.2.3.2. 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: $S =$ luz libre entre vigas(pies) = 5.25 pies
 $P =$ eje mas pesado(lb)=12,000 lb.

$$M_{cv} = [0.8 + (5.25 + 2)/32] * 12.000 = 2,175 \text{ lb-pie} = 301.41 \text{ kg-m}$$

3.7.2.3.3. Momento debido al impacto

El momento debido al impacto está especificado como una fracción de la carga viva y puede ser menor o igual al 30% de la misma, según AASHTO 3.8.2.1.

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

Donde:

$I =$ fracción de impacto

$S = 1.6 \text{ m.}$

$$I = 15 / (1.6 + 38) = 0.38$$

Como $38\% > I_{\max}$, utilizar $I_{\max} = 30\%$

3.7.2.3.4. Momento último

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

$$M_u = 1.3[M_{cm} + 5/3(M_{cv} * I)]$$

$$M_u = 1.3(612.50 + 5/3(301.41 * 1.3)) = 1,645 \text{ kg-m}$$

3.7.2.4. Cálculo del peralte efectivo

El peralte efectivo se determina de la siguiente manera:

$d = t - \text{Recubrimiento} - \frac{1}{2} \text{ Diámetro}$ (se usará varilla No 5)

$$d = 20 - 2.5 - 1.59/2 = 16.70 \text{ cm}$$

3.7.2.5. Cálculo de refuerzo transversal cama inferior

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

$$A_s = [b \cdot d - \sqrt{(b \cdot d)^2 - (M_u \cdot b) / (0.003825 \cdot f'_c)}] \cdot 0.85 \cdot f'_c / f_y$$

Donde:

$$\phi = 0.85$$

$$M_u = 1,645 \text{ kg-m}$$

$$d = 16.70 \text{ cm}$$

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

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

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

$$A_s = 3.97 \text{ cm}^2$$

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

$$A_{s_{\min}} = \rho_{\min} \cdot b \cdot d$$

$$\rho_{\min} = 14.1 / F_y$$

$$A_{s_{\max}} = 0.5 \rho_{\text{bal}} \cdot b \cdot d \quad \rho_{\text{bal}} = B_1 \cdot (0.85 \cdot f'_c / F_y) \cdot (6120 / (6120 + F_y))$$

Donde:

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

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

$$B_1 = 0.85$$

$$d = 16.70 \text{ cm}$$

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

Sustituyendo valores se tiene:

$$\rho_{\min} = 0.005$$

$$A_{s_{\min}} = 8.38 \text{ cm}^2$$

$$\rho_{\text{bal}} = 0.38876$$

$$A_{s_{\max}} = 30.85 \text{ cm}^2$$

Como el área de acero calculado es menor que el área de acero mínima, se utilizará:

$$A_{s_{\min}} = 8.38 \text{ cm}^2$$

Utilizando varilla No. 4, el armado quedará distribuido de la siguiente manera:

No. 4 @ 15 cm perpendicular al tránsito

- Refuerzo longitudinal cama superior e inferior

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

$$FL = 2.20/\sqrt{S}, \text{ donde } S = 1.6 \leq 0.67; \quad FL = 2.20/\sqrt{1.06} = 1.73 > 0.67$$

$$A_s = 0.67 * A_{s_{\text{Transversal}}} = 0.67 * 8.37 = 5.60 \text{ cm}^2$$

proponiendo un armado No.4 \cong 20 cm.

- Cálculo del refuerzo transversal cama superior

Se calcula refuerzo por temperatura.

$$A_s_{Temp.} = 0.002 b \cdot T$$

$$A_s_{Temp} = 0.002 \cdot 100 \cdot 20 = 4 \text{ cm}^2$$

Utilizando refuerzo No.3 el armado queda distribuido de la siguiente manera:

No.3 \cong 17 cm, colocado en la cama superior perpendicular al tráfico.

3.7.3. Refuerzo de acero

Para el refuerzo de acera, se tomará el mismo que el de la losa tanto transversal como longitudinal.

En la cama inferior No.4 \cong 15 cm transversal

En la cama superior No. 3 \cong 17 cm transversal

En ambas camas No.4 \cong 20 cm longitudinal

3.7.4. Diseño de vigas

Según el predimensionamiento de la sección de viga, utilizado en el inciso 3.7.1, se tiene:

$$\text{Base} = 0.30 \text{ m}$$

$$\text{Altura} = 0.70 \text{ m}$$

3.7.4.1. Cálculo del momento por carga muerta

El momento debido a la carga muerta es la sumatoria de los momentos que actúan en la viga.

$$W \text{ viga} + \text{ diafragmas} = b * h * Wc + P'$$

Donde, P' = peso diafragma/No. de vigas

$$W \text{ viga} + \text{ diafragmas} = .0.30 * 0.70 * 2400 + ((0.30 * 0.40 * 2400) / 2)$$

$$W \text{ viga} + \text{ diafragmas} = 648 \text{ kg/m}$$

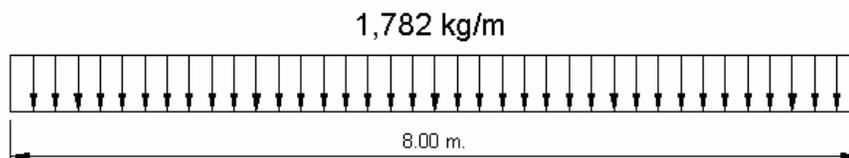
$$W \text{ losa} = 625 \text{ kg/m}$$

$$Cm = 1,273 \text{ kg/m}$$

$$Wcm = 1.4 * 1,273 = 1,782 \text{ kg-m}$$

El momento máximo se calcula respecto al siguiente diagrama.

Figura 6. Diagrama de carga muerta



$$M_{\max} = W_{cm} * L^2 / 8$$

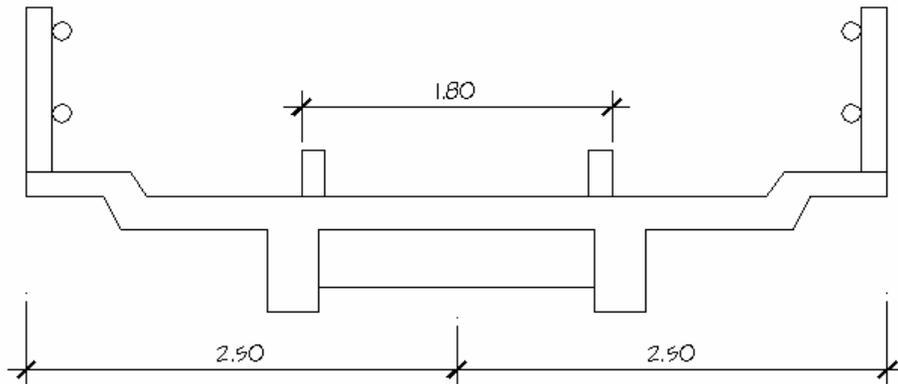
$$M_{\max} = (1,782 * 8^2) / 8$$

$$M_{\max} = 14,256 \text{ kg-m}$$

3.7.4.2. Cálculo del momento por sobrecarga

Según especificación AASHTO, puesto que la separación entre ejes de vigas es: $S = 2\text{m} > 1.80$, entonces la carga sobre cada viga será la reacción de las carga por rueda.

Figura 7. Diagrama de posición de cargas para obtener momentos máximos



- Reacción de carga que absorbe la viga

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

$S/1.75$; en donde S es la separación máxima entre vigas.

Fracción de carga $1.6/1.75 = 0.914$

La carga por rueda se obtiene de la siguiente manera:

Carga rueda trasera = $P * \text{fracción de carga} * \text{factor de carga última}$

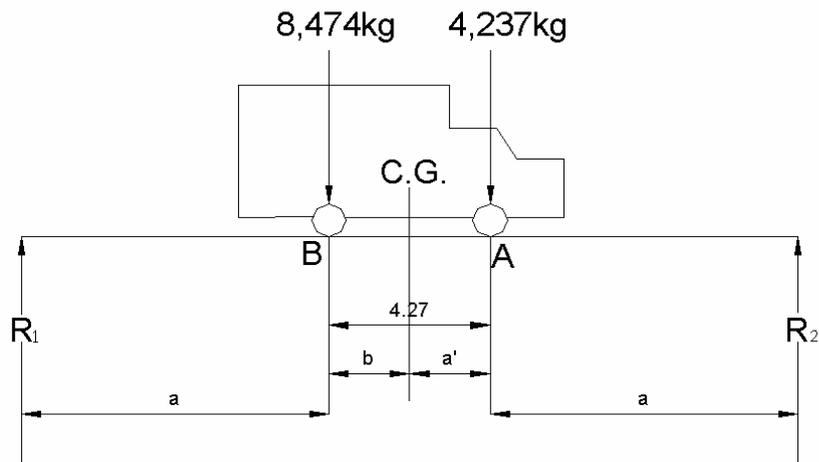
Carga rueda trasera = $5,454 * 0.914 * 1.7 = 8,474 \text{ kg.}$

Carga rueda delantera = $P * \text{fracción de carga} * \text{factor de carga última}$

Carga rueda delantera = $2,727 * 0.914 * 1.7 = 4,237 \text{ kg}$

Los momentos máximos debido a la sobrecarga se calculan respecto al siguiente diagrama de carga.

Figura 8. Diagrama de cuerpo libre para carga viva



Del diagrama anterior se obtiene el valor de "x", para lo cual es necesario hacer sumatoria de momento, y de esa manera identificar a que distancia se localiza el centro de gravedad.

$$M_{CG} = 0$$

$$8,474 X = 4,237*(4.27 - X)$$

$$X = 1.42m$$

De esta manera se determina "a", despejando la siguiente igualdad:

$$2a + x = 8$$

$$2a + 1.42 = 8$$

$$a = 3.29m$$

Contando con las distancias, se analiza por estática el diagrama de cargas anterior, se obtiene la reacción que existe en el apoyo "2" (R_2).

$$M_{R_2} = 0$$

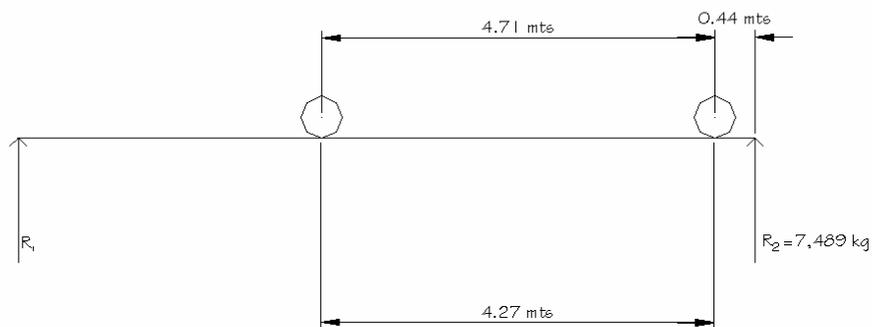
$$8 R_2 = 3.29 * 8,474 + 7.56 * 4,237$$

$$R_2 = 7,489 \text{ kg}$$

$$R_1 = 5,222 \text{ kg}$$

Para el momento máximo, se hace un corte en la sección donde se aplica la carga mayor y se hace el análisis del momento.

Figura 9. Diagrama de carga para obtener momentos máximos



$$M_{\max} = 7,489 * 4.71 - 4,237 * 4.27$$

$$M_{\max} = 17,781 \text{ kg-m}$$

3.7.4.3. Cálculo del momento debido al impacto

Aplicando el concepto del inciso 3.7.2.3.3, se tiene:

$$I = 15/(L+38) ; L = 8 \text{ mt}$$

$$I = 15/(8+38) = 0.32 > 0.30 \text{ utilizar } 0.30$$

3.7.4.4. Cálculo del momento total

El momento total se obtiene mediante la siguiente formula:

$$M_1\max = 1.3[M_{cm} + 5/3(M_{cv} * l * Fd)]$$

Fd = factor de distribución

Fd = fracción de carga = 0.914

$$M_1\max = 1.3[14,256 + 5/3(17,781 * 0.914 * 1.03)]$$

$$M_1\max = 64,309 \text{ kg-m}$$

3.7.4.5. Cálculo del refuerzo

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

$$M = 64,309 \text{ kg - m}$$

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

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

$$f'c = 270 \text{ kg/cm}^2$$

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

Se obtiene:

$$A_{s\min} = 9.78 \text{ cm}^2$$

$$A_s = 45.67 \text{ cm}^2$$

$$A_{s\max} = 46.32 \text{ cm}^2$$

Como $A_s \max > A_s > A_s \min$

El armado quedará de la siguiente manera:

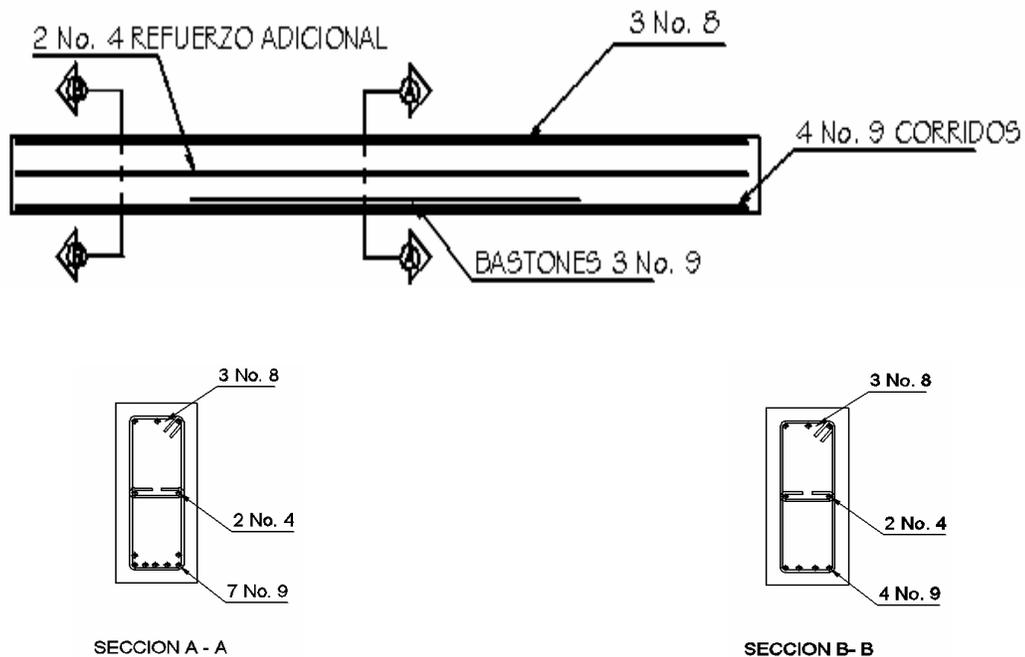
Cama inferior centro : 7 No. 9

Refuerzo adicional: $0.25 \text{ pulg.}^2 * \text{ cada pie de peralte de la viga} = 2\text{No. 4}$,

Cama superior: $33\%*(A_s) = 0.33*45.67 = 15.06 \text{ cm}^2 = 3 \text{ No. 8}$

Cama inferior en apoyos : $50\% A_s = 22.83 \text{ cm}^2 = 4 \text{ No. 9}$

Figura 10. Detalle de elevación de viga principal



3.7.4.6. Diseño a corte

3.7.4.6.1. Carga muerta

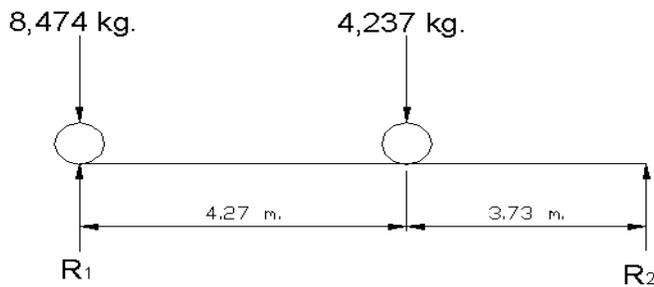
El esfuerzo cortante máximo se obtiene en los apoyos y se calcula por medio de la siguiente fórmula:

$$V_{\text{máx}} = W * L/2 + P = 2,083.20 * 8/2 + 326 = 8,658.80 \text{ kg}$$

3.7.4.6.2. Sobrecarga

El esfuerzo por sobrecarga se calcula por medio de la reacción que la estructura tiene cuando el camión está ingresando al puente.

Figura 11. Diagrama de posición de carga que producen corte máximo.



Realizando sumatoria de momentos en R_2 igual a cero, se obtiene la reacción R_1 , que, a su vez, es $V_{\text{máx}}$.

$$R_1 \cdot 8 = 8,474 \cdot 8 + 4,237 \cdot 3,73$$

$$R_1 = 10,449.50 \text{ kg} = V_{\text{máx}}$$

3.7.4.6.3. Esfuerzos cortantes totales

$$V_{\text{total Max}} = 1.3[V_{\text{cm}} + 5/3(V_{\text{cv}} \cdot I)]$$

$$V_{\text{total Max}} = 1.3[8,658.80 + 5/3(10,449.50 \cdot 1.3)]$$

$$V_{\text{total Max}} = 40,689.20 \text{ kg}$$

3.7.4.6.4. Refuerzo

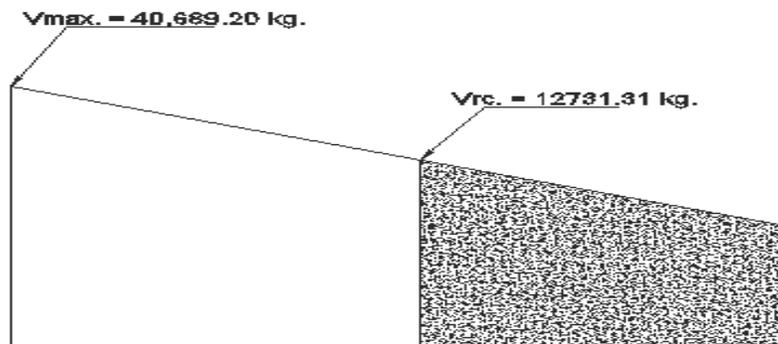
Con base en el diagrama de corte real y con la siguiente fórmula, se calcula la fuerza última de resistencia del concreto a corte:

$$V_{rc} = 0.85 * 0.53 * \sqrt{f'c} (b * d)$$

$$V_{rc} = 0.85 * 0.53 * \sqrt{210} (30 * 65)$$

$$V_{rc} = 12,731.31 \text{ kg}$$

Figura 12. Diagrama de corte



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

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

$$V_s = 40,689.20 - 12,731.31 = 27,957.90 \text{ kg}$$

Comprobando límites de espaciamiento:

$$\text{Si } \emptyset * 1.1 * \sqrt{F'c} * b * d < V_s < 2.1 * \sqrt{F'c} * b * d$$

$$S_{\text{máx}} = d/4$$

Pero si $V_s < \phi * 1.1 * F_c * b * d$

$$S_{\text{máx}} = d/2$$

Calculando:

$$0.85 * 1.1 * \sqrt{210} * 30 * 65 = 26,421.40 \text{ kg}$$

$$2.1 * \sqrt{210} * 30 * 65 = 59,342.18 \text{ kg}$$

Como $26,421.40 < V_s < 59,342.18$

$$S_{\text{máx}} = d/4$$

$$65/4 = 16.25 \text{ cm}$$

$$S_{\text{máx}} = 16 \text{ cm}$$

3.7.4.6.5. Cálculo del espaciamiento

Para su cálculo se utiliza la siguiente fórmula:

$$S = A_v * F_y * d / V_s$$

Utilizando refuerzo No. 3:

$$S = 2 * 0.71 * 2,810 * 65 / 27,957.90 = 9.27 \text{ cm}$$

$$S = 9 \text{ cm}$$

La longitud que cubre el espaciamiento en los extremos se determina de la siguiente manera:

$$V_{\text{máx}}/4 = V_{rc}/X$$

X = la longitud en los extremos donde el espaciamiento sera de 9 cm

$$40,689.20/4 = 12,731.31/X$$

$$X = 1.25 \text{ m}$$

14 estribos @ 0.9 cm y 17 estribos @ 16 cm

3.7.5. Diseño de diafragmas

La especificación de AASHTO 8.12.1 indica que deben colocarse diafragmas en los extremos de las vigas T y de las vigas rectangulares, a menos que otros medios sean suministrados, para resistir cargas laterales y mantener la geometría de la sección.

La especificación AASHTO 8.12.2. dice que, en construcción, un diafragma intermedio es recomendado en el punto de máximo momento positivo para luces mayores de 40 pies.

Debido a que la luz del puente es de 8 m, no se utilizará diafragma intermedio.

Por especificación AASHTO, el predimensionamiento de la sección de los diafragmas se hará con la siguiente fórmula.

Diafragma exterior $h = 0.5 * h \text{ viga}$
 $H = 0.5 * 0.7 = 0.35 \text{ m}$
 $B = 0.5 * b \text{ viga}$
 $B = 0.5 * 0.3 = 0.15 \text{ m}$
Se Propone: altura 40 cm y base 30 cm.

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

Según especificación ACI:

$$A_s \text{ m\u00edn} = 14.1 / F_y * b * d$$

$$A_s \text{ m\u00edn} = 14.1./2,810 * 20 * 40$$

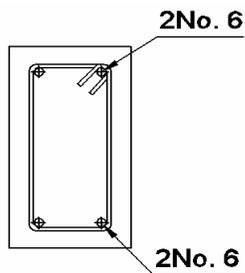
$$A_s = 4.01 \text{ cm}^2$$

El espaciamiento entre estribos(S), es de $\frac{1}{2} d$

$$S = 0.5*40 = 20\text{cm}$$

Proponiendo armado: 4 No. 6 +est No.3 @ 0.20m

Figura 13. Refuerzo de diafragmas



3.8. Dise\u00f1o de la subestructura

La subestructura est\u00e1 compuesta por los elementos siguientes: cortina, viga de apoyo y estribos.

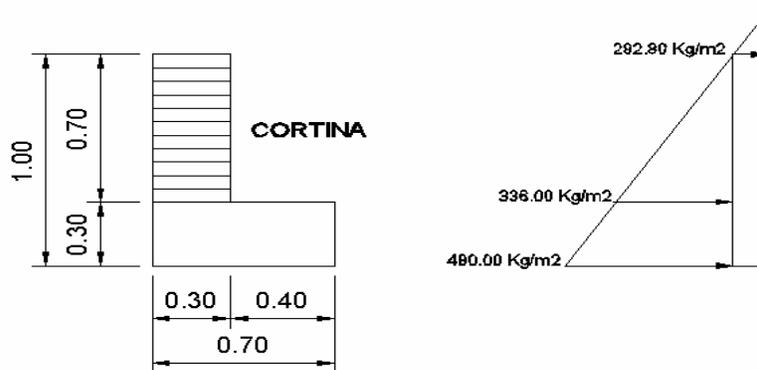
3.8.1. Dise\u00f1o de la cortina

Seg\u00fan AASTHO 1.2.22, la cortina est\u00e1 empotrada sobre la viga de apoyo, actuando en ella las fuerzas de: empuje de la tierra (E), fuerza longitudinal (FL), y fuerza de sismo (EQ).

De acuerdo a AASTHO 1.1.19, la estructura no debe diseñarse para menos de un equivalente liquido a 480 kg/m^3 .

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

Figura 14. Geometría de la cortina y viga de apoyo



3.8.1.1. Empuje de la tierra (E)

Se incrementa la altura del relleno en 0.61m

$$E = 292.8 + 336 \cdot 0.71 / 2 = 204.96 + 117.6$$

$$E = 322.56 \text{ kg/m}$$

3.8.1.2. Fuerza longitudinal (FL)

Según AASTHO 1.2.13, FL sera el 5% de la carga viva y su centro de gravedad a 1.8 sobre la superficie de rodadura.

$$Cv = 0.05 \cdot 15,000 \text{ kg}$$

$$Cv = 750 \text{ kg}$$

$$FL = Cv / L = 750 / 1.8$$

$$FL = 417 \text{ kg}$$

El brazo de FL = b

$$b = 0.7\text{m}$$

3.8.1.3. Fuerza de sismo(EQ)

Se utiliza el 8%, según criterio de la sección de puentes de la Dirección General de Caminos de Guatemala. El punto de aplicación se localiza en el centro de gravedad, actuando horizontalmente.

3.8.1.4. Grupos de cargas

$$W_{\text{Propio}} = 2,400 * 0.30 * 0.70 = 504 \text{ kg}$$

$$EQ = 0.08 * 504 = 40.32 \text{ kg}$$

El punto de aplicación se localiza en $b = \frac{1}{2} * 0.7 = 0.35\text{m}$ al centro de gravedad.

Para calcular el momento de diseño se utilizan los siguientes grupos de carga, según AASTHO 1.2.22.

Grupo III: esfuerzo 125% $M = E * b + FL * b$

Grupo VII: esfuerzo 133% $M = E * b + EQ * b$

Grupo III: esfuerzo 125%

$$M_{III} = 1.3(E * FL)$$

$$E = 99.19 \text{ kg-m}$$

$$FL = 417 * .07 = 291.9 \text{ kg-m}$$

$$M_{III} = 1.3(99.18 + 291.9)$$

$$M_{III} = 508.40 \text{ kg - m}$$

Grupo VII: esfuerzo 133%

$$MVII = 1.3(E + EQ * b)$$

$$MVII = 1.3(99.18 + 40.32 * 0.35)$$

$$MVII = 147.28 \text{ kg-m}$$

El momento máximo de los tres grupos calculados es el grupo III

$$M_{\max} = 508.40 \text{ kg-m}$$

3.8.1.5. Cálculo del refuerzo

Datos :

$$M = 508.40 \text{ kg-m}$$

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

$$d = 67.5 \text{ cm}$$

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

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

$$As = 0.29 \text{ cm}^2$$

$$As_{\min} = 10.16 \text{ cm}^2$$

$$As_{\max} = 30.38 \text{ cm}^2$$

Como $As < As_{\min}$, se utiliza $As_{\min} = 10.16 \text{ cm}^2$

Proponiendo armado 8 No.4

3.8.1.6. Refuerzo por corte

Grupo III:

$$V = 1.3(E+FL)$$

$$V = 1.3(322.56+417) = 961.43 \text{ kg}$$

Grupo VII:

$$V = 1.3(E + EQ)$$

$$V = 1.3(322.56+40.32) = 471.74 \text{ kg}$$

Tomando la mayor de las cargas, en este caso corresponde la carga del grupo III.

$$V_{\max} = 961.43 \text{ kg}$$

$$V_{rc} = 0.85 * 0.53 * \sqrt{210} * 30 * 67.50$$

$$V_{rc} = 13,219.94 \text{ kg}$$

Como $V_{rc} > V_{\max}$, indica que el concreto resiste.

$$S_{\max} = d/2 = 67.5/2 = 33.75 \text{ cm.}$$

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

Utilizar No.3 @ 30 cm.

3.8.2. Diseño de la viga de apoyo

Se diseña únicamente por aplastamiento, y el refuerzo longitudinal es por temperatura:

$$A_{S_{\text{temp}}} = 0.002 * b * h$$

$$A_{S_{\text{temp}}} = 0.002 * 70 * 30$$

$$A_{S_{\text{temp}}} = 4.2 \text{ cm}$$

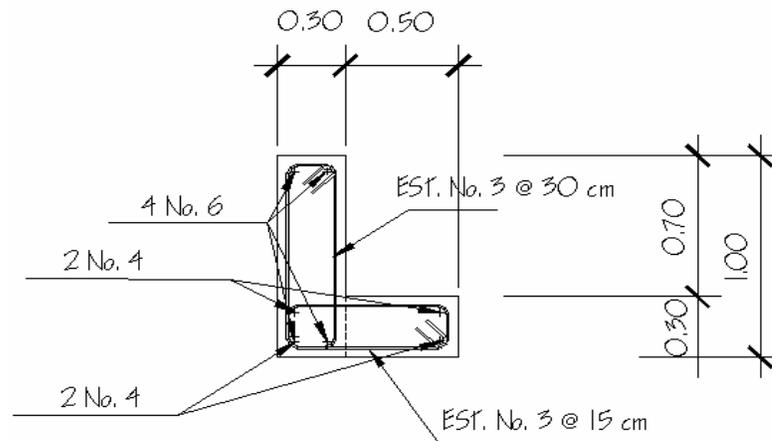
Proponiendo armado 4 No.4

Para el refuerzo transversal se colocan estribos de acero corrugado, a una distancia no menor que $h/2$

$$S = h/2 = 30/2 = 15 \text{ cm}$$

Proponiendo armado No.3@ 15 cm

Figura 15. Esquema de armado viga de apoyo



3.8.3. Diseño del estribo

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

La geometría del estribo será la siguiente:

Figura 16. Geometría y diagrama de presiones del estribo

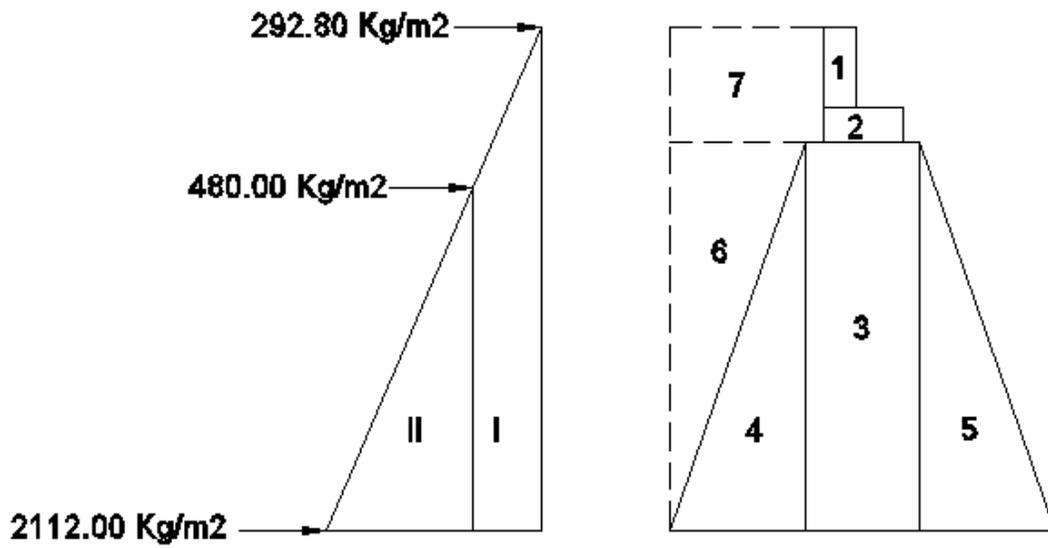
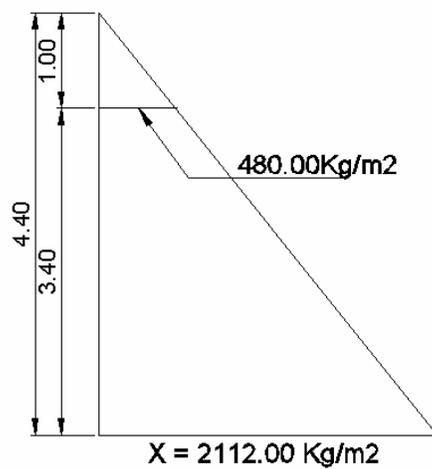


Figura 17. Relación de triángulos para obtener la presión de la cota de cimentación



3.8.3.1. Cálculo de momento de volteo

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

Sección I:

$$\text{Empuje} = \text{presión} * \text{altura}$$

$$\text{Empuje} = 292.8 * 4.40 = 1,288.32 \text{ kg}$$

$$\text{B.P.} = 4.40 / 2 = 2.20 \text{ m}$$

$$\text{Momento} = \text{E} * \text{B: P:}$$

$$M = 1,288.32 * 2.20 = 2,834.30 \text{ kg} - \text{m}$$

Para la sección II se tiene:

Tabla III. Cálculo de momento de volteo

Sección	Altura	Presión	Empuje	B. P	Momento
I	4.4	292.80	1,288.32	2.200	2,834.30
II	2.2	2,112.00	4,646.40	1.467	6,814.72
		E=	5,934.72	MV=	9,649.02

3.8.3.2. Cálculo del momento estabilizante

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

$$\text{Área I} = 0.3 * 0.7 = 0.21 \text{ m}^2$$

$$\text{Peso I} = 0.3 * 0.7 * 2,400 * 1 = 504 \text{ kg}$$

$$\text{B: P: I} = 1.20 + 0.10 + 0.40 + 0.15 = 1.85 \text{ m}$$

$$\text{Momento} = 504 * 1.85 = 932.40 \text{ kg} - \text{m}$$

Para las demás secciones se tiene:

Tabla IV. Cálculo del momento estabilizante

Sección	Área (m ²)	W (kg/m ³)	WE (kg)	B:P (m)	M (kg-m)
1	0.21	2400	504	1.85	932.4
2	0.21	2400	504	1.65	831.6
3	2.72	2700	6528	1.6	10,444.80
4	2.04	2700	5508	1.8	4,406.40
5	2.04	2700	5508	2.4	13,219.20
6	2.04	1700	3468	2.8	9,710.40
7	1.2	1700	2040	2.6	5,304.00
WE =			24,060.00	ME =	44,848.80

3.8.3.3. Revisión del muro sin superestructura

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

$$\text{Volteo} = \text{ME} / \text{MV} > 1.5$$

$$\text{Deslizamiento} = \text{W} / \text{E} > 1.5$$

$$\text{Presiones} = P = \text{W} / \text{A} * [1 \pm (6 * e / b)] > 0 < 15,000 \text{ kg} / \text{m}^2$$

En donde:

MV = momento de volteo

ME = momento estabilizante

W = peso propio de la estructura

E = empuje

A = área

e = excentricidad = $b / 2 - a$

a = $(\text{ME} - \text{MV}) / \text{W}$

b = base

- Revisión de volteo

$$ME / MV = 44,848.80 / 6,551.72 = 6.846 > 1.5$$

- Revisión de deslizamiento

$$D = 0.5 * W / E = 0.5 * 24,060 / 3,822.72 = 3.147 > 1.5$$

Como la diferencia en ambos chequeos es mayor que 1.5, acepta que la estructura por sí sola resistirá el volteo y el deslizamiento.

- Revisión de presiones

$$a = (ME - MV) / W = (44,848.80 - 6,551.72) / 24,060.00 = 1.59 \text{ m}$$

$$3a > b$$

$$3a = 4.77 \text{ m} > 3.20 \text{ OK}$$

$$e = b / 2 - a = 3.20 / 2 - 1.59 = 0.01$$

$$P \text{ máxima} = 24,060 / (3.20 * 1) * [1 + (6 * 0.01) / 3.20]$$

$$P \text{ máxima} = 9,086.62 \text{ kg/m}^2 < 18,000 \text{ kg / m}^2 \text{ OK}$$

$$P \text{ mínima} = 24,060 / (3.20 * 1) * [1 - (6 * 0.01) / 3.20]$$

$$P \text{ mínima} = 7,37.77 \text{ kg / m}^2 > 0 \text{ OK.}$$

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

3.8.3.4. Revisión del muro con superestructura y carga viva.

Este chequeo se realiza para verificar si el muro resiste al agregarle el peso de las estructuras que tendrá que soportar.

- Carga muerta y viva

La carga muerta y viva es la misma que se calculó para la viga de apoyo:

$$CM = 6,864.40 * 1.4 = 9,595.60 \text{ kg}$$

$$CV = 5,987.50 * 1.7 = 10,178.75 \text{ kg}$$

$$CM + CV = 19,766.35 \text{ kg}$$

$$\text{Brazo} = 1.6 \text{ m (punto medio de la base)}$$

$$ME1 = (CM + CV) * \text{brazo}$$

$$ME1 = 19,766.35 * 1.6 = 31,626.16 \text{ kg - m}$$

$$MET = ME1 + ME$$

$$MET = 31,626.16 + 44,848.80 = 76,474.96 \text{ kg-m}$$

Revisión de presiones:

$$a = (MET - MV) / [(CM + CV) + We]$$

$$a = (76,474.96 - 6,551.42) / (19,766.35 + 24,060) = 1.594 \text{ m}$$

$$e = 3.20 / 2 - 1.594 = 0.006$$

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

$$P \text{ máxima} = [(24,060 + 19,766.35) / 3.20] * [1 + (6 * 0.006) / 3.20]$$

$$P \text{ máxima} = 13,850.00 \text{ kg / m}^2 < 15,000 \text{ kg / m}^2 \text{ OK.}$$

$$P \text{ mínima} = [(24, 060 + 19,766.35) / 3.20] * [1 - (6 * 0.006) / 3.20]$$

$$P \text{ mínima} = 13,541.67 \text{ kg / m}^2 > 0.00 \text{ OK.}$$

Debido a que ambas presiones se encuentran dentro de los parámetros de diseño, la estructura sí resistirá las presiones, por lo que la sección del muro es apta para resistir la carga a la que estará sujeta.

3.9. Presupuesto

Para la elaboración del presupuesto se aplicaron los mismos criterios que en el inciso 2.3.15.

Tabla V. Resumen del presupuesto del puente vehicular Los Laureles Jalapa

RENGLÓN	CANT.	UNID.	P.U	TOTAL
PRELIMINARES	90	M2	Q34.10	Q3,069.00
EXCAVACIÓN	50.54	M3	Q130.17	Q6,578.79
LEVANTADO DE ESTRIBOS	265	M3	Q485.40	Q128,631.00
RELLENO ESTRUCTURAL DE APROCHES	240	M3	Q58.37	Q14,008.80
FORMALETA	800	M2	Q50.75	Q40,600.00
ARMADO DE VIGA DE APOYO Y CORONA	80	ML	Q429.00	Q34,320.00
FUNDICIÓN DE VIGA DE APOYO Y CORONA	4	M3	Q324.00	Q1,296.00
ARMADO DE VIGAS , DIAFRAGMAS Y LOSA DE RODADURA	360	ML	Q77.61	Q27,939.60
FUNDICIÓN DE VIGAS , DIAFRAGMAS Y LOSA DE RODADURA	12	M3	Q859.73	Q10,316.76
ARMADO Y FUNDICIÓN DE BANQUETA	11	M2	Q1,106.49	Q12,171.39
BARANDAL	1	GLOBAL	Q7,311.20	Q7,311.20
TALLADO DEL PUENTE	175	M2	Q69.49	Q12,160.75
JUNTAS ESTRUCTURALES Y UNIONES PARA APOYOS	4	UNIDAD	Q1,997.82	Q7,991.28
COSTO TOTAL DEL PROYECTO				Q306,394.57

CONCLUSIONES

1. Con el proposito que los proyectos de alcantarillado sanitario y el puente vehicular ofrescan un adecuado funcionamiento durante el periodo de diseño, deberan construirse bajo estrictas normas de supervición tecnica, contando con los servicios de un profesional de la ingeniería civil, para que se cumplan los parametros de diseño y las especificaciones contenidas en los planos.
2. De acuerdo a los presupuestos elaborados, los proyectos se consideran que son factibles para que la municipalidad los realice por administración, ya que los beneficios que representan para los pobladoresson muchos, por cuanto se estará mejorando la infraestructura local y, por ende, el nivel de vida de los vecinos.

RECOMENDACIONES

A la Municipalidad de Jalapa:

1. Darle continuidad a la gestión del financiamiento para la ejecución de estos proyectos, de manera que puedan ser llevados a la realidad en el menor tiempo posible
2. Garantizar la supervisión técnica durante la ejecución de los proyectos
3. Dirigir la gestión de E.P.S a proyectos realizables, ya que de esta manera se aprovecha la proyección que la Universidad de San Carlos de Guatemala impulsa, con lo cual se estará propiciando el mejoramiento de las comunidades

BIBLIOGRAFÍA

1. González Dávila, Rosnnhi Dereckh A. Diseño de puente vehicular para la aldea Los Cerritos y sistema de abastecimiento de agua para la aldea Tres Puentes, del municipio de Sansare, El Progreso. Tesis de ingeniería civil. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería, Guatemala 2003.
2. Instituto Nacional de Estadística. “Características de la población y de los locales de habitación censados”. **Censos Nacionales XI de población y VI de habitación 2002**. Guatemala, Julio 2003.
3. Morales Soto, Jorge Enrique. Estudio y diseño de la red de alcantarillado sanitario del cantón El Copado, municipio de Santo Domingo, departamento de Suchitepéquez. Tesis de ingeniería civil. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería, Guatemala 2004.
4. Par Cutz, Héctor Antonio, Diseño de puente vehicular aldea El Aguacate y edificio escolar aldea Chuijá de San Pedro Jocopilas, departamento de Quiché. Tesis de ingeniería civil. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería, Guatemala 2004.
5. Ramírez Castellón, Adolfo Rubén. Diseño de alcantarillado sanitario para las colonias El Choropín y La Colina de la ciudad de Chiquimula. Tesis de ingeniería civil. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería, Guatemala 2002.

ANEXOS

Tabla VI. Diseño de la red de alcantarillado sanitario colonia Chinchilla

de	a	cota del terreno		D.H (M)	pendiente	No. De viviendas		Hab. A servir		F.H.		Caudal Diseño		diam.
p.v	p.v	inicio	final		terr (%)	loc.	acum.	act.	fut.	act.	fut.	act.	fut.	pvc
1	2	99.84	96.97	100.00	2.87	7	7	42	71	4.33	4.3	0.36	0.61	6"
2	3	96.97	94.24	37.40	7.30	3	10	60	101	4.30	4.2	0.52	0.86	6"
3	4	94.24	91.40	46.65	6.09	4	14	84	142	4.26	4.2	0.72	1.19	6"
4	5	91.40	87.44	104.10	3.80	2	16	96	162	4.25	4.2	0.82	1.35	6"
5	5A	87.44	85.32	71.85	2.95	4	20	120	202	4.22	4.1	1.01	1.68	6"
5A	6	85.32	85.54	48.15	-0.46	3	23	138	233	4.20	4.1	1.16	1.92	6"
6	7	85.54	85.67	48.32	-0.27	4	125	750	1265	3.88	3.7	5.82	9.44	6"
1	11	99.84	99.83	33.28	0.03	2	2	12	20	4.41	4.4	0.11	0.18	6"
2	17	96.97	93.03	64.62	6.10	4	4	24	40	4.37	4.3	0.21	0.35	6"
3	18	94.24	92.74	49.00	3.06	5	5	30	51	4.35	4.3	0.26	0.44	6"
44	9	100.70	100.93	65.75	-0.35	6	6	36	61	4.34	4.3	0.31	0.52	6"
9	10	100.93	100.40	24.10	2.20	1	7	42	71	4.33	4.3	0.36	0.61	6"
10	11	100.40	99.83	28.13	2.03	1	8	48	81	4.32	4.3	0.41	0.69	6"
11	12	99.83	98.34	47.77	3.12	1	9	54	91	4.31	4.3	0.47	0.78	6"
12	15	98.34	96.75	57.30	2.77	4	15	90	152	4.26	4.2	0.77	1.27	6"
13	14	99.62	98.92	29.50	2.37	2	2	12	20	4.41	4.4	0.11	0.18	6"
14	15	98.92	96.75	46.84	4.63	5	12	72	121	4.28	4.2	0.62	1.03	6"
15	16	96.75	94.85	33.84	5.61	2	19	114	192	4.23	4.2	0.96	1.60	6"
16	17	94.85	93.93	15.77	5.83	2	21	126	213	4.21	4.1	1.06	1.76	6"
17	18	93.93	92.73	34.05	3.52	3	28	168	283	4.17	4.1	1.40	2.32	6"
18	19	92.73	89.14	52.00	6.90	2	35	210	354	4.14	4	1.74	2.87	6"
19	20	89.14	86.61	54.85	4.61	4	39	234	395	4.12	4	1.93	3.18	6"
20	26	86.61	86.81	51.58	-0.39	8	47	282	476	4.09	4	2.31	3.79	6"
11	14	99.83	98.92	81.55	1.12	5	5	30	51	4.35	4.3	0.26	0.44	6"
21	22	95.91	95.42	70.30	0.70	7	7	42	71	4.33	4.3	0.36	0.61	6"
22	23	95.42	93.62	33.00	5.45	2	11	66	111	4.29	4.2	0.57	0.94	6"
23	24	93.62	91.32	50.3	4.57	2	17	102	172	4.24	4.2	0.87	1.44	6"
24	25	91.32	88.84	47.82	5.19	4	25	150	253	4.19	4.1	1.26	2.08	6"
25	26	88.84	86.81	48.96	4.15	2	34	204	344	4.14	4.1	1.69	2.79	6"
26	6	86.81	85.54	70.5	1.80	3	84	420	709	4.01	3.9	3.37	5.52	6"
15	22	96.75	95.42	85.5	1.56	2	2	12	20	4.41	4.4	0.11	0.18	6"
16	23	94.85	91.45	95.91	3.54	4	4	24	40	4.37	4.3	0.21	0.35	6"
18	24	92.74	91.31	93.18	1.53	4	4	24	40	4.37	4.3	0.21	0.35	6"
19	25	90.89	88.84	89.27	2.30	6	6	36	61	4.34	4.3	0.31	0.52	6"
27	28	96.49	95.41	70.50	1.53	5	5	30	51	4.35	4.3	0.26	0.44	6"
28	23	95.41	93.62	47.72	3.75	5	5	30	51	4.35	4.3	0.26	0.44	6"
43	42	93.02	89.32	80.00	4.63	4	4	24	40	4.37	4.3	0.21	0.35	6"
42	8	89.32	85.82	87.00	4.02	5	5	30	51	4.35	4.3	0.26	0.44	6"
8	7	85.82	85.67	27.46	0.55	5	5	30	51	4.35	4.3	0.26	0.44	6"
24	29	91.31	91.36	46.22	-0.11	1	1	6	10	4.43	4.4	0.05	0.09	6"
29	30	91.36	87.68	80.00	4.60	5	6	36	61	4.34	4.3	0.31	0.52	6"
30	7	87.68	85.67	64.50	3.12	6	11	66	111	4.29	4.2	0.57	0.94	6"
7	31	85.67	82.68	75.5	3.96	2	138	828	1397	3.85	3.7	6.38	10.34	6"
31	32	82.68	80.14	62.00	4.10	3	141	846	1427	3.85	3.7	6.51	10.55	6"
32	33	80.14	76.80	78.00	4.28	3	144	864	1458	3.84	3.7	6.64	10.75	6"
33	34	76.80	74.48	53.74	4.32	3	147	882	1488	3.83	3.7	6.76	10.96	6"
34	35	74.48	71.28	86.26	3.71	1	148	888	1498	3.83	3.7	6.81	11.03	6"
35	36	71.28	69.23	100.00	2.05	1	149	894	1508	3.83	3.7	6.85	11.10	6"
36	37	69.23	68.02	60.00	2.02	1	150	900	1519	3.83	3.7	6.89	11.16	6"
37	38	68.02	67.08	53.36	1.76	2	152	912	1539	3.83	3.7	6.98	11.30	6"
PE	41	70.30	68.88	80.00	1.78	4	4	24	40	4.37	4.3	0.21	0.35	6"
41	40	68.88	68.07	80.00	1.01	2	6	36	61	4.34	4.3	0.31	0.52	6"
40	38	68.02	67.08	52.18	1.80	3	9	54	91	4.31	4.3	0.47	0.78	6"
38	39	67.08	66.58	46.64	1.07	4	165	990	1670	3.80	3.6	7.53	12.18	6"
39	CM	66.58	66.17	67.30	0.61	2	167	1002	1691	3.80	3.6	7.61	12.31	6"

Continuación

pend. S% tubo	velocidades			caudal Q	relacion				cota invert		alt. De pozo		vol
	v	v			v/V		q/Q		inicio	final	inicio	final	excav.
		act.	fut.		act.	fut.	act.	fut.					
2.87	1.74	0.58	0.68	31.79	0.333	0.390	0.0114	0.0191	98.340	95.470	1.50	1.50	90.00
7.30	2.78	0.89	1.05	50.69	0.322	0.377	0.0102	0.0169	95.440	92.710	1.53	1.53	34.34
6.00	2.52	0.92	1.08	45.96	0.367	0.428	0.0156	0.0259	92.680	89.881	1.56	1.52	43.10
3.75	1.99	0.82	0.95	36.33	0.411	0.477	0.0225	0.0373	89.851	85.947	1.55	1.49	95.01
2.95	1.77	0.80	0.17	32.23	0.454	0.095	0.0314	0.0521	85.917	83.797	1.52	1.52	65.65
1.50	1.26	0.66	0.76	22.98	0.523	0.607	0.0505	0.0836	83.767	83.045	1.55	2.49	58.46
0.70	0.86	0.80	0.9	15.70	0.928	1.045	0.3705	0.6017	83.015	82.677	2.52	2.99	79.99
0.50	0.73	0.22	0.25	13.27	0.301	0.35	0.0080	0.0134	98.440	98.274	1.40	1.56	29.52
6.10	2.54	0.64	0.75	46.34	0.253	0.295	0.0045	0.0076	95.570	91.628	1.40	1.40	54.32
3.00	1.78	0.54	0.3	32.50	0.301	0.3507	0.0080	0.0134	92.840	91.370	1.40	1.37	40.72
0.70	0.86	0.34	0.4	15.70	0.396	0.461	0.0199	0.0333	99.300	98.840	1.40	2.09	68.85
2.00	1.45	0.51	0.65	26.53	0.353	0.447	0.0137	0.0229	98.810	98.328	2.00	2.07	29.44
2.00	1.45	0.53	0.62	26.53	0.367	0.428	0.0156	0.0261	98.298	97.735	2.10	2.09	35.42
3.00	1.78	0.64	0.74	32.50	0.359	0.413	0.0143	0.0239	97.705	96.272	2.12	2.07	60.09
2.75	1.70	0.72	0.84	31.11	0.421	0.490	0.0246	0.0409	96.242	94.666	2.10	2.08	71.88
2.50	1.63	0.38	0.45	29.67	0.236	0.276	0.0036	0.0060	98.220	97.483	1.40	1.44	25.11
4.63	2.21	0.81	0.95	40.37	0.367	0.428	0.0153	0.0254	97.453	95.284	1.47	1.47	41.22
5.60	2.43	0.99	1.15	44.40	0.406	0.473	0.0217	0.0360	95.254	93.359	1.50	1.49	30.33
5.80	2.48	1.03	1.2	45.19	0.416	0.484	0.0235	0.0389	93.329	92.414	1.52	1.52	14.37
3.50	1.92	0.94	1.09	35.10	0.488	0.565	0.0400	0.0660	92.384	91.192	1.55	1.54	31.50
6.75	2.67	1.26	1.46	48.75	0.47	0.547	0.0357	0.0588	91.162	87.652	1.57	1.49	47.66
4.60	2.20	1.13	1.31	40.24	0.514	0.594	0.0479	0.0790	87.622	85.099	1.52	1.51	49.83
0.75	0.89	0.63	0.73	16.25	0.708	0.815	0.1420	0.2334	85.069	84.682	1.54	2.13	56.76
1.15	1.10	0.38	0.48	20.12	0.348	0.433	0.0130	0.0217	98.430	97.492	1.40	1.43	69.18
1.00	1.03	0.40	0.47	18.76	0.393	0.456	0.0194	0.0323	94.510	93.807	1.40	1.61	63.54
5.00	2.30	0.80	0.94	41.95	0.350	0.411	0.0135	0.0225	93.777	92.127	1.64	1.49	31.05
5.00	2.30	0.91	1.07	41.95	0.398	0.466	0.0206	0.0342	92.097	89.582	1.52	1.74	49.21
6.00	2.52	1.10	1.27	45.96	0.435	0.506	0.0274	0.0453	89.552	86.683	1.77	2.16	56.31
5.00	2.30	1.12	1.3	41.95	0.488	0.567	0.0403	0.0665	86.653	84.205	2.19	2.61	70.39
1.50	1.26	0.90	1.04	22.98	0.714	0.822	0.1467	0.2400	84.175	83.118	2.64	2.42	106.97
1.60	1.30	0.33	0.38	23.73	0.253	0.295	0.0045	0.0075	95.350	93.982	1.40	1.44	72.79
3.60	1.95	0.53	0.63	35.60	0.273	0.322	0.0059	0.0099	93.450	89.997	1.40	1.45	82.08
1.50	1.26	0.39	0.46	22.98	0.31	0.367	0.0091	0.0153	91.340	89.942	1.40	1.37	77.37
2.00	1.45	0.49	0.57	26.53	0.336	0.393	0.0118	0.0197	89.490	87.705	1.40	1.14	67.90
1.55	1.28	0.43	0.50	23.36	0.333	0.388	0.0112	0.0187	95.090	93.997	1.40	1.41	59.49
3.50	1.92	0.57	0.66	35.10	0.298	0.342	0.0074	0.0124	93.967	92.297	1.44	1.32	39.59
5.00	2.30	0.60	0.70	41.95	0.260	0.304	0.0050	0.0084	91.620	87.620	1.40	1.70	74.40
4.00	2.06	0.59	0.69	37.52	0.289	0.336	0.0070	0.0116	87.590	84.110	1.73	1.71	89.78
1.00	1.03	0.37	0.42	18.76	0.356	0.413	0.0139	0.0233	84.080	83.805	1.74	1.86	29.69
0.50	0.73	0.18	0.21	13.27	0.243	0.286	0.0040	0.0067	89.910	89.679	1.40	1.68	42.72
4.50	2.18	0.66	0.76	39.80	0.301	0.348	0.0079	0.0131	89.649	86.049	1.71	1.63	80.21
3.00	1.78	0.68	0.79	32.50	0.380	0.442	0.0174	0.0290	86.019	84.084	1.66	1.59	62.83
2.00	1.45	1.20	1.36	26.53	0.823	0.937	0.2404	0.3898	82.670	81.160	3.00	1.52	102.38
4.00	2.06	1.54	1.77	37.52	0.75	0.859	0.1734	0.2811	81.130	78.650	1.55	1.49	56.54
4.25	2.12	1.59	1.81	38.68	0.748	0.856	0.1716	0.2780	78.620	75.305	1.52	1.50	70.55
4.50	2.18	1.62	1.86	39.80	0.745	0.854	0.1699	0.2753	75.275	72.857	1.53	1.62	50.76
3.70	1.98	1.52	1.74	36.09	0.767	0.878	0.1886	0.3055	72.827	69.635	1.65	1.64	85.35
2.00	1.45	1.22	1.39	26.53	0.839	0.955	0.2581	0.4182	69.605	67.605	1.67	1.62	99.00
2.00	1.45	1.22	1.39	26.53	0.840	0.957	0.2598	0.4207	67.575	66.375	1.65	1.64	59.40
2.00	1.45	1.22	1.39	26.53	0.842	0.959	0.2630	0.4258	66.345	65.278	1.67	1.80	55.66
2.00	1.45	0.43	0.51	26.53	0.298	0.350	0.0079	0.0132	68.900	67.300	1.40	1.58	71.52
1.00	1.03	0.39	0.45	18.76	0.375	0.438	0.0167	0.0278	67.270	66.470	1.61	1.60	77.04
1.00	1.03	0.43	0.51	18.76	0.423	0.493	0.0248	0.0413	66.440	65.918	1.58	1.16	42.92
1.00	1.03	0.97	1.09	18.76	0.945	1.060	0.4013	0.6491	65.248	64.781	1.83	1.80	50.80
1.00	1.03	0.97	1.09	18.76	0.947	1.060	0.4058	0.6562	65.248	64.575	1.33	1.60	59.10