



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

**DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE SEPARATIVO, TRAMO ENTRE 2ª Av. Y 1ª Av., 2ª  
CALLE Y 2ª CALLE "A" ZONA 1, CABECERA MUNICIPAL DE SAN ANTONIO  
SACATEPÉQUEZ, DEPARTAMENTO DE SAN MARCOS, Y DISEÑO DE PUENTE  
VEHICULAR PARA EL SECTOR LOS LÓPEZ, CASERÍO XEC-XUC, MUNICIPIO DE SAN  
MARTÍN SACATEPÉQUEZ, DEPARTAMENTO DE QUETZALTENANGO**

**Byron Melvin Tul Velásquez**

**Asesorado por: Inga. Christa del Rosario Classon de Pinto**

**Guatemala, septiembre de 2008**



**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE SEPARATIVO, TRAMO ENTRE 2ª Av. Y 1ª Av., 2ª  
CALLE Y 2ª CALLE "A" ZONA 1, CABECERA MUNICIPAL DE SAN ANTONIO  
SACATEPÉQUEZ, DEPARTAMENTO DE SAN MARCOS, Y DISEÑO DE PUENTE  
VEHICULAR PARA EL SECTOR LOS LÓPEZ, CASERÍO XEC-XUC, MUNICIPIO DE SAN  
MARTÍN SACATEPÉQUEZ, DEPARTAMENTO DE QUETZALTENANGO**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN**

**PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**POR**

**BYRON MELVIN TUL VELÁSQUEZ**

**ASESORADO POR: INGA. CHRISTA DEL ROSARIO CLASSON DE PINTO**

**AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE**

**INGENIERO CIVIL**

**GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2008**



**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

<b>DECANO</b>	<b>Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos</b>
<b>VOCAL I</b>	<b>Inga. Glenda Patricia García Soria</b>
<b>VOCAL II</b>	<b>Inga. Alba Maritza Guerrero de López</b>
<b>VOCAL III</b>	<b>Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón</b>
<b>VOCAL IV</b>	<b>Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz</b>
<b>VOCAL V</b>	
<b>SECRETARIA</b>	<b>Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas</b>

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

<b>DECANO</b>	<b>Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos</b>
<b>EXAMINADORA</b>	<b>Inga. Christa del Rosario Classon de Pinto</b>
<b>EXAMINADOR</b>	<b>Ing. Luis Gregorio Alfaro Véliz</b>
<b>EXAMINADOR</b>	<b>Ing. Fernando Amilcar Boiton Velásquez</b>
<b>SECRETARIA</b>	<b>Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas</b>



## **HONORABLE TRIBUNAL 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 DRENAJE SEPARATIVO, TRAMO ENTRE 2ª Av. Y 1ª Av., 2ª CALLE Y 2ª CALLE “A” ZONA 1, CABECERA MUNICIPAL DE SAN ANTONIO SACATEPÉQUEZ, DEPARTAMENTO DE SAN MARCOS, Y DISEÑO DE PUENTE VEHICULAR PARA EL SECTOR LOS LÓPEZ, CASERÍO XEC-XUC, MUNICIPIO DE SAN MARTÍN SACATEPÉQUEZ, DEPARTAMENTO DE QUETZALTENANGO,**

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, el 05 de marzo de 2007.

Byron Melvin Tul Velásquez





UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA  
UNIDAD DE EPS

Guatemala, 22 de abril 2008  
Ref. EPS. D. 253.04.08

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

Estimada Ingeniera Sarmiento Zeceña:

Por este medio atentamente le informo que como Asesor – Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) del estudiante universitario de la Carrera de Ingeniería Civil, **BYRON MELVIN TUL VELÁSQUEZ**, procedí a revisar el **Informe Final**, cuyo título es **“DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE SEPARATIVO, TRAMO ENTRE 2a. Av. Y 1a. Av., 2a. Calle y 2a. Calle "A", ZONA 1, CABECERA MUNICIPAL DE SAN ANTONIO SACATEPÉQUEZ, DEPARTAMENTO DE SAN MARCOS Y DISEÑO DE PUENTE VEHICULAR PARA EL SECTOR LOS LÓPEZ, CASERÍO XEC-XUC, MUNICIPIO DE SAN MARTÍN SACATEPÉQUEZ, DEPARTAMENTO DE QUETZALTENANGO”**.

Cabe mencionar que las soluciones planteadas en este trabajo, constituyen un valioso aporte de nuestra Universidad a uno de los muchos problemas que padece el área rural del país, beneficiando así a los pobladores de estos municipios.

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

*“Id y Enseñad a Todos”*

  
Inga. Christa Chasson de Pinto  
Asesor(a) Supervisor(a) de EPS  
Área de Ingeniería Civil  
ASESOR(A) SUPERVISOR(A) DE EPS  
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS  
Facultad de Ingeniería

CCdeP/nader

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

UNIDAD DE EPS

Guatemala, 22 de abril 2008  
Ref. EPS. D.253.04.08

Ing. Fernando Amilcar Boiton Velásquez  
Director Escuela de Ingeniería Civil  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimado Ingeniero Boiton Velásquez.

Por este medio atentamente le envío el "DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE SEPARATIVO, TRAMO ENTRE 2a. Av. Y 1a. Av., 2a. Calle y 2a. Calle "A", ZONA 1, CABECERA MUNICIPAL DE SAN ANTONIO SACATEPÉQUEZ, DEPARTAMENTO DE SAN MARCOS Y DISEÑO DE PUENTE VEHICULAR PARA EL SECTOR LOS LÓPEZ, CASERÍO XEC-XUC, MUNICIPIO DE SAN MARTÍN SACATEPÉQUEZ, DEPARTAMENTO DE QUETZALTENANGO." que fue desarrollado por el estudiante universitario BYRON MELVIN TUL VELÁSQUEZ, quien fue debidamente asesorado y supervisado por la Ing. Christa Classon de Pinto.

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

*"Id y Enseñad a Todos"*

Inga. Norma Ileana   
Directora Unidad de EPS



NISZ/nader

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

Guatemala,  
2 de mayo de 2008

Ingeniero  
Fernando Amilcar Boiton Velásquez  
Director de la Escuela de Ingeniería Civil  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimado Ing. Boiton.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE SEPARATIVO, TRAMO ENTRE 2ª. Av. Y 1ª. Av. 2ª. CALLE Y 2ª. CALLE "A", ZONA 1, CABECERA MUNICIPAL DE SAN ANTONIO SACATEPÉQUEZ, DEPARTAMENTO DE SAN MARCOS Y DISEÑO DE PUENTE VEHICULAR PARA EL SECTOR LOS LÓPEZ, CASERÍO XEC-XUC, MUNICIPIO DE SAN MARTÍN SACATEPÉQUEZ, DEPARTAMENTO DE QUETZALTENANGO**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Byron Melvin Tul Velásquez , quien contó con la asesoría de la Inga. Christa Classon de Pinto.

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

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS

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



FACULTAD DE INGENIERIA  
DEPARTAMENTO  
DE  
HIDRAULICA  
USAC

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

Guatemala,  
13 de agosto de 2008

Ingeniero  
Sydney Alexander Samuels Milson  
Director de la Escuela de Ingeniería Civil  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimado Ing. Samuels.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE SEPARATIVO, TRAMO ENTRE 2ª. Av. Y 1ª. Av. 2ª. CALLE Y 2ª. CALLE "A", ZONA 1, CABECERA MUNICIPAL DE SAN ANTONIO SACATEPÉQUEZ, DEPARTAMENTO DE SAN MARCOS Y DISEÑO DE PUENTE VEHICULAR PARA EL SECTOR LOS LÓPEZ, CASERÍO XEC-XUC, MUNICIPIO DE SAN MARTÍN SACATEPÉQUEZ, DEPARTAMENTO DE QUETZALTENANGO**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Byron Melvin Tul Velásquez, quien contó con la asesoría de la Inga. Christa Classon de Pinto.

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

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco  
Jefe del Departamento de Estructuras



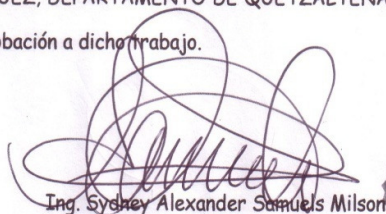
FACULTAD DE INGENIERIA  
DEPARTAMENTO  
DE  
ESTRUCTURAS  
USAC

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

El Director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Inga. Christa del Rosario Classon de Pinto y de la Directora de la Unidad de E.P.S. Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña, al trabajo de graduación del estudiante Byron Melvin Tul Velásquez, titulado DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE SEPARATIVO, TRAMO ENTRE 2ª. Av. Y 1ª. Av., 2ª. CALLE Y 2ª. CALLE "A" ZONA 1, CABECERA MUNICIPAL DE SAN ANTONIO SACATEPÉQUEZ, DEPARTAMENTO DE SAN MARCOS, Y DISEÑO DE PUENTE VEHICULAR PARA EL SECTOR LOS LÓPEZ, CASERÍO XEC-XUC, MUNICIPIO DE SAN MARTÍN SACATEPÉQUEZ, DEPARTAMENTO DE QUETZALTENANGO, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

  
Ing. Sydney Alexander Samuels Milson



Guatemala, septiembre 2008.

/bbdeb.

Universidad de San Carlos  
de Guatemala



Facultad de Ingeniería  
Decanato

Ref. DTG. 294.2008

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al trabajo de graduación titulado: **DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE SEPARATIVO, TRAMO ENTRE 2º. AV. Y 1ª. AV., 2ª. CALLE Y 2ª. CALLE "A" ZONA 1, CABECERA MUNICIPAL DE SAN ANTONIO SACATEPÉQUEZ, DEPARTAMENTO DE SAN MARCOS, Y DISEÑO DE PUENTE VEHÍCULAR PARA EL SECTOR LOS LÓPEZ, CASERÍO XEC-XUC, MUNICIPIO DE SAN MARTÍN SACATEPÉQUEZ, DEPARTAMENTO DE QUETZALTENANGO,** presentado por el estudiante universitario **Byron Melvin Tul Velásquez,** autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

  
Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos  
DECANO

Guatemala, septiembre de 2008



/gdech

## **AGRADECIMIENTO A:**

- DIOS** Por haberme dado la vida, brindarme sabiduría y el privilegio de finalizar mi carrera.
- Mis padres** Gregorio Herminio Tul Minchez e Imelda Sabina Velásquez Navarro de Tul; gracias a su amor, sacrificio y ayuda, durante mi formación, me fue posible alcanzar éste triunfo.
- Mis hermanos** Lucrecia, Alicia, Darwin, Milgen y Karlily, porque siempre están allí cuando más los necesito, con mucho cariño y admiración.
- Mi asesora** Inga. Christa del Rosario Classon de Pinto, por su valiosa asesoría a este trabajo de graduación.
- INFOM** Por la oportunidad de realizar mi Ejercicio Profesional Supervisado (EPS) en esta institución.
- Ing. Juan Merck** Por el apoyo técnico y moral y por todos sus consejos.
- La Facultad de Ingeniería** Por formarme como profesional.
- La Universidad de San Carlos de Guatemala** Por ser el templo del conocimiento.





## **ACTO QUE DEDICO A:**

- Mis padres** Gregorio Herminio Tul Minchez e Imelda Sabina Velásquez Navarro de Tul; por inculcarme valores morales para hacer de mí un hombre de bien.
- Mis hermanos** Lucrecia, Alicia, Darwin, Milgen y Karlily, sigamos cosechando y compartiendo éxitos en nuestras vidas.
- Mis abuelos** Gabino Tul (D.E.P), Antonia Minchez (D.E.P), Juan Velásquez (D.E.P), y Eugenia Navarro Vda. de Velásquez; porque fueron los mejores consejeros en mi adolescencia.
- Mi esposa** Sussely Orozco, por su amor, apoyo y comprensión en los momentos difíciles e impulsarme a seguir adelante.
- Mi hijo** Byron Emanuel Tul Orozco, por ser lo más valioso que Dios me ha proveído.
- Mis sobrinos** Con mucho cariño.
- Mis tíos** Con cariño y aprecio.
- Mis primos** Por su amistad y aprecio.
- Mis amigos** Por brindarme su amistad y su apoyo incondicional.



## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN	XIII
OBJETIVOS	XV
INTRODUCCIÓN	XVII

### 1. MONOGRAFÍA DE SAN MARTÍN SACATEPÉQUEZ Y SAN-ANTONIO SACATEPÉQUEZ

1.1. Monografía de San Antonio Sacatepéquez	1
1.1.1. Origen del nombre	1
1.1.2. Localización y colindancias	1
1.1.3. Topografía	2
1.1.4. Economía	3
1.1.5. Costumbres	3
1.1.6. Demografía y situación social	3
1.1.7. Servicios	4
1.1.8. Actividad económica	4
1.2. Monografía de San Martín Sacatepéquez (sector los López)	5
1.2.1. Origen del nombre	5
1.2.2. Localización y colindancias	7
1.2.3. Topografía y clima	8
1.2.4. Economía	9
1.2.5. Costumbres	9
1.2.6. Demografía y condiciones socioculturales	9
1.2.7. Servicios	10

<b>2. DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE SEPARATIVO, TRAMO ENTRE 2ª Av. Y 1ª Av., 2ª CALLE Y 2ª CALLE “A” ZONA 1, CABECERA MUNICIPAL, SAN ANTONIO SACATEPÉQUEZ, SAN MARCOS.</b>	<b>13</b>
2.1. Descripción del proyecto	13
2.2. Levantamiento topográfico	14
2.3. Planimetría	14
2.4. Altimetría	15
2.5. Diseño del sistema sanitario	15
2.5.1. Descripción del sistema a utilizar	15
2.5.2. Diseño hidráulico	16
2.5.3. Desfogue	27
2.6. Estudio de impacto ambiental	27
2.7. Presupuesto del proyecto	31
2.8. Cronograma de ejecución	34

<b>3. DISEÑO DE PUENTE VEHICULAR PARA SECTOR LOS LÓPEZ, CASERIO XEC-XUC, MUNICIPIO DE SAN MARTÍN SACATEPÉQUEZ, DEPARTAMENTO DE QUETZALTENANGO.</b>	<b>35</b>
3.1. Descripción del proyecto	35
3.2. Criterio y especificaciones para el diseño de puentes de concreto de sección en viga y losa	35
3.3. Estudio hidrológico	37
3.4. Levantamiento topográfico	39
3.5. Evaluación de la calidad del suelo	40
3.5.1. Valor soporte	40
3.6. Descripción de la solución propuesta	41
3.7. Diseño del puente vehicular, para el sector Los López, San Martín Sacatepéquez.	42
3.7.1. Datos de diseño	42
3.7.2. Diseño de la superestructura	43
3.7.3. Diseño de la subestructura	61
3.8. Presupuesto	72
3.9. Cronograma de ejecución	78
<b>4. NORMAS MÍNIMAS DE MANTENIMIENTO</b>	<b>79</b>
4.1. Obras de arte	79
4.2. Tubería	80
4.3. Puente vehicular	80

<b>CONCLUSIONES</b>	97
<b>RECOMENDACIONES</b>	99
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	101
<b>APÉNDICE</b>	103
1. Planos proyecto de drenaje	
Planta general y densidad de vivienda, planta perfil y planos típicos	
2. Planos proyecto puente vehicular	
Planos de planta perfil y ubicación, detalles de superestructura y detalles de subestructura	
3. Estudio de suelo	
4. Libretas topográficas	

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1	Plano de ubicación y localización de San Antonio Sacatepéquez	2
2	Plano de ubicación y localización de San Martín Sacatepéquez	8
3	Detalle de la conexión domiciliar	21
4	Área de la sección del río	38
5	Ensayo de contenido de humedad	40
6	Ensayo de corte directo	41
7	Fotografía del ensayo dinámico del suelo	41
8	Tipo de vehículo y valor de carga viva, según norma AASHTO HS-20-44	42
9	Geometría de la superestructura	43
10	Modelo matemático, por sobrecarga o carga viva	45
11	Diagrama de cuerpo libre y posición de las ruedas del camión en lugar crítico	49
12	Diagrama de posición de cargas para obtener momentos máximos	50
13	Diagrama de corte y momento debido a una posición crítica del camión	51
14	Diagrama de corte y momento debido a carga muerta en viga principal	53
15	Detalle de viga principal	56
16	Diagrama de posición de cargas que producen corte máximo, por sobrecarga	57
17	Diagrama de corte máximo	58
18	Distribución de estribos en viga principal	59
19	Detalle de diafragma interno	60
20	Detalle del apoyo elastométrico	61
21	Diagrama de corte y momento en viga de apoyo	62
22	Detalle de cortina y viga de apoyo	66
23	Detalle de estribo	71
24	Localización de apoyos provisionales	87

25	Procedimiento y equipo de limpieza	87
26	Colocación del inyector	88
27	Colocación de equipos e inyección de la pasta	88
28	Limpieza final y retiro de equipos de limpieza en fisura	89
29	Reparación en junta de calzada y puente	91
30	Cambio de juntas en puente y calzada	91
31	Nivelación de juntas entre puente y calzada	92
32	Inserción de neopreno y localización de refuerzos en junta	92

## TABLAS

I	Datos censo de habitación de San Antonio, año 2002	3
II	Datos censo de habitación de San Martín, año 2002	10
III	Memoria de cálculo diseño de drenajes, en San Antonio Sacatepéquez	26
IV	Presupuesto del proyecto de drenajes, en San Antonio Sacatepéquez	31
V	Cálculo del momento de volteo	67
VI	Cálculo del momento estabilizante	67
VII	Cálculo de momento estabilizante en estribo, sin carga viva	70
VIII	Presupuesto del proyecto puente vehicular, para el sector Los López	72



## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>D</b>	Altura del tirante de agua dentro de la alcantarilla
<b>AASTHO</b>	American Association of Highways and Transportation Officials
<b>ACI</b>	American Concrete Institute
<b>As</b>	Área de acero
<b>Asmax</b>	Área de acero máximo
<b>Asmín</b>	Área de acero mínimo
<b>Astemp</b>	Área de acero por temperatura
<b>V.S.</b>	Capacidad soporte del suelo
<b>Q</b>	Caudal
<b>Q<sub>1secc. Llena</sub></b>	Caudal a sección llena
<b>Q<sub>2diseño</sub></b>	Caudal de diseño
<b>D</b>	Diámetro de la tubería a sección llena
<b>DGC</b>	Dirección General de Caminos
<b>Fy</b>	Esfuerzo de fluencia del acero
<b>Smáx</b>	Espaciamiento máximo de estribos
<b>E</b>	Estación
<b>Φ</b>	Factor de reducción de esfuerzos
<b>lts./hab./día</b>	Litros por habitante por día
<b>lts./seg</b>	Litros por segundo
<b>M</b>	Metro
<b>m<sup>2</sup></b>	Metro cuadrado
<b>m<sup>3</sup></b>	Metro cúbico
<b>m<sup>3</sup>/seg</b>	Metro cúbico por segundo
<b>m/seg</b>	Metro por segundo

<b>Es</b>	Módulo de elasticidad del acero
<b>Mcm</b>	Momento de carga muerta
<b>Mcv</b>	Momento de carga viva
<b>MI</b>	Momento de impacto
<b>Mn</b>	Momento normal
<b>Mu</b>	Momento último
<b>S%</b>	Pendiente en porcentaje de la tubería de drenaje
<b>W</b>	Peso
<b>%</b>	Por ciento
<b>P</b>	Porcentaje de acero
<b><math>\rho</math> máx.</b>	Porcentaje de acero máximo
<b><math>\rho</math> mín.</b>	Porcentaje de acero mínimo
<b>P.V.</b>	Pozo de visita
<b>R</b>	Radio hidráulico
<b>a/A</b>	Relación de áreas
<b>q/Q</b>	Relación de caudales
<b>d/D</b>	Relación de tirantes
<b>v/V</b>	Relación de velocidades
<b>f'c</b>	Resistencia a compresión del concreto a los 28 días
<b>Fy</b>	Resistencia a tensión del acero
<b>V</b>	Velocidad del flujo a sección llena

## GLOSARIO

<b>Acera</b>	Espacio más elevado que la capa de rodadura donde circulan los peatones.
<b>Agua residual</b>	Son las aguas que son retiradas de una vivienda, comercio o industria, después de haber sido utilizadas.
<b>Alcantarillado</b>	Sistema formado por obras, accesorios, tuberías o conductos generalmente cerrados, que no trabajan a presión y que conducen aguas residuales.
<b>Candela domiciliar</b>	Receptáculo donde se reciben las aguas negras provenientes del interior de la vivienda y que conduce al sistema de drenaje.
<b>Carga muerta</b>	Carga permanente en la estructura.
<b>Carga última</b>	Carga por su respectivo factor de incertidumbre.
<b>Carga viva</b>	Carga no permanente a través del tiempo, se estima que podrá trasladarse en el futuro de un lugar a otro; debe tomarse siempre en cuenta para que no ocasione cambios estructurales.
<b>Caudal</b>	Volumen de agua que pasa por unidad de tiempo.
<b>Concreto ciclópeo</b>	Material de construcción con aspecto de piedra, obtenido de una mezcla proporcionada de cemento, arena, piedra y

agua; a diferencia del concreto, los áridos son más gruesos.

<b>Concreto reforzado</b>	Material de construcción obtenido de una mezcla de cemento, arena, grava y agua; como refuerzo se colocan varillas de acero corrugado.
<b>Contaminación del agua</b>	Es la polución de ésta, que produce o puede producir enfermedad y aún la muerte del consumidor.
<b>Cota de cimentación</b>	Altura donde se construyen los cimientos referidos a un nivel determinado.
<b>Cota Invert</b>	Es la Cota de la parte inferior del diámetro interno de la tubería instalada.
<b>Empuje</b>	Fuerza ejercida por el suelo a la estructura.
<b>Estribo</b>	Muro que soporta a la super-estructura y transmite el peso al suelo.
<b>Factor de rugosidad</b>	Factor que expresa el tipo de superficie de la tubería.
<b>Fuerza de sismo</b>	Carga que es inducida por un sismo y que provoca esfuerzos en la sub-estructura.
<b>Losa</b>	Elemento estructural, plano, que soporta directamente las cargas vehiculares y las trasmite a diferentes apoyos.
<b>Puente</b>	Estructura que permite librar obstáculos.

<b>Sub-estructura</b>	Conjunto de elementos que han sido diseñados para soportar la super-estructura de un puente y transmitir las cargas al suelo.
<b>Suelo</b>	Delgada capa sobre la corteza terrestre, de material que proviene de la desintegración o alteración física y/o química de las rocas y de los residuos de la actividad de seres vivos.
<b>Super-estructura</b>	Conjunto de elementos diseñados para soportar las cargas de tráfico y transmitir las a la sub-estructura.
<b>Viga de diafragma</b>	Vigas transversales a las vigas longitudinales en la super-estructura para rigidizarla ante cargas laterales.
<b>Volteo</b>	Elemento de la fuerza horizontal, que tiende a voltear el estribo respecto al borde exterior.



## **RESUMEN**

El área rural de nuestro país, fue víctima de los estragos provocados por la tormenta tropical STAN, en octubre de 2005, es por ello, que carece de infraestructura y de servicios básicos para la población damnificada. Por tal motivo, la Universidad de San Carlos de Guatemala, a través del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), contribuye al desarrollo social de las comunidades afectadas, implementando para ello aspectos como: diseño, planificación, ejecución y supervisión de obras civiles de Ingeniería.

Los municipios de San Martín Sacatepéquez, departamento de Quetzaltenango, y San Antonio Sacatepéquez, departamento de San Marcos, no son la excepción, la falta de un puente vehicular dificulta a los habitantes el traslado de sus productos en forma rápida y segura. La falta de un sistema de drenaje afecta a la población en llevar un sistema de vida saludable.

El trabajo está orientado a resolver el problema planteado, realizando el diseño del puente vehicular para el sector Los López, Caserío Xec-Xuc, municipio de San Martín Sacatepéquez, departamento de Quetzaltenango, y el diseño del sistema de drenaje sanitario, tramo entre 2ª Av. y 1ª Av., 2ª Calle y 2ª Calle “A” Zona 1, cabecera municipal de San Antonio Sacatepéquez, San Marcos.





## OBJETIVOS

- **Generales**

1. Diseñar un puente vehicular para el sector Los López, Caserío Xec-Xuc, municipio de San Martín Sacatepéquez, Departamento de Quetzaltenango.
2. Diseñar un sistema de drenaje separativo, para el tramo entre 2ª Av. y 1ª Av., 2ª calle y 2ª calle “A” zona 1, cabecera municipal de San Antonio Sacatepéquez, Departamento de San Marcos.

- **Específico**

1. Realizar una investigación de tipo monográfico y una investigación diagnóstica sobre las diferentes necesidades de infraestructura en las municipalidades arriba mencionado.
2. Contribuir mediante este diseño, a la construcción del puente y el sistema de drenaje, para así garantizar una dinámica económica y social en beneficio de la población en general.
3. Proporcionar un estudio completo a cada uno de las municipalidades de San Antonio Sacatepéquez, San Marcos y San Martín Sacatepéquez, Quetzaltenango, que incluya: diseño, memorias de cálculo, presupuesto y juego de planos de los proyectos de drenaje y puente vehicular. Como contribución del Ejercicio Profesional Supervisado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala.



## INTRODUCCIÓN

El trabajo de graduación que a continuación se presenta, muestra como resultado el diseño de dos proyectos realizados en el municipio de San Antonio Sacatepéquez, San Marcos, y en el municipio de San Martín Sacatepéquez, Quetzaltenango, específicamente en el sector Los López y Caserío Xec-Xuc.

En el municipio de San Antonio un sistema de drenaje sanitario con tubería de PVC de 6" de diámetro y 8 pozos de visita.

En el sector Los López y Caserío Xec-Xuc se diseñó un puente vehicular de una vía, de 10 metros de luz por 4.50 metros de ancho, para soportar una carga, según la norma AASHTO HS-20-44; la super-estructura será de concreto armado y la subestructura de concreto ciclópeo. Para el análisis se utilizaron las normas AASHTO y ACI.



# **1. MONOGRAFÍAS DE SAN MARTÍN SACATEPÉQUEZ Y SAN ANTONIO SACATEPÉQUEZ**

## **1.1. Monografía de San Antonio Sacatepéquez**

### **1.1.1. Origen del nombre**

San Antonio Sacatepéquez lleva el nombre de San Antonio, por advocación al Santo Patrono San Antonio Abad, y Sacatepéquez que se deriva de las voces Sacat que significa Hierba o Zacate y Tepet que significa cerro, esto quiere decir que Sacatepéquez significa cerro de hierba o zacatera.\*

Este municipio antiguamente pertenecía a Quetzaltenango, no hay documentos de la fecha en que pasó a ser de San Marcos; no se sabe en qué fecha fue fundado, pero ya en 1690 Fuentes y Guzmán lo cita en su Recordación Florida como un pueblo vecino a San Pedro Sacatepéquez.

Este municipio se encuentra en el Valle de La Esmeralda, fue edificado el Templo de Minerva. Esta cabecera municipal se encuentra dividida en 5 cantones.

### **1.1.2. Localización y colindancias**

El municipio de San Antonio Sacatepéquez se encuentra situado en la parte Este del departamento de San Marcos en la Región VI o Región Sur-occidental. Se localiza en la latitud 14° 57' 38" y en la longitud 91° 43' 55". Limita al Norte con los municipios de San Lorenzo y Río Blanco (San Marcos); al Sur con los municipios de San Cristóbal Cucho (San Marcos) y San Martín Sacatepéquez (Quetzaltenango); al Este con los municipios de Río Blanco (San Marcos) y Palestina de Los Altos

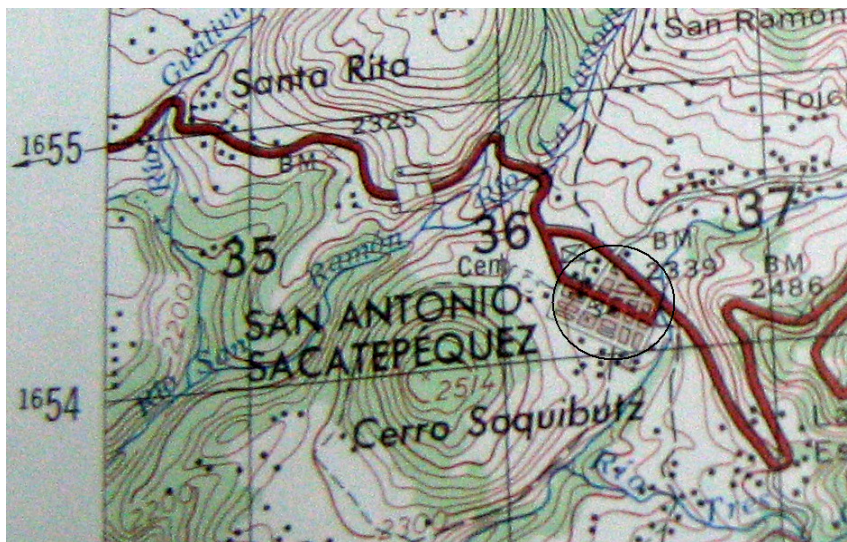
---

\* Fuente Instituto Nacional de Estadística Guatemala C.A., Atlas Conozcamos Guatemala

(Quetzaltenango); y al Oeste con el municipio de San Pedro Sacatepéquez (San Marcos). Cuenta con una extensión territorial de 79 kilómetros cuadrados y se encuentra a una altura de 2338.65 metros sobre el nivel del mar, por lo que generalmente su clima es frío. La distancia de este municipio a la cabecera departamental es de 18 kilómetros.

La municipalidad es de 4a. categoría, cuenta con un pueblo que es la cabecera municipal de San Antonio Sacatepéquez, sus aldeas San Isidro Ixcolochil, San José Granados, San Rafael Sacatepéquez, Santa Irene, Santa Rita, Santo Domingo y Siquibal; y 6 caseríos que conforman el área rural.

Figura 1. Plano de ubicación y localización de San Antonio Sacatepéquez.



### 1.1.3. Topografía

Por tener topografía cambiante, este municipio cuenta con la presencia de La Sierra Madre y los cerros Cumbre del Cohete, Ixcabitzé, Ixlucan, Tres Chorros, Saquibutz, Siete Tambores y Talmucan. La estación meteorológica más cercana se encuentra en la cabecera departamental con clave 170103.

#### 1.1.4. Economía

Este municipio respalda su economía con varias actividades como lo son las agrícolas y sus cultivos son maíz, trigo, papa, frijol, haba y cebada; las pecuarias con la crianza de ganado ovino.

Los artesanos fabrican tejidos de algodón, muebles de madera, y materiales de construcción.

#### 1.1.5. Costumbres

La feria titular de este municipio se celebra del 15 al 17 de enero, siendo el último día el principal, fecha en que la Iglesia Católica conmemora a San Antonio Abad patrono del pueblo.

#### 1.1.6. Demografía y situación social de San Antonio Sacatepéquez, San Marcos

En la siguiente tabla, se presenta resultados de dos tipos de censos realizados en San Antonio Sacatepéquez, de habitación y población; obtenidos de la base de datos del Instituto Nacional de Estadística (INE), correspondientes al último censo, (XI) de población y habitación realizado en el año 2002.

Tabla I. Datos censo de habitación de San Antonio Sacatepéquez

CENSO DE HABITACIÓN DE SAN ANTONIO SACATEPÉQUEZ						
Tipo de local (viviendas)						
Total Viv.	Formales	Apartamento	Palomar	Ranchos	Improvisadas	Otros
637	637	0	0	0	0	0
Servicios (en hogares)						
Agua: 198	Drenaje: 188	Electricidad: 181	Total hogares: 201			

CENSO DE POBLACIÓN (985 Habitantes)				
Hombres: 484			Mujeres: 501	
Grupos por edades				
De 0 a 6 años: 209	De 7 a 14 años: 222	De 15 a 64 años: 475	De 65 y más: 79	
Grupo étnico (indígenas): 122			Grupo étnico (no indígenas): 767	
Alfabetismo (alfabetos): 463			Alfabetismo (analfabetas): 91	
Nivel de escolaridad				
Ninguno:102	Preprimaria:15	Primaria: 466	Media: 185	Superior: 8
P. E. A. Hombres: 204			P. E. A. Mujeres: 53	

### 1.1.7. Servicios

- CENTRO DE SALUD: Para atención a sus habitantes en casos de enfermedad, accidentes, etc. posee el pueblo un puesto de salud y venta de medicina en la cabecera municipal y otro en Santo Domingo.
- ESTACIÓN DE POLICIA: Existe la subestación No. 4212 de San Antonio Sacatepéquez.
- HOSPEDAJE: Según registros del INGUAT, no cuenta con servicios de hospedaje.

### 1.1.8. Actividad económica

La principal actividad económica de los pobladores de San Antonio ha sido el cultivo y comercialización de los diferentes tipos de cultivos de maíz, trigo, papa, frijol, haba y cebada; las pecuarias con la crianza de ganado ovino.



## **1.2. Monografía de San Martín Sacatepéquez (sector Los López)**

### **1.2.1. Origen del nombre**

El Municipio se ha conocido a lo largo de la Historia con el nombre de San Martín Chile Verde, San Martín Obispo y a partir de 1,902 como San Martín Sacatepéquez. El nombre de San Martín se debe al Patrono San Martín Obispo.

En la descripción de la Provincia de Guatemala de Juan de Pineda, 1584, se refirió a Sacatepéquez, que juntamente con Ostuncalco estaba encomendada a Don Pedro de Alvarado, hijo de don Francisco de la Cueva y de doña Leonor de Alvarado.

En la Obra "Recordación Florida" del cronista Francisco Antonio Fuentes y Guzmán (1,960) es mencionado el pueblo de San Martín Obispo, con una población de 338 personas, cuya mayor riqueza es la producción de madera de cedro, de la que abastecía a todo el "corregimiento de Quetzaltenango" al cual pertenecía.

En la descripción Geográfica moral de la diócesis de Goathemala escrita en 1770, por el arzobispo doctor don Pedro Cortés y Larraz. Luego de visitar todas las parroquias de Guatemala y el Salvador se indica que San Martín Sacatepéquez Contaba con 1,050 habitantes (1), incluyendo toda el área que ocupan sus Aldeas, Barrios, Cantones y Sectores con los que cuenta actualmente.

En 1,797 ven la "Descripción Geográfica de la provincia de Quetzaltenango" de Joseph de Hidalgo, es mencionado San Martín Sacatepéquez, con 1,200 habitantes y gran producción de Chile verde el cual era comercializado en Quetzaltenango, alrededor del año de 1,799. San Martín aparece como un pueblo de visita como anexo de San Juan Ostuncalco a cargo de los misioneros mercenarios.

El Pueblo de San Martín aparece como parte "de circuito de Quetzaltenango" en la división territorial del estado de Guatemala para la administración de justicia, hecha en el año de 1,836 durante el gobierno del presidente Mariano Gálvez.

En la convocatoria de elecciones de diputados de la Asamblea Nacional Constituyente de 1,878 durante el gobierno de Justo Rufino Barrios, se le menciona como San Martín Chile Verde.

De acuerdo con la erupción Oral, la erupción del volcán Santa María en 1,902, conocida como "La Arena" provocó la desaparición de la semilla de Chile verde que había dado el nombre al pueblo, al quedar de terrenos y viviendas sepultadas por la acumulación del material volcánico.

La municipalidad de San Martín Sacatepéquez sostiene que en el año de 1,840 ya existía en el lugar las partes vitales para considerarlo como un municipio Organizado. Tradicionalmente se conocía a este municipio con el nombre Anteriormente mencionado por disposiciones gubernativas posteriores, se acordó transformar una parte por el nombre de "San Martín Sacatepéquez" Fue Realizado En Abril, Mayo y Junio de 1,881.

#### **1.2.1.1 Breve historia del sector los López, cantón Toj Con Grande y Caserío Xec-Xuc.**

Antes era un pequeño lugar donde solamente existían cuatro o cinco casas, lugar que estaba rodeado solamente de una parte de bosque. Las personas que vivían en ese pequeño lugar para tener acceso al vital líquido que es el agua, tuvieron que explorar las partes de tierra de donde extraer agua para el consumo e hicieron pequeños pozos.

Luego la población se fue ampliando, fueron construyendo más casas y se llegó a formar un sector que actualmente conocemos como sector Los López del Cantón Toj Con Grande y Caserío Xec-Xuc.

### **1.2.2. Localización y colindancias**

San Martín Sacatepéquez es un municipio de Quetzaltenango que cuenta con una extensión territorial aproximada de 100 km<sup>2</sup>. Y sus colindancias son:

**Al Norte:** Concepción Chiquirichapa, San Juan Ostuncalco

**Al Este:** Departamento de Quetzaltenango

**Al Sur:** Colomba Costa Cuca

**Al Oeste:** Departamento de San Marcos

Y las colindancias del sector Los López, Cantón Toj Con Grande y Caserío Xec-Xuc son:

**NORTE:** Toj Con Chiquito

**SUR:** Tuichim 2

**ORIENTE:** Toj Con Grande y Xec Xuc.

**PONIENTE:** Caserío Loblatzán.

- **Vías de acceso**

De la ciudad capital al Sector los López, Cantón Toj Con Grande y Caserío Xec Xuc. Existen 226.5 km. Distribuidos de la siguiente manera:

DE	A	km.	TIPO DE CARRETERA
Guatemala	Quetzaltenango	200	Asfalto
Quetzaltenango	San Juan Ostuncalco	15	Asfalto
San Juan Ostuncalco	San Martín Sacatepéquez	09	Asfalto
San Martín Sac.	Sector Los López, Cantón Toj Grande y Caserío Xec Xuc	2.5	Adoquinado y terracería

Figura 2. Plano de ubicación y localización de San Martín Sacatepéquez sector Los López.



### 1.2.3. Topografía y clima

El municipio de San Martín Sacatepéquez, se encuentra a una altura de 2490 MSNM., su clima es frío, cartográficamente se ubica en la latitud de 14°49'22" y en la longitud 91°38'33", la precipitación media anual es de 2000 a 4000 milímetros y la temperatura media anual es de 12 a 18 grados centígrados. Cuenta con los volcanes Chicabal y Siete Orejas; y los cerros: Tuitzanel y Tuitzabaj. La estación meteorológica más cercana es la estación No. 10 Labor Ovalle clave 131401.

#### **1.2.4. Economía**

Aproximadamente, las familias del Sector Los López, Cantón Toj Con Grande y Caserío Xec-Xuc, obtienen un ingreso de Q.800.00 mensuales, producto de las actividades en agricultura, comercio, jornales. Un jornal de trabajo se paga Q.40.00 y se trabaja de 7:00 de la mañana a 2:00 de la tarde.

#### **1.2.5. Costumbres**

La fiesta titular se celebra del 7 al 12 de noviembre, siendo el último el día principal, en que la iglesia conmemora a San Martín de Tours, patrono del pueblo.

Durante las fiestas se presentan algunas danzas folklóricas como La Conquista, Los Moros y Los Mexicanos.

Los indígenas de este lugar tienen por tradición visitar la Laguna de Chicabal que es un importante centro religioso a donde éstos indígenas acuden a efectuar ritos especiales, sembrando cruces adornadas de flores entre el agua, quemando pom o incienso, ingiriendo alcohol y a veces llevando música. Generalmente éstos ritos son presididos por los brujos rezadores.

### 1.2.6. Demografía y condiciones socioculturales

Tabla II. Datos censo de habitación de San Martín Sacatepéquez

CENSO DE HABITACIÓN DE SAN MARTÍN SACATEPÉQUEZ						
Tipo de local (viviendas)						
Total Viv.	Formales	Apartamento	Palomar	Ranchos	Improvisadas	Otros
528	524	0	0	2	2	0
Servicios (en hogares)						
Agua: 440		Drenaje: 265		Electricidad: 313		Total hogares: 453
CENSO DE POBLACIÓN (2763 Habitantes)						
Hombres: 1355				Mujeres: 1408		
Grupos por edades						
De 0 a 6 años: 812		De 7 a 14 años: 662		De 15 a 64 años: 1225		De 65 y más: 64
Grupo étnico (indígenas): 2540				Grupo étnico (no indígenas): 174		
Alfabetismo (alfabetos): 531				Alfabetismo (analfabetas): 758		
Nivel de escolaridad						
Ninguno: 1038		Preprimaria: 53		Primaria: 782		Media: 77
P. E. A. Hombres: 595				P. E. A. Mujeres: 25		

- **Idioma:**

En esta comunidad el idioma predominante es el mam y la mayoría de personas además hablan el castellano.

- **Trajes:**

Las mujeres 25% utilizan güipil rojo, con labores mayas, el corte y la faja es de color negro, el listón con labores mayas y delantal típico.

El 40% de los hombres del caserío utilizan el traje típico llamado Capixay, este tiene líneas rojas, banda de color rojo, con labores mayas, pantalón blanco con rayas rojas y labores mayas en el ruedo, sombrero y pañuelo rojo.

### **1.2.7. Servicios públicos**

En el Sector Los López Cantón Toj Con Grande y Caserío Xec-Xuc, no existe centro educativo, sólo en el Cantón Toj Con Grande existe una escuela oficial rural mixta donde se atiende la educación primaria completa.

En la comunidad no existe farmacia ni centros de convergencia, las familias del Sector Los López, Cantón Toj Con Grande y Caserío Xec-Xuc, adquieren sus medicinas en algunas tiendas de la comunidad, pero la mayoría de los vecinos van a las farmacias que existen en la cabecera municipal.

- **División político administrativa de la comunidad**

Esta comunidad de Los López, Cantón Toj Con Grande y Caserío Xec Xuc. Las principales autoridades están integradas por los alcaldes auxiliares que también son nombrados para servir a la comunidad y se encargan de velar por el orden en las mismas por un año de servicio y el Consejo Comunitario de Desarrollo que lo integra toda la comunidad (según lo establece la ley de consejos de Desarrollo Urbano y Rural) y cuenta con su órgano de coordinación o junta directiva.





## **2. DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE SANITARIO, TRAMO ENTRE 2ª Av. Y 1ª Av., 2ª CALLE Y 2ª CALLE “A” ZONA 1, CABECERA MUNICIPAL, SAN ANTONIO SACATEPÉQUEZ, SAN MARCOS.**

### **2.1. Descripción del proyecto**

El diseño del sistema de drenaje sanitario, se realizó mediante un estudio de la población futura del sector en donde servirá el proyecto y las condiciones del sistema existente. El proyecto consta de 8 pozos de visita; tubería de 6” de diámetro con una longitud horizontal total de 324.38m, los cuales se enumeraron en el orden en el que se realizó el cálculo hidráulico.

El caudal acumulado del tramo se reúne en los pozos de visita número 5 y 10 respectivamente, y de este, se dirige hacia la tubería de la red principal.

La tubería diseñada para este caso será de P. V. C. norma ASTM 3034; los pozos de visita serán de mampostería con un diámetro de 1.20m; las tapaderas de los pozos serán circulares y de concreto armado con un diámetro de 0.85m y un espesor de 0.12m, el refuerzo de las tapaderas será número 4 en ambos sentidos.

Las conexiones domiciliarias serán de tubería P. V. C. de 4 pulgadas norma ASTM 3034, las candelas serán de tubos de concreto de 12 pulgadas de diámetro y contarán con sus respectivas tapaderas de concreto.

## **2.2. Levantamiento topográfico**

En el levantamiento topográfico se tomó en cuenta el área que actualmente está edificada y la de futuro desarrollo, incluyendo la localización exacta de las calles, alineación municipal, ubicación de los mismos, y todas aquellas estructuras que guarden relación con el problema a resolver o influyan en el diseño.

Tanto en el levantamiento topográfico de la población como en el de las líneas de descarga, se tomarán en cuenta las quebradas, zanjas, cursos de agua, elevaciones, depresiones, etc.

Los datos de todo el levantamiento topográfico están claramente consignados en la libreta de campo, los que deberán respetarse al ser ejecutada la obra, a medida que avanza el trabajo.

## **2.3. Planimetría**

El método de levantamiento Planimétrico que se utilizó en este proyecto, fue el de conservación del azimut, con vuelta de campana.

El equipo utilizado para realizar el levantamiento topográfico fue:

- Teodolito Wild T-1
- Estadal
- Cinta métrica de 100 metros
- Plomada de centro
- Estacas

## 2.4. Altimetría

El levantamiento se realizó por medio de nivelación taquimétrica, utilizando para el efecto, el mismo equipo de planimetría. La fórmula<sup>†</sup> utilizada para la cota de cada estación es:

$$CT = Cant + AI - HM + \left(\frac{1}{2}K\right) * (HS - HI) * (\text{SEN}^2 Z)$$

Donde:

- Cant = cota anterior
- AI = altura de instrumento
- HS = hilo superior
- HM = hilo medio
- HI = hilo inferior
- K = constante del aparato = 100
- Z = ángulo cenital

## 2.5. Diseño del sistema sanitario

### 2.5.1. Descripción del sistema a utilizar

Como lo estipulan las normas<sup>‡</sup> para diseño de alcantarillados; en general y salvo razones especiales, se proyectarán sistemas de alcantarillado sanitario del cual están excluidos los caudales de agua de lluvia provenientes de calles, techos y otras superficies.

El sistema se diseñó como sistema por gravedad, con los conductos funcionando como canales parcialmente llenos.

---

<sup>†</sup> Tesis, Diseño y Ampliación del Sistema de Alcantarillado Sanitario, Carlos A. Ochaíta Villatoro, Pág. 13

<sup>‡</sup> Normas para alcantarillados, INFOM-2001, Capítulo 2

## **2.5.2. Diseño hidráulico**

### **2.5.2.1. Período de diseño**

Es el período de tiempo que el sistema de alcantarillado sanitario prestará servicio de forma eficiente en un 100% a la población, pasado este período es necesario rehabilitar el mismo. Según las normas<sup>§</sup>, el período de diseño adoptado para este proyecto es de 30 años, habiendo tomado en cuenta factores como: vida útil de las estructuras, la antigüedad, y desgaste natural que sufren los materiales; la facilidad para hacer ampliaciones, la relación anticipada del crecimiento de la población, incluyendo en lo posible el desarrollo urbanístico, comercial o industrial de las áreas adyacentes.

### **2.5.2.2. Población de diseño**

Para determinar la población de diseño futura Pf, se tomó una densidad poblacional de 6 habitantes por vivienda de un total de 53 viviendas, obteniendo una población actual Pa = 318 habitantes; como tasa de incremento r = 3% y como período de diseño n = 30 años, según la fórmula:

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

$$Pf = 318 * (1 + 0.03)^{30} = 772$$

Pf = 772 habitantes (corresponde a la población esperada)

### **2.5.2.3. Dotación**

La dotación es la cantidad de agua asignada a cada habitante por un día. Se expresa en litros/habitantes/día. Los factores que se deben considerar para determinar la dotación son: clima, nivel de vida, actividad productiva, servicios comunales o públicos,

---

<sup>§</sup> Normas para alcantarillados, INFOM-2001, Capítulo 2

facilidad de drenajes y administración del sistema. La dotación\*\* que se aplicó para este proyecto es de 100 litros/habitante/día, para agua potable.

#### **2.5.2.4. Factor de retorno**

Es el factor que indica la cantidad de agua que las personas retornan al alcantarillado sanitario, su valor se estima que está en un rango que va del 70% al 90% de la dotación de agua potable. Para este proyecto se tomó un factor de retorno del 80%.

#### **2.5.2.5. Factor de flujo instantáneo**

Es el factor que representa la probabilidad de que múltiples accesorios sanitarios de las viviendas se estén utilizando simultáneamente en una comunidad en horas pico. Llamado también Factor de Harmond (FH), regula un valor máximo de aportaciones por uso doméstico, se calcula para cada tramo de la red por medio de la fórmula:

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

Donde: FH = Factor de Harmond y P = población expresada en miles de habitantes

El factor de flujo instantáneo varía para cada tramo de acuerdo al número de habitantes acumulados en ese tramo, por lo tanto también es diferente el valor de flujo actual al valor de flujo futuro.

---

\*\* Normas para alcantarillados, INFOM-2001, Capítulo 2

## 2.5.2.6. Caudal sanitario

### 2.5.2.6.1. Caudal domiciliar

Es el agua que ha sido utilizada en viviendas para uso personal, limpieza o producción de alimentos y luego es desechada y conducida hacia la red de alcantarillado sanitario. El caudal domiciliar está dado por la siguiente fórmula:

$$q_{\text{dom}} = \text{dotación} * P_f * FR / 86,400$$
$$q_{\text{dom}} = (100 \text{ lts/hab/día}) * (772 \text{ hab}) * (0.8) / 86,400 =$$
$$q_{\text{dom}} = 0.72 \text{ lts/seg}$$

### 2.5.2.6.2. Caudal de infiltración

Para el caso del sistema sanitario de San Antonio Cabecera municipal, no se tomó en cuenta este factor debido a que se utilizará tubo de PVC. Norma ASTM 3034.

### 2.5.2.6.3. Caudal de conexiones ilícitas

Por ser un sistema separativo, se considera ilícito el aporte de agua de lluvia que se introduce al sistema de alcantarillado sanitario, proveniente de la conexión que hacen los usuarios de sus bajadas pluviales al sistema de drenaje. Entre los métodos que se aplica para determinar el caudal de aporte pluvial al sistema sanitario están:

- **Método utilizado por la Municipalidad de Guatemala**
- **Métodos de textos y otras publicaciones varias**
- **Método aplicado, según el criterio del Instituto de Fomento Municipal (INFOM)**

- **Determinación de caudal pluvial por el Método Racional**

El método más indicado para determinar el caudal de conexiones ilícitas es el racional, que a continuación se presenta:

$$q_{\text{conex. Ilícitas}} = \frac{C * I * A_{\text{patios}}}{360} + \frac{C * I * A_{\text{techos}}}{360} = \frac{0.70 * 68.04 * 0.018}{360} + \frac{0.40 * 68.04 * 0.04}{360}$$

$$q_{\text{conex. Ilícitas}} = 5.41 \text{ lts/seg}$$

#### 2.5.2.6.4. Factor de caudal medio

Es el factor que regula la aportación de caudal en la tubería, este es la suma de todas las aguas negras domésticas, conexiones ilícitas, infiltración, comercial e industrial. Y se expresa en lts/ (hab \* seg). Este factor debe de estar dentro del siguiente rango:

$$0.002 \leq \text{FQM} \leq 0.005$$

Si se obtiene un valor inferior al rango anterior se tomará 0.002, y si por el contrario se obtiene un valor mayor a este rango se tomará 0.005. El factor de caudal

medio está dado por:

$$\text{FQM} = \frac{\Sigma q}{\text{Población}}$$

$$\Sigma q = q_{\text{dom.}} + q_{\text{inf.}} + q_{\text{ilícitas}}$$

Para este proyecto no se tomaron en cuenta los caudales comercial e industrial debido a que no existe ningún comercio ni industria en el tramo diseñado.

$$\text{FQM} = (0.72 \text{ lts/seg} + 0 + 5.41 \text{ lts/seg}) / 772 \text{ hab} = 0.008$$

Para este proyecto se tomó  $\text{FQM} = 0.005$  ya que  $\text{FQM} = 0.008 > 0.005$

#### 2.5.2.6.5. Caudal de diseño

Este es el caudal con el que se diseñará cada tramo del sistema sanitario, y está dado por la suma de los caudales domiciliar, comercial, industrial, infiltración y de conexiones ilícitas. El caudal de diseño de cada tramo (actual y futuro) será igual a multiplicar el factor de caudal medio, el factor de Harmond (actual y futuro) y el número de habitantes a servir (actuales y futuros), según la siguiente fórmula:

$$q_{\text{diseño}} = \text{FQM} * \text{FH} * \text{Población}$$

#### 2.5.2.6.5.1. Diseño de secciones y pendientes

Se usarán en el diseño, secciones circulares funcionando como canales a sección parcialmente llena; el máximo permitido es un 75% y el mínimo 10% del diámetro del tubo para que la alcantarilla tanto en el presente como en el futuro, pueda trabajar como canal abierto, al circular el agua por acción de la gravedad y sin ninguna presión. Las alcantarillas deben diseñarse de modo que la velocidad mínima de las aguas servidas sea 0.60 m/seg y una máxima de 3.0 m/seg, para ello se utilizará la fórmula de Manning, que es la siguiente:

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

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

Donde: V = Velocidad del flujo a sección llena (m/seg)

R = Radio hidráulico (m)

D = Diámetro de la sección circular en pulgadas

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

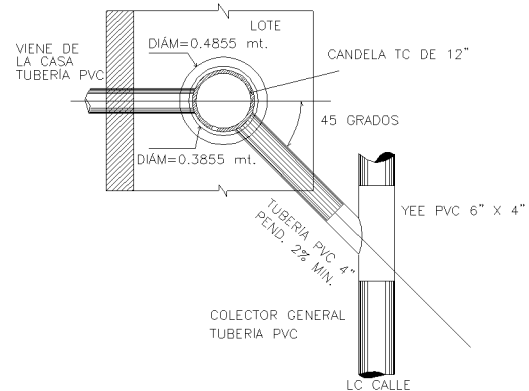
n = Coeficiente de rugosidad de Manning (n = 0.010 para PVC)

Para tubería de PVC el diámetro mínimo a utilizar en los alcantarillados sanitarios será de 6 pulgadas, y una pendiente mínima de 0.5 %.



Para las conexiones domiciliarias se podrá utilizar tubería de 4 pulgadas PVC, ésta deberá formar un ángulo horizontal con respecto a la línea central de aproximadamente 45 grados en el sentido de la corriente; ver figura siguiente:

Figura 3. Detalle de la conexión domiciliar.



#### 2.5.2.6.5.2. Velocidades máxima y mínima

La velocidad del flujo en tubería de PVC para agua residual, no deberá ser menor a 0.50 m/seg. esto para proporcionar una acción de auto limpieza en las tuberías, y una velocidad máxima de 5.0 m/seg., a sección llena; pero debido a que los alcantarillados trabajan a secciones parcialmente llenas se recomienda mantenerse en un rango de 0.3 m/seg a 3.0 m/seg.

#### 2.5.2.6.5.3. Cotas Invert

La cota Invert es la altura que existe entre el nivel de la rasante del suelo y el nivel inferior interior de la tubería, se debe verificar que la cota Invert sea, al menos, igual al recubrimiento mínimo necesario de la tubería. Las cotas Invert se calculan con base en la pendiente del terreno y la distancia entre un pozo y otro.<sup>††</sup> Para el diseño de las cotas Invert se tomaron en cuenta las siguientes normas:

<sup>††</sup> Diseño de la Red de Alcantarillado Sanitario para el Asentamiento Monja Blanca del Municipio de Villa Canales, Departamento de Guatemala, Especificaciones de los pozos de visita, Páginas 27-30

#### **2.5.2.6.5.4. Diámetro de la tubería**

La tubería en alcantarillados no debe ser menor a 6 pulgadas en colectores, y 4 pulgadas en conexiones domiciliarias, para tubería de PVC. Para el diseño del diámetro del colector se deberá tomar en cuenta la población a servir, las velocidades máximas y mínimas, y el tirante máximo y mínimo los cuales son 0.10 diámetros y 0.75 diámetros respectivamente.

La tubería a utilizar en esta ampliación será de PVC norma ASTM 3034, tanto en el colector principal como para conexiones domiciliarias.

#### **2.5.2.6.5.5. Pozos de visita**

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

- En toda intercepción de colectores
- Al inicio de todo colector
- En todo cambio de sección o diámetro y pendiente.
- En todo cambio de dirección
- En tramos rectos, a distancias no mayores de 100 metros.

#### **2.5.2.6.5.6. Conexiones domiciliarias**

Tienen la finalidad de llevar las aguas servidas desde una vivienda o edificio a una alcantarilla común o a un punto de desagüe.

La conexión doméstica se hará por medio de tubos de cemento colocados verticalmente, 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 colocarse con una pendiente del 2% como mínimo.

#### **2.5.2.6.5.7. Profundidad de la tubería**

La tubería tendrá un recubrimiento mínimo sobre la corona de 1.00 m para el colector principal y de 0.80 m para conexiones domiciliarias.

#### **2.5.2.6.5.8. Principios y relaciones hidráulicas**

Las alcantarillas basan su funcionamiento en transportar el agua de desecho en conductos libres que están en contacto con el aire, a los que se les conoce como canales. El flujo queda determinado por la pendiente del canal y la superficie del material del cual está construido. Las relaciones hidráulicas vienen dadas por la relación de caudales, tirantes y velocidades a secciones parciales con secciones llenas. La relación de caudales  $q/Q$  debe ser menor o igual a 0.75 y la relación de tirantes debe oscilar entre 0.1 y 0.75. La velocidad a sección parcial debe estar en el rango de 0.6 a 3.0 m/seg.

#### **2.5.2.6.5.9. Diseño de la red de alcantarillado sanitario**

El diseño de alcantarillado sanitario se realizó con tubería de PVC, este se diseñó para un estado de saturación tomando 6 habitantes por lote y se utilizará un diámetro mínimo de 6 pulgadas.

A continuación se da un listado de las fórmulas utilizadas en el diseño del proyecto, la totalidad del diseño puede verse en la Tabla III.

- Pendiente del terreno:  $Pt = (H2 - H1) * 100\% / \text{dist}$
- Densidad de vivienda = Habitantes/lote = 6 habitantes
- Cálculo del factor de Harmond (FH):  
$$FH = (18 + \sqrt{P}) / (4 + \sqrt{P}), \quad P = \text{población en miles}$$
- Cálculo del caudal de diseño:  $Q_{dis} = (\text{número de hab}) * (FQM) * (FH)$
- Velocidad a sección llena (V)  
Se utiliza la fórmula de Manning para calcular la velocidad a sección llena de la tubería de diámetro 6 pulgadas.  
$$V = (1/n) * R^{2/3} * S^{1/2}$$
- Caudal a sección llena:  $Q = \text{Velocidad} * \text{Área}$
- Relación  $q/Q$   
Teniendo el valor  $q/Q$ , se encuentra por medio de tablas de relaciones hidráulicas los valores correspondientes de:  $v/V$  y  $d/D$
- Velocidad de diseño ( $v$ ):  $v = (v/V) * V$

Donde:  $v$  = velocidad de diseño a sección parcialmente llena.

$v/V$  = valor obtenido de las tablas de relaciones hidráulicas

$V$  = velocidad a sección llena

- Cálculo del tirante ( $d$ )  
El tirante de agua, para que no exista taponamiento en la tubería, ni se sobrepase la capacidad del tubo, debe cumplir con la siguiente condición:  $d = (d/D) * D$

$$0.10D \leq d \leq 0.75D$$

- Cálculo de la cota Invert

El recubrimiento mínimo de tubería es de 1.00 metro para tránsito liviano y 1.20 para tránsito pesado. Y la cota Invert se calcula con la siguiente fórmula:

$$CIE2 = CIS1 - \frac{(S * DH)}{100}$$

Donde: CIE2 = Cota Invert de entrada del pozo a estudiar

CIS1 = Cota Invert de salida del pozo anterior

S = Pendiente de tubería

DH = Distancia Horizontal

1	0.03	N	30	n	0.01	Tuberia PVC
---	------	---	----	---	------	-------------

**Tabla III. Memoria de calculo de drenaje sanitario, San Antonio Sacatepéquez, San Marcos**

De	A	P.M.	Inicio	Final	D.H.	%	Terreno	Local	Acum	Habitantes a Serv	F.H.	Fqm	Q Diseño (lit/seg)	Diam.	Tubo	Vel (m/s)	Sec. Llena	Rel Q	Actual	Futura	Rel W	Vel	Rel D	Actual	Futura	Cota Invert	Prof. Pozo	Vol. Enlav	m <sup>3</sup>	720.55			
																														Inicio	Final		
1	2	99.65	98.64	29.40	3.44	5	5	30	72.82	4.35	4.28	0.005	0.65	156	6	3.44	2.10	38.31	0.017	0.041	0.3752	0.4887	0.79	1.03	0.09	0.14	98.25	97.24	1.40	1.40	35.00		
2	3	98.64	93.53	87.98	5.81	13	18	108	262.14	4.23	4.10	0.005	2.29	5.38	6	5	2.53	46.18	0.060	0.116	0.5189	0.6679	1.31	1.69	0.15	0.23	96.14	91.74	2.50	1.79	160.37		
3	4	93.53	98.62	16.00	31.81	5	23	138	334.96	4.20	4.06	0.005	2.90	6.80	6	0.5	0.80	14.60	0.189	0.465	0.779	0.9816	0.62	0.79	0.30	0.48	91.71	91.63	1.82	6.99	59.91		
4	5	98.62	97.37	17.20	7.27	3	26	156	378.65	4.19	4.03	0.005	3.26	7.64	6	0.5	0.80	14.60	0.224	0.523	0.8052	1.0108	0.64	0.81	0.32	0.51	91.60	91.51	7.02	5.86	94.12		
2	6	98.64	99.19	33.59	1.64	6	6	36	87.38	4.34	4.26	0.005	0.78	1.86	6	0.7	0.95	17.28	0.045	0.108	0.504	0.6524	0.48	0.62	0.14	0.22	97.24	97.00	2.22	2.19	62.89		
6	7	99.19	100.00	30.16	2.69	3	9	54	131.07	4.31	4.21	0.005	1.16	2.76	6	0.7	0.95	17.28	0.067	0.160	0.5677	0.7321	0.54	0.69	0.18	0.27	96.97	96.76	6.00	3.24	118.45		
7	8	100.00	92.80	53.53	13.45	11	20	120	291.27	4.22	4.08	0.005	2.53	5.95	6	5	2.53	46.18	0.055	0.129	0.5356	0.6877	1.36	1.74	0.16	0.24	94.00	91.32	3.50	1.48	113.22		
8	9	92.80	89.88	29.68	9.84	5	25	150	364.09	4.19	4.04	0.005	3.14	7.36	6	3.5	2.12	38.64	0.081	0.190	0.6003	0.769	1.27	1.63	0.19	0.30	89.30	88.26	1.65	1.62	41.23		
9	10	89.88	89.61	26.84	1.01	2	27	162	393.22	4.18	4.03	0.005	3.39	7.91	6	6	0.63	16.39	0.207	0.483	0.7874	0.9905	0.71	0.89	0.31	0.49	88.23	88.06	1.55	1.55	35.35		

### **2.5.3. Selección del punto de desfogue**

En este sistema el punto de desfogue deberá ser la línea principal, ya que sólo es un tramo, por lo tanto, se conectará a la red general.

## **2.6. Impacto ambiental**

Con base a lo descrito en la sección anterior, sobre la evaluación del sistema actual en la comunidad de San Antonio, y debido a que no se cuenta con un sistema de drenaje en dicho tramo, se puede decir que entre los principales impactos negativos que produce sin el sistema de drenajes está la contaminación del suelo y la contaminación de las aguas subterráneas, lo cual se describe a continuación.

### **2.6.1. Efectos negativos de no instalar plantas de tratamiento**

#### **2.6.1.1. Contaminación del suelo**

Los residuos de tipo doméstico pueden penetrar en el suelo y contaminarlo, a través de fugas de los depósitos o tanques, los derrames y las descargas ilegales. Los terrenos de relleno sanitario, incluso los contruidos con las más modernas técnicas, pueden contaminar las aguas subterráneas cuando los productos de la lixiviación se filtran hacia las capas interiores del suelo.

Con una concentración suficientemente alta, los microorganismos del suelo perecen, volviéndolo estéril, lo cual a su vez mata a la vegetación.

La contaminación del suelo también puede penetrar en las aguas subterráneas, y ser ingerida de manera directa por la fauna silvestre o por los seres humanos.

Asimismo, las precipitaciones entran en contacto con el suelo originando escurrimientos que se filtran a las aguas subterráneas o se vierten en los sistemas acuíferos de superficie.

### **2.6.1.2. Contaminación de las aguas subterráneas**

Éstas suelen contaminarse por resultado directo de la contaminación del suelo, por lo que los acuíferos siempre se encuentran bajo riesgo en el suelo y debido a esto el suelo actúa como fuente de contaminación de las aguas superficiales a través de la lixiviación.

### **2.6.1.3. Efectos ambientales de las aguas residuales municipales**

Las aguas residuales municipales son las que se desechan de los hogares, edificios públicos, establecimientos comerciales, sumideros para aguas pluviales y algunas industrias que desaguan en los sistemas de alcantarillados municipales.

Los efectos dependen de las cantidades que se descarguen de tres contaminantes: los sedimentos, el exceso de nutrientes y la materia orgánica. Además de que las aguas residuales municipales producen efectos estéticamente indeseables como la alteración del color del agua, olor, espuma y nata superficial.

Los sedimentos, incluidos los suelos, reducen la profundidad a la que penetra la luz del sol en el agua, lo cual disminuye la fotosíntesis de las plantas acuáticas, obstaculiza la captura de presas a los depredadores acuáticos que se guían por la vista, obstruye o daña las branquias de los peces y restringe la sobre vivencia de la crías.

Adicionalmente, el sedimento depositado en aguas receptoras que se mueven con lentitud puede aumentar la turbiedad y asfixiar a los organismos acuáticos que viven en el fondo además de destruir los bancos de crustáceos y las fuentes de alimentos de los seres acuáticos.



#### **2.6.1.4. Efectos negativos de los sistemas sépticos**

Entre los efectos negativos que tienen éstos sistemas de tratamiento, es que al no funcionar los pozos de absorción y éstos al estar rebalsándose liberan en el suelo circundante un afluyente de aguas residuales parcialmente tratadas o sin tratar.

Los sistemas sépticos se usan con más frecuencia en zonas rurales, donde el agua subterránea es una de las principales fuentes de abastecimiento para beber, pues el efluente séptico sigue el camino del declive, que es paralelo a la inclinación del terreno y se dirige hacia zonas más bajas. En consecuencia los pozos de agua localizados aguas abajo tienden a contaminarse.

#### **2.6.2. Efectos positivos que produciría instalar una planta de tratamiento**

##### **2.6.2.1. Menor producción de lodos**

Se produce una menor cantidad de exceso de lodos, que al descargarlos quedan estabilizados, reduciendo su turbiedad y por consiguiente se obtiene agua residual con mayor claridad, sin natas ni espumas.

##### **2.6.2.2. Reducción de la contaminación del suelo**

Al construirse un sistema de drenajes e instalar una planta de tratamiento, se evitaría que muchas de las residencias viertan sus aguas negras a la calle y que los residuos de tipo doméstico y por consiguiente la lixiviación que éstos producen, vuelvan al suelo estéril.

### **2.6.2.3. Menor contaminación de las aguas subterráneas**

Una planta de tratamiento tendría efluentes procesados de mejor calidad que se descargarían en el río que recibe las descargas del colector municipal; evitando en gran parte que microorganismos y líquidos producto de la lixiviación penetren y se filtren en las capas interiores del suelo.

Aunque los sistemas sépticos constituyen un medio eficaz de tratar las aguas residuales domésticas en lugar de origen, siempre que a éstos se les de un mantenimiento adecuado; éstos constituyen una de las fuentes principales de contaminación de las aguas subterráneas.

## 2.7. Presupuesto del proyecto

Tabla IV. Presupuesto del proyecto de drenaje sanitario

1	TRABAJOS PRELIMINARES	324.38	ml		
	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Total
	<b>MATERIALES</b>				
	Cal	4	saco	Q 23.00	Q 92.00
	Hilo plástico	4	rollos	Q 28.00	Q 112.00
	Madera de 2" * 3" para estacas	170	pie-tabla	Q 3.00	Q 510.00
	Clavo de 3"	3	lb	Q 7.50	Q 22.50
				Total de materiales	Q 736.50
	<b>MANO DE OBRA</b>				
	Limpieza y chapeo	324.38	ml	Q 10.00	Q 3,243.80
	Trazo y estaqueado	324.38	ml	Q 20.00	Q 6,487.60
	Subtotal de mano de obra				Q 9,731.40
	Factor de ayudante 38%				Q 3,697.93
	Factor de prestaciones 65%				Q 6,325.41
				Total de mano de obra	Q 19,754.74
				Total de materiales y mano de obra	Q 20,491.24

2	COLECTOR PRINCIPAL	324.38	ml		
	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Total
	<b>MATERIALES</b>				
	Tubo de PVC de $\Phi=6"$ norma 3034	55	tubos	Q 370.00	Q 20,350.00
	Cemento solvente $\frac{1}{4}$ de galón	6	unidad	Q 85.00	Q 510.00
	Selecto	61	m <sup>2</sup>	Q 125.00	Q 7,625.00
				Total de materiales	Q 28,485.00
	<b>MANO DE OBRA</b>				
	Excavación de línea central	720.55	m <sup>2</sup>	Q 20.00	Q 14,411.00
	Colocación de tubo de PVC $\Phi$ 6"	324.38	ml	Q 100.00	Q 32,438.00
	Relleno + compactación	864.66	m <sup>2</sup>	Q 12.00	Q 10,375.92
	Subtotal de mano de obra				Q 57,224.92
	Factor de ayudante 38%				Q 21,745.47
	Factor de prestaciones 65%				Q 37,196.20
				Total de mano de obra	Q 116,166.59
				Total de materiales y mano de obra	Q 144,651.59

Continúa

3	POZOS DE VISITA	8	Unidad			
	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Total	
	<b>MATERIALES</b>					
	Ladrillo tayuyo de barro cocido	22027	Unidad	Q 2.00	Q 44,054.00	
	Cemento	173	sacos	Q 60.00	Q 10,380.00	
	Arena de rio	15.6	m <sup>2</sup>	Q 160.00	Q 2,496.00	
	Cal hidratada	10	bolsas	Q 30.00	Q 300.00	
	Arena blanca	1	m <sup>2</sup>	Q 100.00	Q 100.00	
	Piedrín de 3/4"	15.6	m <sup>2</sup>	Q 175.00	Q 2,730.00	
	Hierro No. 4 grado 40	3.34	qq	Q 530.00	Q 1,770.20	
	Hierro No. 2 grado 40	1	qq	Q 530.00	Q 530.00	
	Hierro No. 6 grado 40	6	qq	Q 530.00	Q 3,180.00	
	Alambre de amarre	8	lb	Q 8.50	Q 68.00	
	Madera para formaleta	1600	pie-tabla	Q 8.50	Q 13,600.00	
	Clavo de 2"	40	lb	Q 8.50	Q 340.00	
			Total de materiales		Q 79,548.20	
	<b>MANO DE OBRA</b>					
	Excavación de pozos	74.02	m <sup>2</sup>	Q 125.00	Q 9,252.50	
	Hechura de muros	180	m <sup>2</sup>	Q 50.00	Q 9,000.00	
	Repello y cernido	180	m <sup>2</sup>	Q 25.00	Q 4,500.00	
	Tapadera y brocal	8	unidad	Q 100.00	Q 800.00	
	Fondo y concreto de relleno	8	unidad	Q 60.00	Q 480.00	
	Escalon	26	ml	Q 5.00	Q 130.00	
	Relleno	25	m <sup>2</sup>	Q 15.00	Q 375.00	
	Subtotal de mano de obra				Q 24,537.50	
	Factor de ayudante 38%				Q 9,324.25	
	Factor de prestaciones 65%				Q 15,949.38	
			Total de mano de obra		Q 49,811.13	
	Total de materiales y mano de obra				Q 129,359.33	

Continúa

4	CONEXIÓN DOMICILIAR	53	Unidad			
	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Total	
	<b>MATERIALES</b>					
	Tubo de cemento de 12"	53	tubos	Q 80.00	Q 4,240.00	
	Tubo PVC de 4"	53	tubos	Q 120.00	Q 6,360.00	
	Yee PVC de 6" * 4"	53	unidad	Q 200.00	Q 10,600.00	
	Cemento	23	sacos	Q 60.00	Q 1,380.00	
	Arena de río	1.13	m <sup>2</sup>	Q 160.00	Q 180.80	
	Piedrín de 3/4"	1.13	m <sup>2</sup>	Q 175.00	Q 197.75	
	Hierro No. 3 grado 40	2.4	qq	Q 530.00	Q 1,272.00	
	Hierro No. 2 grado 40	1.7	qq	Q 530.00	Q 901.00	
	Alambre de amarre	10	lb	Q 8.50	Q 85.00	
	Madera	87	pie-tabla	Q 4.50	Q 391.50	
	Clavo de 2"	8	lb	Q 8.50	Q 68.00	
	Cemento solvente ¼ de galón	2	unidad	Q 85.00	Q 170.00	
			Total de materiales		Q 25,846.05	
	<b>MANO DE OBRA</b>					
	Excavación de acometidas	36	m <sup>2</sup>	Q 20.00	Q 720.00	
	Colocación de tubo de cemento	53	tubos	Q 10.00	Q 530.00	
	Colocación de tubo PVC	53	tubos	Q 6.00	Q 318.00	
	Fundición (fondo+tapadera)	53	unidad	Q 15.00	Q 795.00	
	Relleno	0.15	m <sup>2</sup>	Q 15.00	Q 2.25	
	Formateado y desencofrado	53	unidad	Q 25.00	Q 1,325.00	
	Subtotal de mano de obra				Q 3,690.25	
	Factor de ayudante 38%				Q 1,402.30	
	Factor de prestaciones 65%				Q 2,398.66	
			Total de mano de obra		Q 7,491.21	
	Total de materiales y mano de obra				Q 33,337.26	

RESUMEN PRESUPUESTO, DE SISTEMA DRENAJE SEPARATIVO (SANITARIO)					
No.	Reglón	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Total
1	Trabajos preliminares	324.38	ml	Q 63.17	Q 20,491.24
2	Colector principal	324.38	ml	Q 445.93	Q 144,651.59
3	Pozos de visira	8	unidades	Q 16,169.92	Q 129,359.33
4	Conexiones domiciliare	53	unidades	Q 629.00	Q 33,337.26
5	Fletes	global	flete	Q 6,000.00	Q 6,000.00
<b>Total de Costo Directo</b>					<b>Q 333,839.41</b>
FIANZAS					Q 10,015.18
GASTOS DE ADMINISTRACIÓN					Q 10,015.18
SUPERVISION					Q 23,368.76
IMPREVISTOS					Q 16,691.97
UTILIDAD					Q 33,383.94
<b>Total de Costo Indirecto</b>					<b>Q 93,475.04</b>
<b>COSTO TOTAL DEL PROYECTO</b>				<b>Q</b>	<b>427,314.45</b>

## 2.8 Cronograma de ejecución

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES, DRENAJE SEPARATIVO													
No.	DESCRIPCIÓN	MES 1			MES 2			MES 3			MES 4		MES 5
1	Trabajos preliminares	■											
2	Excavación de línea central				■	■	■						
3	Instalación, tubería de PVC de 6" Ø							■	■	■			
4	Construcción de 8 pozos de visita										■	■	
5	Acometidas domiciliarias										■	■	
6	Relleno de zanja y pozos de visita												■

### **3. DISEÑO DEL PUENTE VEHICULAR SECTOR LOS LÓPEZ, CASERIO XEC-XUC, MUNICIPIO DE SAN MARTIN SACATEPEQUEZ DEPARTAMENTO DE QUETZALTENANGO.**

#### **3.1. Descripción del proyecto**

El proyecto consiste en el diseño de un puente vehicular de concreto reforzado, de una vía, para soportar una carga viva AASTHO HS-20-44, con una luz entre apoyos de 9.10m y un ancho de rodadura de 3.60m + Acera de 0.25m + Barandales.

El puente vehicular estará conformado por:

- Sub-estructura compuesta por:  
Cortina, viga de apoyo y estribos.
- Super-estructura compuesta por:  
Losa, diafragmas y vigas.

#### **3.2. Criterio y especificaciones para el diseño de puentes de concreto de sección en viga y losa.**

Para el efecto se aplicarán las normas que la AASHTO establece, tanto para la super-estructura como para la sub-estructura.

Antes de la realización de cualquier proyecto, es necesario tomar en cuenta algunos criterios, los cuales se definen a continuación:

1. Recubrimientos: AASHTO 8.22., medido del rostro de la barra a la superficie del concreto: 8cm para cimientos y muros, 5cm para losas arriba y 2.5cm abajo, 5cm para columnas y vigas.
2. Longitud de desarrollo: AASHTO 8.24.1.2. Se proporcionará a todas las barras la longitud necesaria a partir del punto donde se requieren por diseño, siendo la

mayor de la profundidad efectiva del elemento, 15 diámetros de la barra a la luz/20.

3. Traslapes: AASHTO 8.25. DGC 509.080. Se calculan con base en la longitud de desarrollo establecida en cada caso. Se recomienda el uso de uniones mecánicas para las barras No.11, de tal modo que desarrolle un 125% del  $F_y$  nominal de la barra, siguiendo la especificación AASHTO 8.33.2., evitando localizarlas en los puntos donde se producen esfuerzos de tensión críticos y nunca en una misma línea. Deberán colocarse alternos, cada 60cm.
4. Ganchos: AASHTO 8.23.2.2. Los dobleces deben ser hechos en frío y un equivalente a 6 diámetros en su lado libre, cuando se trata de 180 grados, o 12 diámetros cuando se trata de 90 grados.
5. Se deben seguir las normas establecidas para manojos de barras respecto a su cantidad, longitud de desarrollo y recubrimientos, siguiendo los lineamientos del artículo 8.21.5. de AASHTO.

Para la super-estructura se debe tomar en cuenta que:

1. La acera y el barandal se deben construir posteriormente a que las vigas se hayan deflectado libremente.
2. Se debe colocar una capa de asfalto de 5cm de espesor para proteger la superficie del concreto y eliminar irregularidades en la superficie del mismo.
3. Todos los elementos de acero estructural no embebidos en el concreto del puente, deberán cubrirse con dos capas de pintura anticorrosivo de diferente color, exceptuando los pernos, que deberán dejarse correctamente engrasados.
4. Cualquier soldadura que se ejecute deberá ser conforme las normas establecidas en el manual de la American Welding Society y siguiendo el detalle de los planos.



Para la sub-estructura se debe tomar en cuenta que:

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

### **3.3. Estudio hidrológico**

En proyectos de puentes, los datos indispensables en el perfil transversal del cauce son los que corresponden al tirante normal, tirante de creciente máxima y tirante de creciente máxima extraordinaria; datos necesarios para calcular la luz y altura del puente. El tirante normal de un río es aquel que lleva cuando se realiza el levantamiento topográfico y que varía dentro de cierto rango durante la época de estiaje.

La creciente máxima es aquella que se produce con mayor frecuencia en épocas de lluvia y se determinan a través de señales que deja, o por la información de vecinos del lugar, este tipo de crecidas ocurre cada año. En el diseño de un puente se debe considerar la creciente máxima, ya que generalmente se coloca la superestructura dos metros arriba de la creciente máxima.

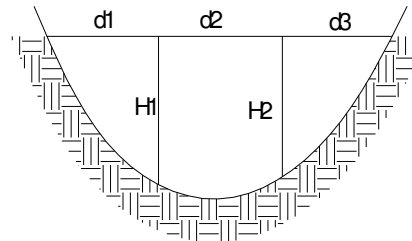
Para el cálculo de los caudales que puedan tener los ríos existen varios métodos, entre los cuales se tiene: aforo directo con molinete, vertederos, volumétrico, aforo químico, sección-pendiente, etc. El método que se utilizó en el presente proyecto fue el de sección – pendiente.

### 3.3.1. 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, buscar señales que han dejado las crecidas anteriores e indagar 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 4. Área de la sección del río.



$$A1 = \left( \frac{d1}{2} + \frac{d2}{2} \right) * H1 \quad \text{y} \quad A2 = \left( \frac{d2}{2} + \frac{d3}{2} \right) * H2$$

$$AT = A1 + A2$$

- 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 (m) = Área / Perímetro mojado

S = pendiente del río

n = coeficiente de rugosidad del suelo en el fondo del río

### 3.3.2. Cálculo del caudal máximo

- De los datos obtenidos en el campo se determinaron los siguientes resultados:

Pendiente para el caudal máximo	2.4%
Altura de crecida	1.50m
Área de desalojo	9m <sup>2</sup>
Coefficiente de rugosidad	0.05
Perímetro mojado	8.95m

- Cálculos:

$$R = A / P. M. = 9m^2 / 8.95m = 1m$$

$$V = (1/0.05) * (1)^{2/3} * (0.024)^{1/2} = 3.1m/seg$$

$$Q = V * A = (3.1m/seg) * (9m^2) = 28m^3/seg.$$

El caudal obtenido servirá para determinar la altura mínima del puente y el área de descarga. La altura del lecho del río hasta la crecida máxima es de 1.50m y la altura de la crecida máxima hasta la superestructura es de 2m para una altura total 3.50m.

### 3.4. Levantamiento topográfico

El levantamiento topográfico permite representar gráficamente los posibles puntos de ubicación de la obra y la geometría de las partes del puente. Para este proyecto se realizaron los levantamientos siguientes:

- Planimétrico, utilizando el método de conservación del azimut.
- Altimétrico, utilizando una nivelación simple con secciones transversales.

Los datos y resultados se muestran en el anexo.

### 3.5. Evaluación de la calidad del suelo

Para determinar el tipo de suelo, se realizó un estudio del suelo en las cercanías de donde se construirá el puente, el cual fue proporcionado por la municipalidad de San Martín Sacatepéquez, con lo cual se obtuvieron los siguientes resultados:

#### 3.5.1. Valor soporte

De acuerdo a los resultados obtenidos por el ensayo dinámico, se puede concluir que es un suelo de lecho arenoso con formación rocosa abajo del manto de arena. Sin embargo es un suelo de mejor drenaje natural. Puede mejorarse la cohesión con cal y cemento. El valor soporte según los estudios es: **15.40 ton/m<sup>2</sup>**.

Figura 5. Ensayo de contenido de humedad

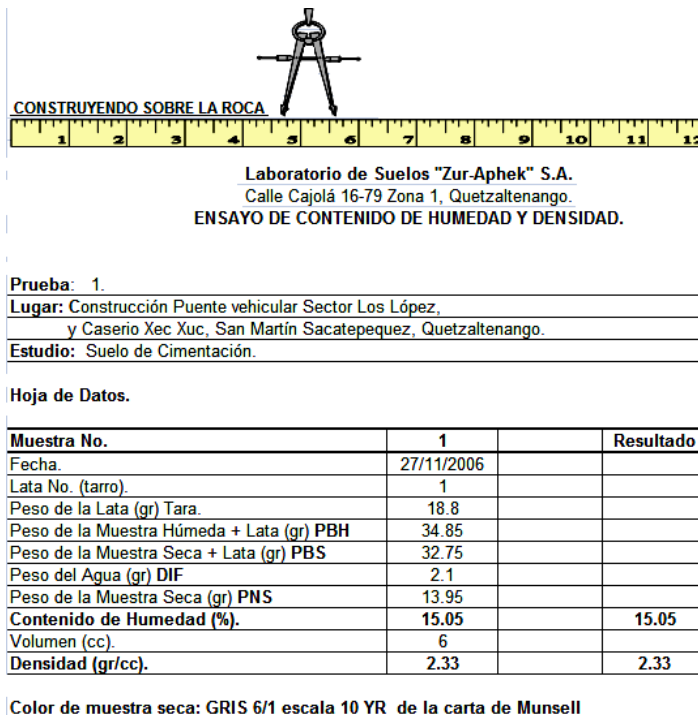


Figura 6. Ensayo de corte directo

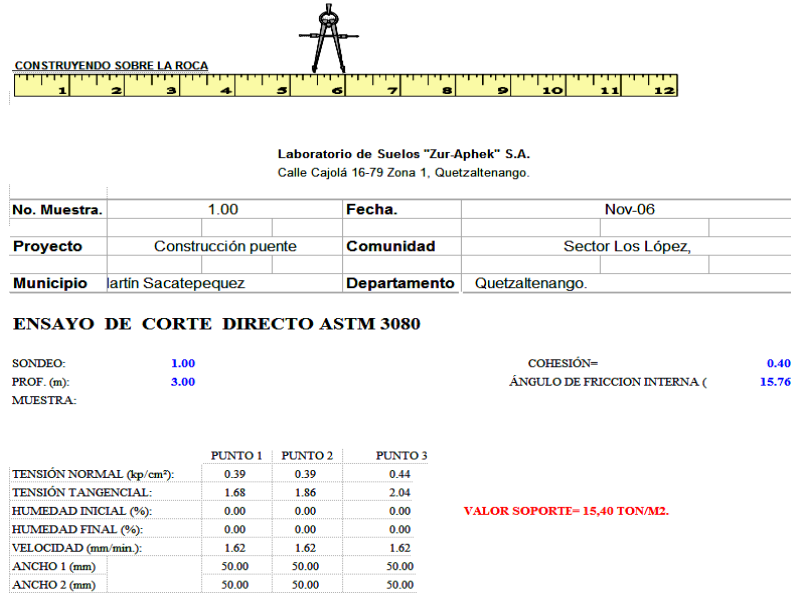


Figura 7. Fotografía del ensayo dinámico del suelo



### 3.6. Descripción de la solución propuesta

El puente estará conformado por una superestructura de concreto armado, consistente en una losa plana, banquetas, 2 vigas principales y 3 diafragmas. La subestructura estará conformada por estribos de concreto ciclópeo; además, contará con una viga de apoyo de concreto armado.

### 3.7. Diseño del puente vehicular sector Los López

#### 3.7.1 Datos de diseño

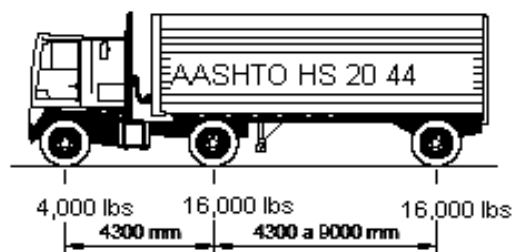
Luz libre	9.10m
Luz eficaz	10.0m
Ancho útil	3.60m
Ancho total	4.50m
Resistencia del concreto <sup>(a)</sup>	$f_c = 210\text{kg/cm}^2$
Resistencia del acero <sup>(a)</sup>	$f_y = 2,810\text{kg/cm}^2$
Peso específico concreto ciclópeo	$W_{cc} = 2,700\text{kg/m}^3$
Peso específico concreto armado	$W_c = 2,400\text{kg/m}^3$
Peso del asfalto	$W_a = 2100\text{ kg/m}^3$
Peso del suelo <sup>(b)</sup>	$W_s = 1700\text{ kg/m}^3$
Capacidad soporte de suelo <sup>(b)</sup>	$V_s = 15400\text{kg/m}^2$
Módulo de elasticidad del acero	$E_s = 2.1 * 10^6\text{ kg / cm}^2$
Norma AASHTO para Sobrecarga	HS-20-44

(a) Esfuerzo a compresión a los 28 días.

(b) Estudio de suelos.

Para el diseño de las vigas principales se utilizará un esfuerzo de fluencia del acero  $F_y$  de  $4,200\text{ kg/cm}^2$  (60,000 PSI).

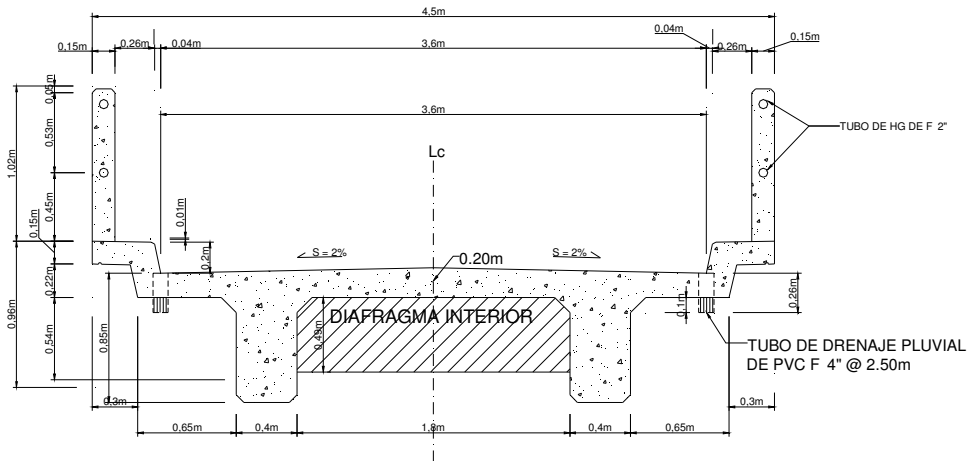
Figura 8. Tipo de vehículo y valor de carga viva por eje según norma AASHTO HS-20-44



### 3.7.2 Diseño de la super-estructura

La super-estructura estará compuesta por: losa de rodadura, 2 vigas principales, 3 diafragmas, 2 banquetas laterales y 2 barandales.

Figura 9. Geometría de la superestructura.



#### SECCIÓN B-B' (GEOMETRIA)

ESCALA 1:25

#### 3.7.2.1 Diseño de la losa

La losa del puente se diseñará con respecto a las normas AASTHO; para esto se determinará cómo trabaja la losa. En este caso, la losa trabaja en un solo sentido, que es el sentido corto, y por lo tanto, el refuerzo principal de la losa es perpendicular al tráfico; la separación entre vigas que hace la luz de la losa es de 1.80 m.

##### 3.7.2.1.1 Espesor de losa

Para losas con refuerzo principal perpendicular a la dirección del tránsito, se recomienda calcular el espesor de losa siguiendo lo indicado en la norma AASHTO

8.9.2. Con la siguiente fórmula:  $T = 1.2 * \frac{S + 3.05}{30} \geq 0.17m$  y también que el espesor mínimo de losa sea de 15.25 cm (6"). Donde: T = espesor de losa y S = luz libre entre vigas.

$$T = 1.2 * \frac{1.8 + 3.05}{30} = 0.19m$$

Por economía del proyecto se utilizará un espesor de 16cm. que es mayor a 6".

### 3.7.2.1.2 Cálculo de momentos (en losa)

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

$$W_{cm} = W_{losa} + W_{asfalto} + W_{barandal}$$

Determinando la carga muerta por causa del concreto u otras cargas, tenemos:

$$W_{losa} = W_c * t * b = 2400 \text{ kg/m}^3 * 0.16m * 1m = 384 \text{ kg/m}$$

$$W_{asfalto} = W_a * t_a * b_a = 2100 \text{ kg/m}^3 * 0.05m * 1m = 105 \text{ kg/m}$$

$$W_{barandal} = \text{dependiendo del fabricante} = 9.52 \text{ kg/m}$$

$$W_{total \text{ cm}} = 498.52 \text{ kg/m}$$

- Momento debido a peso muerto losa entre vigas y por efecto del voladizo:

$$M_{cm \text{ losa}} = \frac{W_{cm} * S^2}{10} = \frac{498.52_{\text{kg/m}} * (2.20_m)^2}{10} = 241.28_{\text{kg-m}}$$

$$M_{cm \text{ voladizo}} = \frac{W_{cm} * L^2}{2} = \frac{498.52_{\text{kg/m}} * (1.15_m)^2}{2} = 329.65_{\text{kg-m}}$$

Donde: S=luz entre vigas y L=la longitud del voladizo; se escoge el M<sub>cm</sub> mayor.

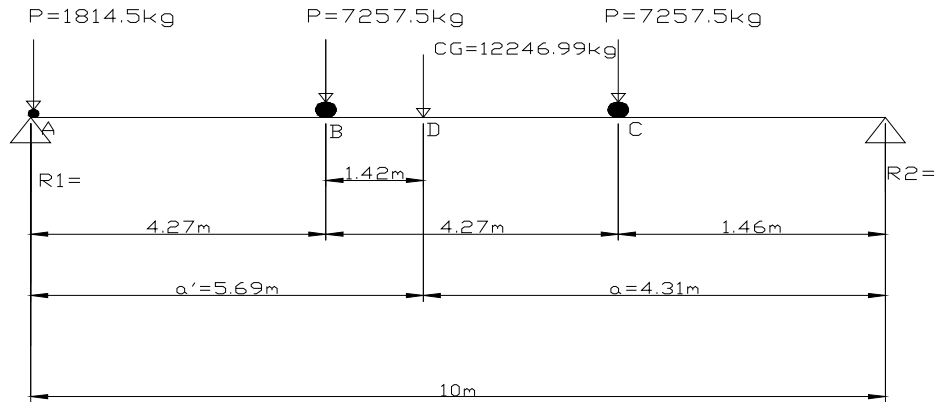
$$M_{cm} = 329.65_{\text{kg-m}}$$



- Momento debido a sobrecarga o carga viva  $M_{cv}$ :

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

Figura 10. Modelo matemático por sobre carga o carga viva



$$M_{cv} = 0.80 * \left( \frac{S + 2}{32} \right) * P = 0.80 * \left( \frac{5.91_{ft} + 2}{32} \right) * 12,000_{lb} = 3164_{lb-ft}$$

Donde: S = luz libre entre vigas (pies) 1.80 m. = 5.91 ft

P = peso del eje más pesado (lb.) = P = 16,000 lb

$$M_{cv} = 437.55_{kg-m}$$

- Momento debido al impacto, I

La aplicación de las cargas dinámicas producidas en los puentes por los camiones, no se efectúa de manera suave y gradual, sino violenta. Ello produce esfuerzos notables en las fuerzas internas de la estructura. Por esta razón se deben de tomar en cuenta las cargas adicionales, denominadas cargas de impacto, las cuales se calcula como una fracción de la carga viva, la cual incrementa en un porcentaje que tiene que ser menor o igual al 30%, (según norma AASTHO 1.2.12). Se calcula así:

$$I = \left( \frac{15.24}{L + 38} \right) * 100\% \leq 30\% = \left( \frac{15.24}{1.80_m + 38} \right) * 100\% = 38.29\%$$

Donde: I = fracción de impacto, siendo  $I_{máx} = 30\%$

L = longitud (m) del tramo donde la carga produce el máximo esfuerzo.

Como  $38.29\% > \text{Imáx}$ , entonces utilizar  $\text{Imáx} = 30\% = 1.30$

- Momento último

Según AASTHO 1.2.12; la fórmula se integra de la siguiente manera:

$$Mu = 1.3 * \left[ M_{cm} + \left( \frac{5}{3} \right) * M_{cv} * I \right] = 1.3 * \left[ 329.65_{kg-m} + \left( \frac{5}{3} \right) * 437.55_{kg-m} * 1.30 \right] =$$

$$Mu = 1660.98kg - m$$

### 3.7.2.1.3 Cálculo del peralte “d” (en losa)

$$d = H - \frac{\theta}{2} - \text{recubrimiento} \quad (\text{se usará varilla No.5})$$

$$d = 16_{cm} - \left( \frac{2.54_{cm} * 5/8''}{2} \right) - 2.54_{cm} = 12.67_{cm}$$

### 3.7.2.1.4 Cálculo del refuerzo transversal de la cama inferior (en losa)

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

$$As = \left[ b * d - \sqrt{(b * d)^2 - \frac{Mu * b}{0.003825 * f'c}} \right] * \frac{f'c}{fy} * 0.85$$

Donde:  $\Phi = 0.85$

$$Mu = 1660.98kg - m$$

$$d = 12.67cm$$

$$b = 100cm$$

$$f'c = 281kg / cm^2$$

$$fy = 2810kg / cm^2$$

Y se obtiene **As = 5.31cm<sup>2</sup>**

Grado 40

Chequeando  $As_{mín}$  y  $As_{máx}$  se verificará si el  $As$  está en el rango, según norma ACI.

$$\rho_{\min.} = \frac{14.1}{f_y} = \frac{14.1}{2810_{\text{kg./cm}^2}} = 0.005018$$

$$A_{S\min} = \rho_{\min.} * b * d, \text{ calculado para una franja unitaria de 1.00m y acero Grado 40} \\ = 0.005 * 100\text{cm} * 12.67\text{cm} = 6.34\text{cm}^2$$

$$\mathbf{A_{S\min} = 6.34\text{cm}^2}$$

$$\rho_{\text{bal}} = \beta_1^2 * \left( \frac{0.003}{\frac{f_y}{E_s} + 0.003} \right) * \frac{f'_c}{f_y} = 0.85^2 * \left( \frac{0.003}{\frac{2,810_{\text{kg./cm}^2}}{2.10 * 10^6_{\text{kg./cm}^2}} + 0.003} \right) * \frac{281_{\text{kg./cm}^2}}{2,810_{\text{kg./cm}^2}} =$$

$$0.05$$

$$A_{S\max} = 0.5 * \rho_{\text{bal}} * b * d = 0.5 * 0.05 * 100\text{cm} * 12.67\text{cm} = 31.68\text{cm}^2$$

$$\mathbf{A_{S\max} = 31.68\text{cm}^2}$$

Como se puede observar, el  $A_s < A_{S\min} < A_{S\max}$ , entonces se debe utilizar  $A_{S\min} = 6.31\text{cm}^2$  por cada metro de longitud. Utilizando refuerzo corrugado No.4, el armado quedará de la siguiente manera: varillas No. 4 Grado 40 @ 20cm.

#### 3.7.2.1.4.1 Cálculo del refuerzo longitudinal camas superior e inferior

La AASHTO (3.24.10.2) recomienda que el refuerzo longitudinal deba ser el 67% como máximo del refuerzo transversal.

$$\text{De modo que } FL \leq 0.67$$

$$\text{Donde: FL = Factor Longitudinal} = FL = \frac{2.20}{\sqrt{S}} \leq 0.67$$

S = Espaciamiento entre vigas en pies

$$FL = \frac{2.20}{\sqrt{5.90'}} = 0.91 > 0.67 \Rightarrow \text{usar } FL = 0.67$$

$A_s = 0.67 * A_{S\text{transv}} = 0.67 * 6.31\text{cm}^2 = 4.23\text{cm}^2$ ; varilla No.4 @ 20cm. Por lo que se propone armado No.4 Grado 40 @ 20cm.

#### 3.7.2.1.4.2 Cálculo del refuerzo transversal cama superior

Este refuerzo se calcula por temperatura, utilizando la siguiente fórmula:

$$A_{\text{Stemp}} = 0.002 * b * T$$

$$A_{\text{Stemp}} = 0.002 * 100\text{cm} * 16\text{cm} = 3.20\text{cm}^2; \text{ varilla No. 4 @ 30cm}$$

Por lo tanto se propone refuerzo No.4, Grado 40 @ 30cm en la cama superior.

### 3.7.2.2 Diseño de vigas

#### 3.7.2.2.1 Viga intermedia

El espaciamiento entre vigas queda a criterio del diseñador. Una práctica muy usual es espaciar a 10 ó 12 pies. La sección de las vigas principales se determina basándose en la luz de las mismas; para no tener que hacer un chequeo por deflexiones, se recomienda que el peralte no sea menor que  $L/16$ . La base no deberá ser menor que el peralte sobre 3.5 para no chequear alabeo, en el entendido de que las secciones rectangulares y en forma de I son las más idóneas para trabajar a flexión.

La sección de las vigas principales se determina basándose en la luz de las mismas;

$L/16 = 10\text{m}/16 = 0.625\text{m}$  y  $b > 0.625\text{m}/3.5 = 0.18\text{m}$ ; por lo que, se establecieron las dimensiones siguientes: Base  $b = 0.40\text{m}$  y altura  $H = 0.85\text{m}$ .

### 3.7.2.2.2. Cálculo del momento por sobrecarga o carga viva

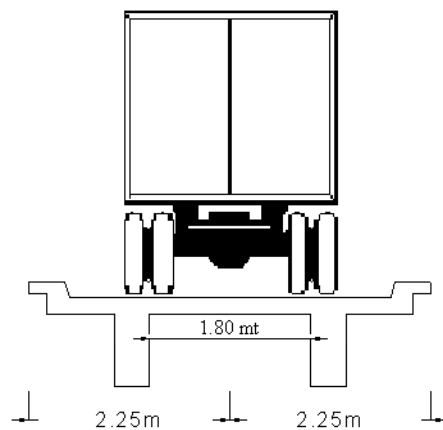
El análisis estructural consistirá en que la carga que afecte se encuentre en movimiento, lo que significa que cambia de posición a cada instante. Por eso es difícil determinar las condiciones realmente críticas.

Para vigas simples de luces cortas en donde no cabe más de un camión, no se complica la determinación de las condiciones críticas, de modo que:

- ⊕ El corte máximo por carga viva sentido longitudinal, ocurre sobre el apoyo cuando la carga mayor se encuentre sobre él.
- ⊕ El momento máximo por carga viva móvil ocurre en la carga más cercana al centro de gravedad, cuando ésta se encuentra tan lejos del soporte como su centro de gravedad del otro.

Según especificación AASHTO, puesto que la separación entre ejes de vigas,  $S = 2.20 \text{ m} > 1.80 \text{ m}$  Entonces la carga sobre cada viga será la reacción de las cargas por rueda. Ver diagrama de posición de cargas, ver Figura 11.

Figura 11. Diagrama de cuerpo libre y posición de las ruedas del camión en lugar crítico.



La fracción de la carga “FC” de la rueda que absorbe cada viga es:  $\frac{S}{1.75}$

Donde:  $S =$  separación máxima entre vigas = 1.80 m

$$FC = \frac{1.80_{\text{m}}}{1.75} = 1.03 \text{ m}$$

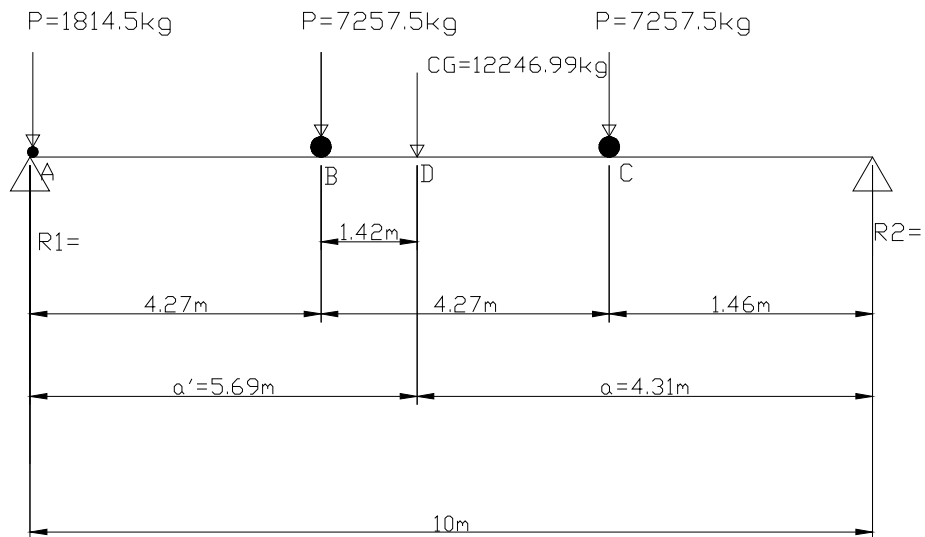
La carga por eje para una viga es la siguiente:

Carga del eje trasero = 16000Lbs = 7257.5kg

Carga del eje delantero = 4000Lbs = 1814.5kg

Los momentos máximos debidos a la sobrecarga se calculan respecto al lugar crítico.

Figura 12. Diagrama de posición de cargas para obtener momentos máximos.



$$\sum M_A = 0 \oplus 7257.5_{kg} * 4.27_m + 7257.5_{kg} * 8.54_m - 16329.5_{kg} * a' = 0$$

$$a' = 5.69_m \quad Y \quad a = 10_m - a' = 10_m - 5.69_m \Rightarrow a = 4.31_m$$

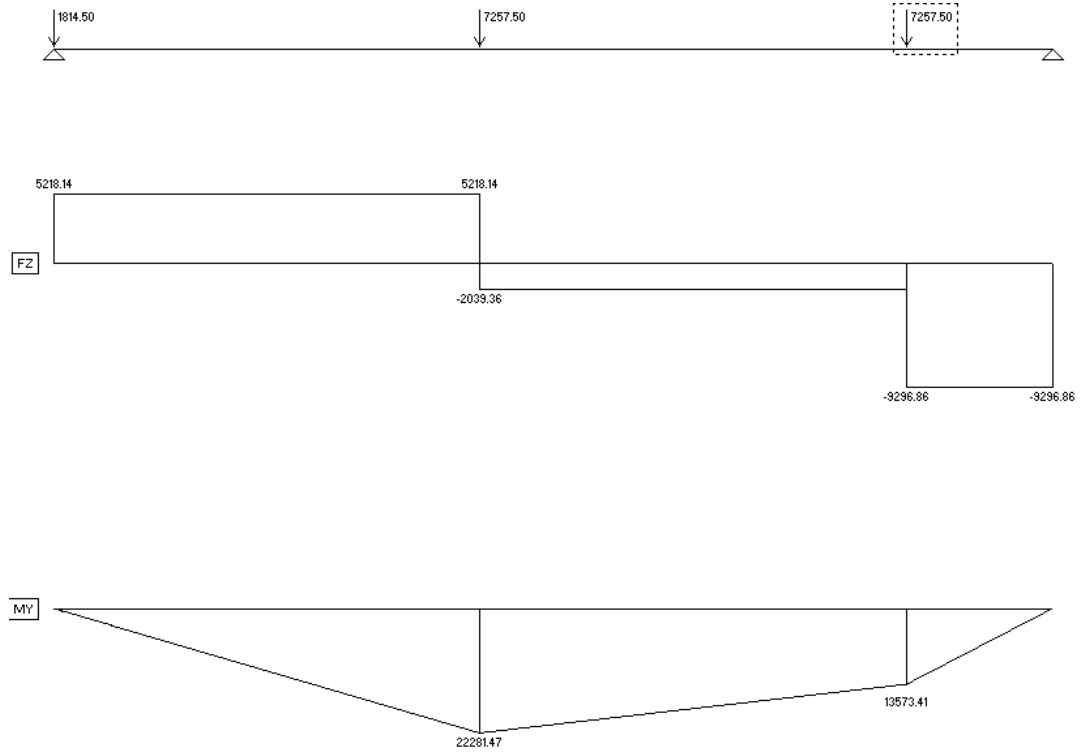
$$\sum M_{R_2} = 0 \quad 10R_1 - 1814.5 * 10 - 7257.5 * 5.73 - 7257.5 * 1.46 = 0$$

$$R_1 = 7032.64_{kg}$$

$$\sum F_v = 0 \oplus \uparrow \quad 7032.64 - 1814.5 - 7257.5 - 7257.5 + R_2 = 0$$

$$R_2 = 9296.86_{kg}$$

Figura 13. Diagrama de corte y momento debido a una posición crítica del camión



$$M_{\text{máximo}(cv)} = 22281.47 \text{ kg-m}$$

### 3.7.2.2.3. Cálculo del momento por carga muerta

- El momento máximo es producido por la suma de cargas muertas en la viga:

$$W_{cm} = W_{losa} + W_{asfalto} + W_{ppviga} + W_{acera} =$$

$$W_{losa} = 2400_{kg/m^3} * 0.16_m * 2.25_m = 864_{kg/m}$$

$$W_{asfalto} = 2100_{kg/m^3} * 0.05_m * 1.8_m = 189.0_{kg/m}$$

$$W_{ppviga} = 2400_{kg/m^3} * 0.40_m * 0.69_m = 662.4_{kg/m}$$

$$W_{acera} = 2400_{kg/m^3} * 0.15_m * 0.45_m = 162_{kg/m}$$

$$W_{cm} = 1877.4_{kg/m}$$

- Momento debido al propio peso

$$M_{pp(máximo)} = \frac{WL^2}{8} = \frac{1877.4_{kg/m} * (10_m)^2}{8} = 23467.5_{kg-m}$$

$$M_{pp(3mapoyo)} = 23467.5_{kg-m} - \frac{1877.4_{kg/m} * (4_m)^2}{8} = 19712.7_{kg-m}$$

- Momento debido al peso del diafragma

$$P_{di} = 468_{kg/m} * 0.90_m = 421.2_{kg}$$

$$P_{de} = 324_{kg/m} * 0.90_m = 291.6_{kg}$$

$$M_{pd(máximo)} = \frac{421.2_{kg} * (10_m)}{4} = 1053_{kg-m}$$

$$M_{pp(3mapoyo)} = 1053_{kg-m} - \frac{421.2_{kg} * (4_m)}{4} = 631.8_{kg-m}$$

- Momento total:

$$M_{cm(máximo)} = 23467.5_{kg-m} + 1053_{kg-m} = 24520.5_{kg-m}$$

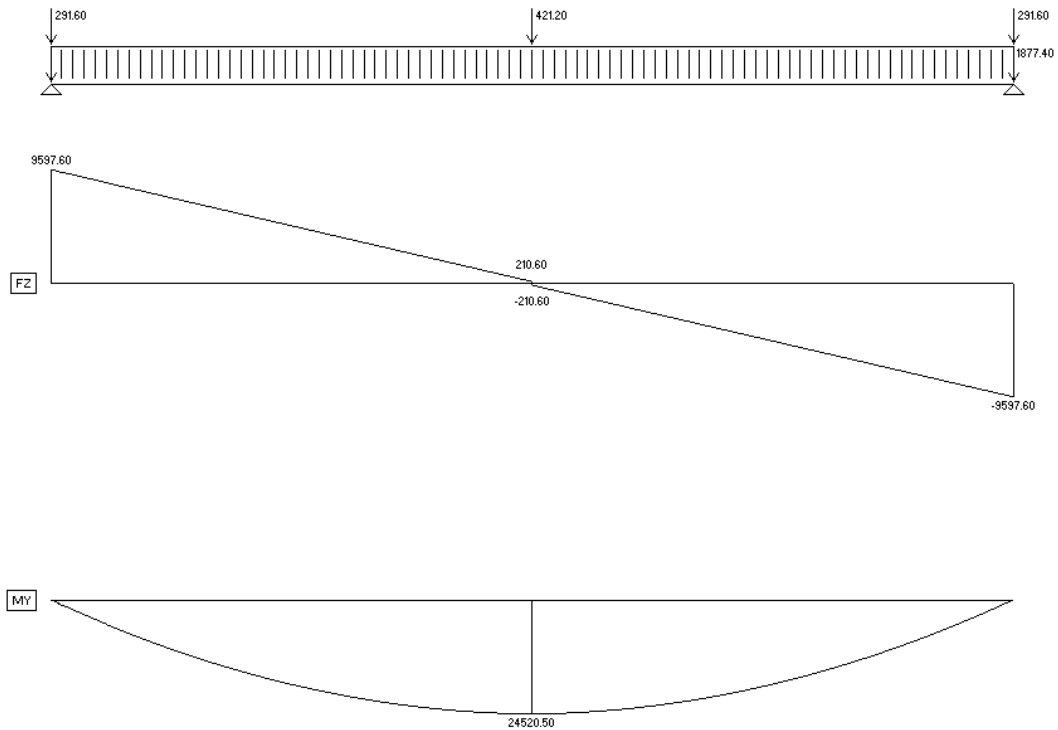
$$M_{cm(3mapoyo)} = 19712.7_{kg-m} + 631.8_{kg-m} = 20344.5_{kg-m}$$

$$W_{cm} = 1877.4_{kg/m}$$



El momento máximo se calcula con el siguiente diagrama de corte con carga distribuida:

Figura 14. Diagrama de corte y momento debido a carga muerta en viga principal



#### 3.7.2.2.4. Cálculo del momento debido al impacto

Del concepto de impacto mencionado anteriormente se tiene:

$$I = \frac{15.24}{L + 38} = \frac{15.24}{10_{mt} + 38} = 0.32 > 0.30 \quad \text{utilizar } I = 1.30$$

#### 3.7.2.2.5. Factor de distribución

El factor de distribución FD se interpreta de la siguiente manera: es la proporción de la carga viva que absorbe cada viga (AASHTO 3.23.1).

Para hallar "R", calcular el momento en el punto de apoyo exterior:

$$\sum M_{R2} = 0$$

$$2.10R_1 - 1.965P - 0.135P = 0$$

$$R_1 = \frac{2.10P}{2.10} = P$$

$$\Rightarrow F.D. = 1$$

### 3.7.2.2.6. Cálculo del momento total

El momento total máximo se obtiene de la siguiente manera:

$$M_{m\acute{a}x} = 1.3 * \left[ M_{cm} + \frac{5}{3} * M_{cv} * I * F.D. \right] =$$

$$M_{m\acute{a}x} = 1.3 * \left[ 24520.5_{kg-m} + \frac{5}{3} * 22281.47_{kg-m} * 1.30 * 1 \right] =$$

$$M_{m\acute{a}x} = 94636.12_{kg-m}$$

Donde:  $I = \text{impacto} = 1.30$ ; y  $F. D. = \text{factor de distribución} = 1$

### 3.7.2.2.7. Cálculo del refuerzo (Diseño a flexión)

En el cálculo del refuerzo de vigas, se utilizará un esfuerzo máximo del concreto de  $281_{kg/cm^2}$  (4000psi) y un esfuerzo de fluencia del acero de  $4200_{kg/cm^2}$  (60000psi).

Para el refuerzo en el centro de la viga se tienen los siguientes datos:

Cálculo de refuerzo a tensión:

Donde:

$$b = 40\text{cm} \quad H = 85\text{cm} \quad M_u = 94636.12_{kg-m} \quad f'_c = 281_{kg/cm^2}$$

$$\phi = 0.90 \quad d = 75.2\text{cm} \quad E_s = 2.10 * 10^6_{kg/cm^2}$$

$$f_y = 4200_{kg/cm^2} \quad \beta_1 = 0.85$$

$$\Rightarrow A_s_{tensi\acute{o}n} = 37.38\text{cm}^2$$

El refuerzo equivalente distribuido a tensión es de 8 varillas No. 8 (ver planos incluidos).

Chequeo:

$$\rho_{bal} = \beta_1^2 * \left[ \frac{0.003}{\frac{f_y}{E_s} + 0.003} \right] * \frac{f'_c}{f_y} = (0.85)^2 * \left[ \frac{0.003}{\frac{4200}{2.10E10^6} + 0.003} \right] * \frac{281}{4200} =$$

$$\rho_{bal} = 0.029$$

$$\rho_{m\acute{a}x} = 0.5 * \rho_{bal} = 0.5 * 0.029 \Rightarrow \rho_{m\acute{a}x} = 0.0145$$

$$\rho_{min} = \frac{14.1}{4200} = 0.0034 \quad \rho_{min} < \rho < \rho_{m\acute{a}x}$$

Con  $M_u = 94636.12 \text{ kg-m}$ ,  $\rho = 0.012 \therefore < \rho_{m\acute{a}x} = 0.0145$

$$\Rightarrow A_{s_{min}} = 10.27 \text{ cm}^2 \quad \Rightarrow A_{s_{max}} = 43.62 \text{ cm}^2$$

Se refuerza en cama inferior en apoyos con el 50%  $A_s+$  ó  $A_{smin}$ ;

Entonces  $50\% * (37.38 \text{ cm}^2) = 18.69 \text{ cm}^2 > A_{smin}$ . Ok

El cálculo del refuerzo en cama superior por sismo, es el 33%  $A_s+$  ó  $A_{smin}$ .

$$A_{s_{cama superior}} = 33\% * 37.38 \text{ cm}^2 = 12.34 \text{ cm}^2 > A_{smin} = 10.27 \text{ cm}^2$$

### 3.7.2.2.8. Refuerzo adicional

Se recomienda un refuerzo extra de  $0.25 \text{ plg}^2$  por pie de alto ( $5.28 \text{ cm}^2$  por metro de alto).

Calculo del refuerzo adicional:

$$A_{s_{extra}} = 5.28 \text{ cm}^2 * 0.69 \text{ m} = 3.64 \text{ cm}^2$$

Distribución final del acero en la viga

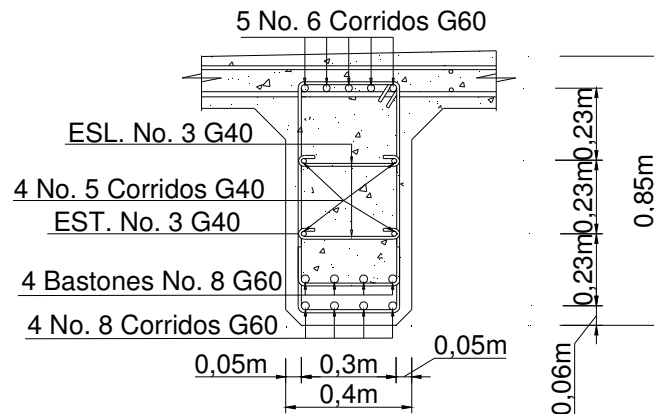
Cama superior: 5 varillas No.8 (G60) corridos

Cama inferior: 8 varillas No.8 (G60)

(4 varillas No.8 G60 corridos y 4 bastones No.8 G60)

Acero adicional: 2 varillas No.5 G40

Figura 15. Detalle de viga principal



## SECCIÓN J-J'

ESCALA 1:20

### 3.7.2.2.9. Diseño a corte

- Esfuerzo cortante por carga muerta: el esfuerzo cortante máximo se obtiene en los apoyos y se calcula por medio de la siguiente fórmula, respecto del centro de la luz del puente (incluye el peso  $P_d$ , del diafragma exterior):

$$W_{ppviga} = 1877.4_{kg\cdot m}$$

$$W_{di} = 468_{kg}$$

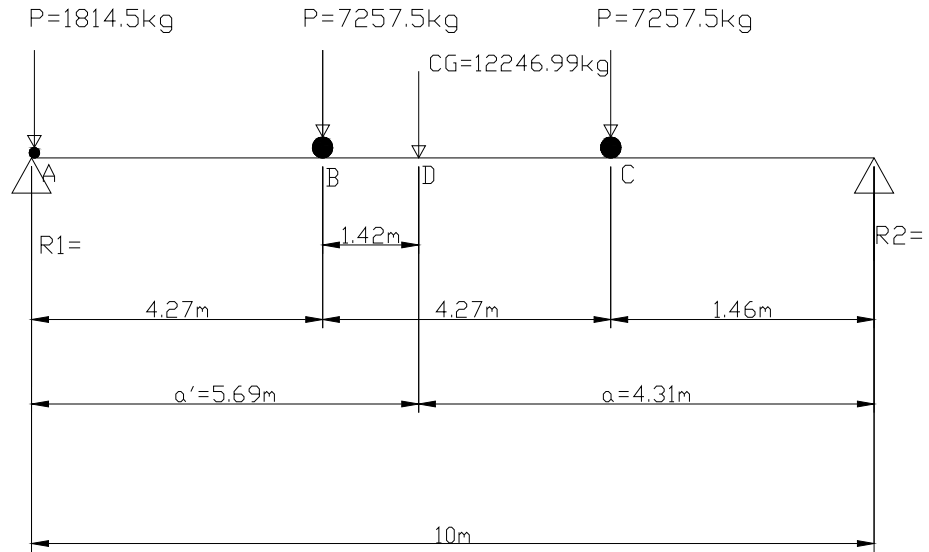
$$W_{de} = 329_{kg}$$

$$V_{cm} = W_{pp_{cm}} * \frac{L}{2} + \frac{W_{di}}{2} + W_{de} = 1877.4_{kg/m} * \frac{10m}{2} + \frac{468_{kg}}{2} + 329_{kg}$$

$$V_{cm} = 9950_{kg}$$

- Esfuerzo cortante por sobrecarga (o carga viva): este se calcula por medio de la reacción que la estructura tiene cuando el camión está ingresando al puente.

Figura 16. Diagrama de posición de cargas que producen corte máximo por sobrecarga.



$$\sum M_{R2} = 0$$

$$10R_1 - 7257.5_{kg} * 10_m - 7257.5_{kg} * 5.73_m - 1814.5_{kg} * 1.46_m = 0$$

$$R_1 = \frac{116809.65_{kg-m}}{10_m} \Rightarrow R_1 = 11680.96kg \Leftrightarrow V_{cv} = 11680.96kg$$

- Factor de impacto:

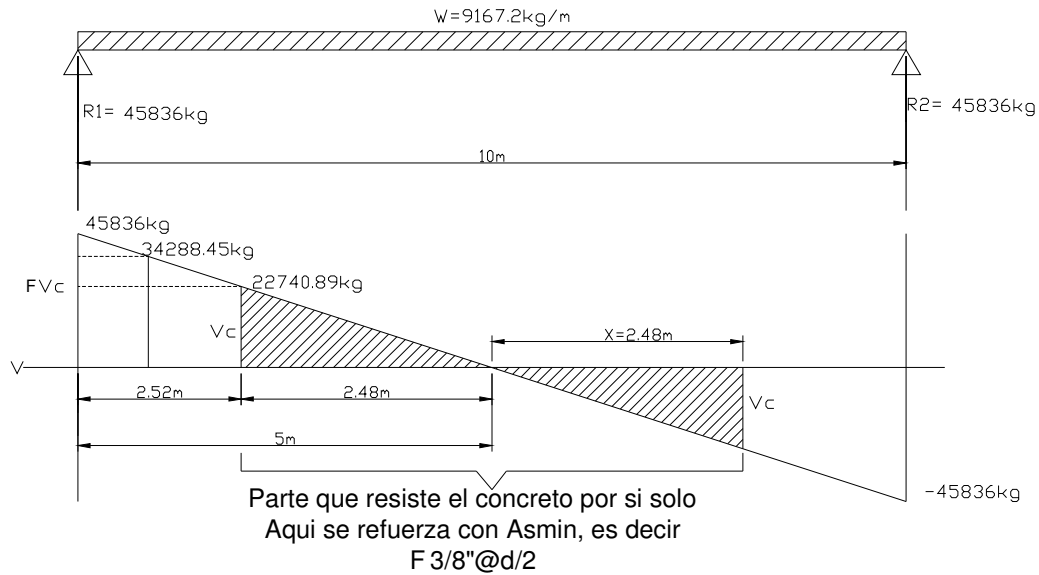
$$I = 1.30$$

Esfuerzos cortantes totales:

$$Vt_{m\acute{a}x} = 1.3 * \left[ V_{cm} + \frac{5}{3} * V_{cv} * I \right]$$

$$Vt_{m\acute{a}x} = 1.3 * \left[ 9950_{kg} + \frac{5}{3} * 11680.96_{kg} * 1.30 \right] \Rightarrow Vt_{m\acute{a}x} = 45836_{kg}$$

Figura 17. Diagrama de corte máximo.



El corte que resiste el concreto es:

$$V_c = 0.85 * (0.53) * \sqrt{f'_c} * b * d = 0.451 * \sqrt{281 \text{ kg/cm}^2} * 40 \text{ cm} * 75.2 \text{ cm}$$

$$V_c = 22740.89 \text{ kg}$$

Para  $V_u = 45836 \text{ kg}$

$V_u = 45836 \text{ kg} > \phi V_c = 22740.89 \text{ kg}$  Por lo tanto se necesitan estribos

$$\phi V_s = V_u - \phi V_c = 45836 \text{ kg} - 22740.89 \text{ kg} = 23095.11 \text{ kg}$$

$$X_c = \frac{V_{u \text{ en apoyo}} - \phi V_c}{W_u} = \frac{45836 \text{ kg} - 22740.89 \text{ kg}}{9167.2 \text{ kg/m}} \Rightarrow X_c = 2.52 \text{ m}$$

En la sección crítica  $V_u = 34288.45 \text{ kg} > \phi V_c = 22740.89 \text{ kg}$

$$S_{requerida} = \frac{\phi * A_v * f_y * d}{V_u}$$

Suponiendo est.  $\emptyset = 3/8'' \Rightarrow (A_v = 1.42 \text{ cm}^2)$

$$\Rightarrow S = \frac{0.85 * 1.42 \text{ cm}^2 * 4200 \text{ kg/cm}^2 * 75.2 \text{ cm}}{45836 \text{ kg}} = 8.32 \text{ cm} < d/2 = 37.6 \text{ cm}$$

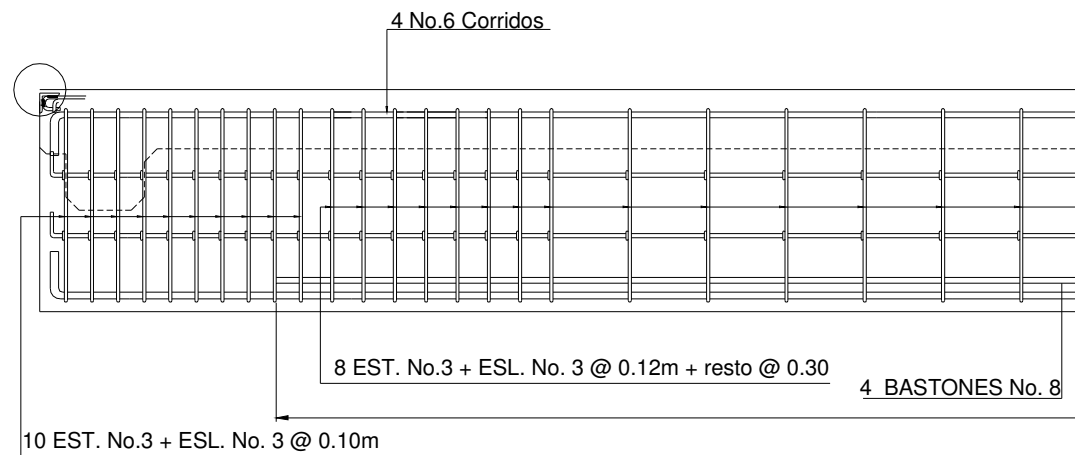
Si  $V_u = 34288.45 \text{ kg}$   $S = ? \text{ cm}$

$$S = \frac{0.85 * A_v * f_y * d}{V_u} \Rightarrow S = \frac{0.85 * 1.42_{cm^2} * 4200_{kg/cm^2} * 75.2_{cm}}{34288.45} = 11.12_{cm}$$

$$\Rightarrow S = 11.12_{cm}$$

$$\Rightarrow 10 @ 10_{cm} + 8 @ 12_{cm} + \text{resto} @ 30_{cm}$$

Figura 18. Distribución de estribos en viga principal.



### 3.7.2.3. Diseño del diafragma

La especificación AASHTO 8.12.2 dice que un diafragma intermedio es recomendado en el punto máximo al momento positivo para luces mayores de 40 pies (12.19 m). El ancho de los diafragmas es generalmente de 30 cm. y la longitud será la distancia o la luz entre vigas principales; la altura se determinará así:

Diafragma interior:

$$f'c = 281_{kg/cm^2} \quad f_y = 4200_{kg/cm^2}$$

$$h = \frac{3}{4} * H = \frac{3}{4} * (85_{cm}) = 63.75_{cm} \cong 65_{cm}$$

Diafragma exterior:

$$h = 0.50 * H = 0.50 * (85_{cm}) = 42.5cm \equiv 45cm$$

El refuerzo que se coloca, es el acero mínimo.

$$\rho_{min} = \frac{14.1}{f_y} = \frac{14.1}{4200_{kg/cm^2}} = 0.0034$$

$$A_{s_{di}} = 0.0034 * 30 * 60 = 6.12cm^2 \Rightarrow 3N5.(5.94cm^2)$$

$$A_{s_{de}} = 0.0034 * 30 * 40 = 4.08cm^2 \Rightarrow 2N5(3.96cm^2)$$

Refuerzo adicional:

$$A_{s_{di}} = 5.28_{cm^2/m} * 0.65_m = 3.43cm^2 \Rightarrow 2N.5(3.96cm^2)$$

$$A_{s_{de}} = 5.28_{cm^2/m} * 0.45_m = 2.38cm^2 \Rightarrow 2N.4(2.58cm^2)$$

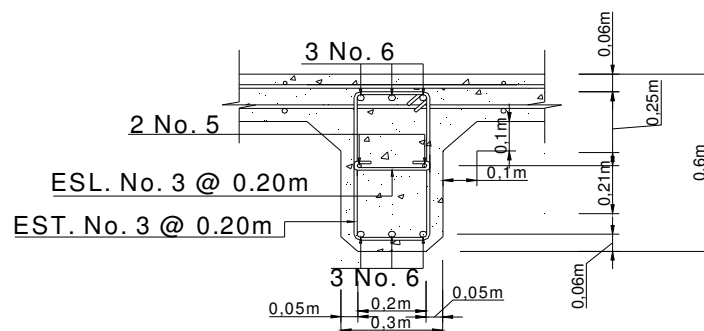
El refuerzo de los estribos se calcula de la siguiente manera:

$$S_{di} = \frac{1}{2} * d = \frac{1}{2} * 60_{cm} = 30cm$$

$$S_{de} = \frac{1}{2} * d = \frac{1}{2} * 40_{cm} = 20cm$$

$\Rightarrow$  Est.No.3@0.20m En los dos diafragmas.

Figura 19. Detalle de diafragma interno.



## DIAFRAGMA INTERIOR

ESCALA 1:20



### 3.7.3. Diseño de la sub-estructura

#### 3.7.3.1. Diseño de viga de apoyo

##### 3.7.3.1.1. Diseño de asiento de base

Área de aplastamiento:

$$A_p = \frac{P}{\phi_c * f'_c} = \frac{45836_{kg}}{0.70 * 210_{kg/cm^2}} = 311.81cm^2$$

$b = \sqrt{A_p} = \sqrt{311.81cm^2} = 17.66cm^2$  Por, lo tanto se debe utilizar una base de neopreno de 20\*20cm con una dureza de 60 escala de Shore, según ASTM D2240.

Donde:

$A_p$  = área de aplastamiento

$b$  = área de neopreno en  $cm^2$

$P$  = carga última en el asiento de la base

$\phi$  = factor de reducción de corte = 0.70

$f'_c$  = resistencia de compresión del concreto

Utilizar planchas de 20 cm. por 20cm. con una dureza de 60 escala SHORE, según norma ASTM D2240 y un espesor de 2 pulgadas, según norma ASTM D330; para lo cual se recomienda distribuir el espesor de 2 pulgadas colocando una plancha de acero con un espesor de 1/8 de pulgada, pegada a una plancha de neopreno de 1/2 pulgada de espesor.

Figura 20. Detalle del apoyo elastométrico.

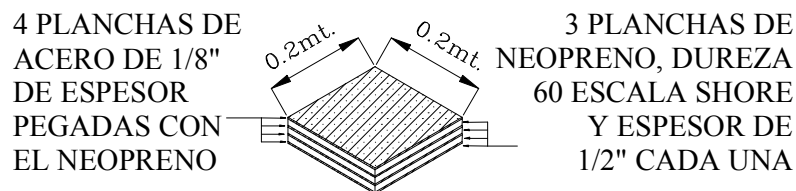
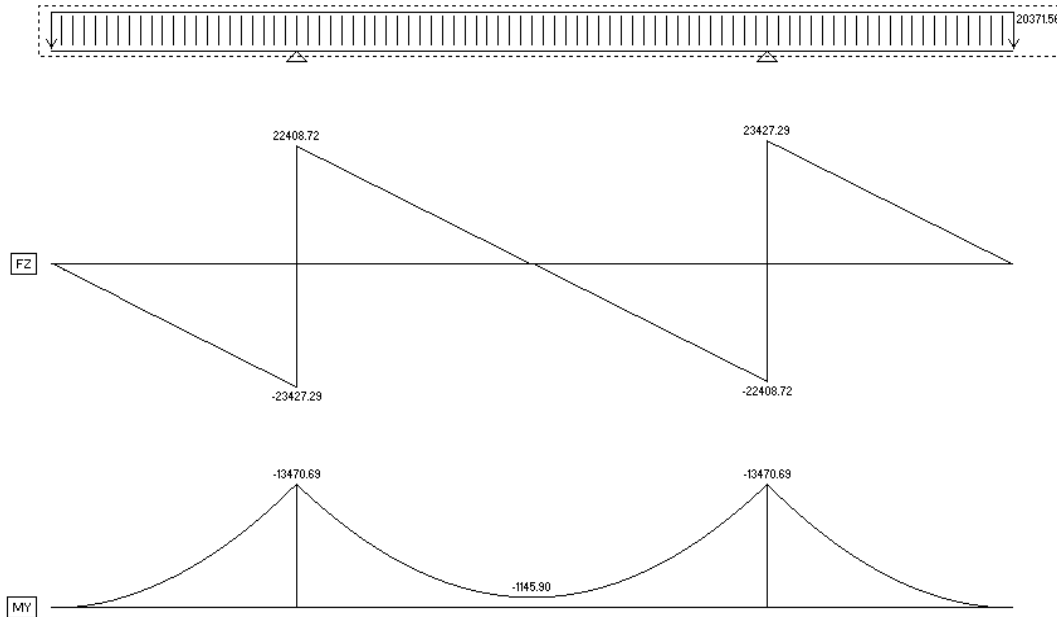


Figura 21. Diagrama de corte y momento en viga de apoyo.



Cálculo de refuerzo por flexión:

Donde:

$$b = 80\text{cm} \quad H = 40\text{cm} \quad M_u = 13470.69\text{kg-m} \quad f'c = 210\text{kg/cm}^2$$

$$\phi = 0.90 \quad d = 37.5\text{cm} \quad E_s = 2.10 \cdot 10^6\text{kg/cm}^2$$

$$f_y = 2810\text{kg/cm}^2 \quad \beta_1 = 0.85$$

$$\Rightarrow A_{s_{\text{tensión}}} = 14.78\text{cm}^2$$

$$\rho_{\min} = 0.00502 \quad \rho_{\max} = 0.01867 \quad \rho_{\text{bal}} = 0.0374$$

$$A_{s_{\min}} = 15\text{cm}^2 > A_s = 14.78\text{cm}^2 < A_{s_{\max}} = 56\text{cm}^2$$

6 No.5

Cálculo de refuerzo por corte:

Datos:

$$V_{\text{diseño}} = 23427.29\text{kg}$$

$$\text{El corte que resiste el concreto es: } V_c = 0.85 * (0.53) * \sqrt{f'c} * b * d$$

$$V_c = 0.85 * (0.53) * \sqrt{210} * 80 * 37.5 \Rightarrow V_c = 19585.10\text{kg}$$

$\therefore V_c \gg V_u \Rightarrow$  Diseñar a refuerzo mínimo y espaciamiento máximo, utilizar estribos No. 3 @ 0.20m

### 3.7.3.2. Diseño de la cortina

Según AASTHO 1.2.22, la cortina está empotrada sobre la viga de apoyo, actuando en ella las fuerzas de: empuje de la tierra (E), fuerza longitudinal (FL) y la fuerza de sismo (EQ). De acuerdo a AASTHO 1.1.19, la estructura no debe diseñarse para menos de un equivalente líquido a  $480\text{kg/m}^3$  actuando a una profundidad de  $2' = 61\text{cm}$ .

- **Empuje de tierra E, (AASHTO 3.20).**

Se incrementa la altura del relleno en 0.61m

**Presiones** (H = altura cortina = 1.30mt):

$$P_1 = 480 \text{ kg/m}^3 * 0.61\text{m} = 292.80\text{kg/m}^2$$

$$P_2 = 480 \text{ kg/m}^3 * 0.90\text{m} = 432\text{kg/m}^2$$

$$P_3 = 480 \text{ kg/m}^3 * (0.90\text{m}+0.4\text{m}) = 624\text{kg/m}^2$$

$$P_4 = 480\text{kg/m}^3 * 1.91\text{m} = 916.8\text{kg/m}^2$$

$$E = E_{sob} + Es \quad F = (Sob * H) + (Sob_c * \frac{H}{2})$$

$$Esob = 292.80 \text{ kg/m}^2 * 0.90 \text{ m} = 263.5 \text{ kg/m}$$

$$Es = 432 \text{ kg/m}^2 * \frac{0.90 \text{ m}}{2} = 194.4 \text{ kg/m}$$

$$\Rightarrow F = 292.8 \text{ kg/m}^2 * 0.90 \text{ m} + 432 \text{ kg/m}^2 * \frac{0.90 \text{ m}}{2} \Leftrightarrow F = 457.9 \text{ kg/m}$$

$$Esob = 263.5 \text{ kg/m} * \frac{0.90 \text{ m}}{2} = 118.58 \text{ kg} \quad Es = 194.4 \text{ kg/m} * \frac{0.90 \text{ m}}{3} = 58.32 \text{ kg}$$

$$E = 118.58 \text{ kg} + 58.32 \text{ kg} = 176.9 \text{ kg/m}$$

- **Fuerza longitudinal (FL), o fuerza de frenado (AASHTO 1.2.13)**

La fuerza longitudinal es producida por las llantas del camión, en el terraplén o enfoque, la cual es transmitida a la cortina de la manera siguiente.

Según AASHTO 1.2.13, FL será el 5% de la carga viva y su centro de gravedad a 1.83m (6') sobre la superficie de rodadura. (Brazo de FL = H cortina + 6')

$$P_{\text{camión}} = 7257.5 \text{ kg por eje} \quad P = 3628.75 \text{ kg por llanta}$$

$$LF = \frac{0.05 * P}{2 * H} = \frac{0.05 * (3628.75 \text{ kg})}{1.80 \text{ m}} = 100.8 \text{ kg/m}$$

$$\text{Al ser dos llantas: } \Rightarrow LF = 2 * 100.8 \text{ kg/m} = 201.6 \text{ kg/m}$$

Esta carga actúa a 6' sobre el piso de la losa (AASHTO 3.9.1).

$$\text{El brazo de la FL es: Brazo} = 6' + H_{\text{cortina}} = 1.83\text{m} + 0.90\text{m} = 2.73\text{m}$$

- **Fuerza de sismo S, (AASHTO 3.21).**

Se utilizará un 8% del peso propio de la cortina, 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, de la cortina (H/2), actuando horizontalmente.

Peso de la cortina:

$$W = (2400 \text{ kg/m}^3) * (0.30 \text{ m}) * (0.90 \text{ m}) * (1 \text{ m}) = 648 \text{ kg}$$

$$S = 0.12 * W = 0.12 * (648 \text{ kg}) = 77.76 \text{ kg}$$

$$\text{Brazo al centro de gravedad} = \text{brazo} = 0.90\text{m}/2 = 0.45\text{m}$$

Combinación de carga

AASHTO 3.22.1A. Se aplica en este caso:

Para momento:

$$\text{Grupo III} = 1.3 * (E + LF) = 1.3 * (176.9 + 201.6) = 492.05 \text{ kg-m/m}$$

$$\text{Grupo VII} = 1.3 * (E + S) = 1.3 * (176.9 + 77.76) = 254.66 \text{ kg-m/m}$$

Para corte:

$$\text{Grupo III} = 1.3 \cdot (F + LF) = 1.3 \cdot (457.9 + 201.6) = 857.35 \text{ kg}$$

$$\text{Grupo VII} = 1.3 \cdot (F + S) = 1.3 \cdot (457.9 + 77.76) = 535.66 \text{ kg}$$

De los grupos calculados tomamos el mayor de ellos; en este caso tomamos el Grupo III:

$$M_{\text{máx}} = 492.05 \text{ kg-m/m}$$

$$V_{\text{máx}} = 857.35 \text{ kg}$$

- **Cálculo de refuerzo en cortina**

La cortina trabaja en voladizo, el refuerzo principal estará a lo largo del espesor de la cortina.

Datos:  $M_{\text{máx}} = 492.05 \text{ kg-m}$

$$b = 90 \text{ cm.}$$

$$d = 26.86 \text{ cm.}$$

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

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

$$E_s = 2.039 \cdot 10^6 \text{ kg./cm.}^2$$

Se obtiene:  $A_s = 0.73 \text{ cm}^2$

$$A_{s\text{mín}} = 0.005 \cdot 90 \cdot 26.86 = 12.09 \text{ cm}^2$$

$$A_{s\text{máx}} = 0.01867 \cdot 90 \cdot 26.86 = 45.13 \text{ cm}^2$$

Como  $A_s < A_{s\text{mín}}$  utilizar  $A_{s\text{mín}} = 12.09 \text{ cm}^2$

Se propone un armado de varilla No.5 Grado 40

@ 15cm en ambas caras.

Refuerzo por corte:

Datos:

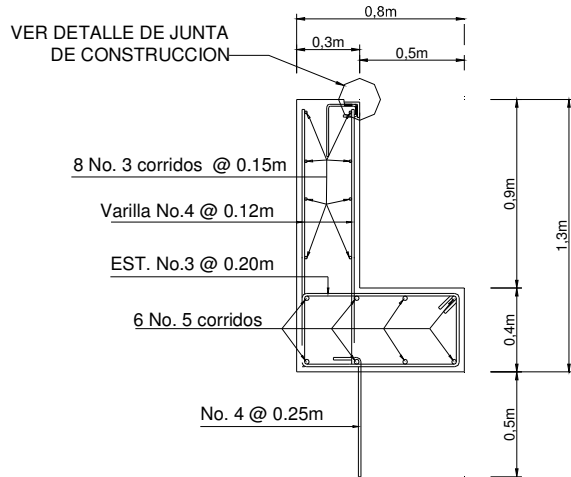
$$V_{\text{máx}} = 634.8 \text{ kg}$$

$$V_c = 0.85 \cdot (0.53) \cdot \sqrt{210} \cdot (90) \cdot (26.86) = 15781.67 \text{ kg}$$

$V_c \gg V_{\text{máx}}$  Diseñar a refuerzo mínimo y espaciamiento máximo.

Utilizar No.3 @ 0.15m.

Figura 22. Detalle de cortina y viga de apoyo



## SECCIÓN VIGA DE APOYO

ESCALA 1:25

### 3.7.3.3. Diseño del estribo

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

Datos:

$$W_{cc} = 2700 \text{ kg/m}^3$$

$$W_c = 2400 \text{ kg/m}^3$$

$$W_s = 1700 \text{ kg/m}^3$$

$$V_s = 15400 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Equivalente liquido} = 480 \text{ kg/m}^3$$

#### 3.7.3.3.1. Cálculo del momento de volteo

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

Tabla V. Momento de volteo

MOMENTO DE VOLTEO (MV)					
TABLA MOMENTO DE VOLTEO EN ESTRIBO					
SECCION	ALTURA (m)	PRESION	EMPUJE Wv	B.P. (m)	MOMENTO MV (kg-m)
I	6.15	292.8	1800.72	3.075	5537.214
II	3.075	2952	9077.4	2.05	18608.67
			10878.12		24145.884

h = 6.15

### 3.7.3.3.1.1. Cálculo del momento estabilizante

Tabla VI. Momento estabilizante

MOMENTO ESTABILIZANTE (ME), RESPECTO A "B"							
TABLA. MOMENTO ESTABILIZANTE EN ESTRIBO							
SECCION	DIMENSIONES (m)		AREA (m²)	PESO VOL. (Kg/m³)	PESO WE (kg)	B.P. (m)	MOMENTO ME (kg-m)
1	0.3	0.9	0.27	2400	648	2.85	1846.8
2	0.8	0.4	0.32	2400	768	2.6	1996.8
3	1	4.85	4.85	2700	13095	2.5	32737.5
4	2	4.85	4.85	2700	13095	1.33333333	17460
5	1.3	4.85	3.1525	2700	8511.75	3.43333333	29223.675
6	1.3	4.85	3.1525	1700	5359.25	3.86666667	20722.4333
7	1.3	1.3	1.69	1700	2873	3.65	10486.45
					44350		114473.658

### 3.7.3.3.1.2. Revisión del muro sin superestructura

- Chequeo contra Volteo =  $\frac{ME}{MV} = \frac{114473.66}{24145.88} = 4.74 > 1.5$  Ok
- Chequeo contra Deslizamiento =  $0.5 * \frac{WE}{WV} = 0.5 * \left( \frac{44350}{10878.12} \right) = 4.08 > 1.5$   
Ok

• **Chequeo de Presiones:**

$$a = \left( \frac{ME - MV}{WE} \right) = \left( \frac{114473.66 - 24145.88}{44350} \right) = 2.04m \quad \text{Ok}$$

$$3a = 3 * 2.04 = 6.12m > 4.30m$$

$$\text{Excentricidad: } e = \left( \frac{b}{2} - a \right) = \left( \frac{4.30}{2} - 2.04 \right) = 0.11m$$

$$P = \frac{WE}{A * 1} * \left[ 1 \pm \left( \frac{6 * e}{b} \right) \right] < V_s = 15400 kg / m^2$$

$$P = \frac{44350}{4.30 * 1} * \left[ 1 \pm \left( \frac{6 * 0.11}{4.30} \right) \right] < V_s = 15400 kg / m^2$$

$$P_{max} = 10313.95 * [1 + 0.15] = 11861.04 < 15400 \quad \text{Ok}$$

$$P_{max} = 10313.95 * [1 - 0.15] = 8766.86 > 0 \quad \text{Ok}$$

**CHEQUEO DEL MURO SIN SUPERESTRUCTURA**

**I. VOLTEO = ME/MV > 1.5**      4.74      **CHEQUEA**

**II. DESLIZAMIENTO = 0.5(WE/WV)**      2.04      **CHEQUEA**

**III. PRESIONES:**

a =	2.04	Vs =	15400	kg/m <sup>2</sup>
3a =	6.12			
B =	4.3			<b>OK</b>
e =	0.11			

Pmax =	11897.03	kg/m <sup>2</sup>	<b>CHEQUEA</b>
Pmin =	8730.88	kg/m <sup>2</sup>	<b>CHEQUEA</b>



### 3.7.3.3.1.3. Revisión del muro con superestructura y carga viva

$$W_{\text{viga-apoyo}} = (2400) * (0.30 * 0.90 + 0.80 * 0.40) = 1416_{\text{kg/m}}$$

$$W_{\text{cv}} = \frac{8760.69 * 2}{4.5} = 3893.64_{\text{kg/m}} \quad \text{Brazo} = 2.15\text{m}$$

$$W_{\text{total-2}} = 1416 + 3893.64 = 5309.64_{\text{kg/m}}$$

CHEQUEO DEL MURO CON SUPERESTRUCTURA Y CARGA VIVA			
Wviga apoyo =	1416	kg/m	Brazo = 2.15 m
Wcv.equiv =	3893.64	kg/m	Wtotal-2 = 5309.64 kg/m
MOMENTO ESTABILIZANTE (ME-2)			
ME-2 =	11415.726	kg-m	MEtotal-2 = 125889.384 kg-m
CHEQUEOS			
I. VOLTEO =	5.21	CHEQUEA	
II. DESLIZ. =	2.28	CHEQUEA	
III. PRESION :			
a =	2.05	OK	
3a =	6.15		
B =	4.3		
e =	0.1		
Pmax =	13160.21	kg/m <sup>2</sup>	CHEQUEA
Pmin =	9937.3	kg/m <sup>2</sup>	CHEQUEA

### 3.7.3.3.1.4. Revisión del muro con sismo (sin carga viva)

Tabla VII. Momento con sismo (sin carga viva)

CHEQUEO DEL MURO CON SISMO (SIN CARGA VIVA)							
Wsub. = WE		44350		Wtotal-3 =		48772.22 kg/m	
Wcm equiv =		4422.22		Brazo-3 =		2.15 m	
MOMENTO ESTABILIZANTE (ME)							
ME-3 =		9507.773 kg-m		MEtotal-3 =		123981.431 kg-m	
FUERZA HORIZONTAL (FH)							
FH =		15650.1472 kg					
MOMENTO ESTABILIZANTE (ME), RESPECTO A "A"							
TABLA. MOMENTO ESTABILIZANTE EN ESTRIBO							
SECCION	DIMENSIONES (m)		AREA (m²)	PESO VOL. (Kg/m³)	PESO WE (kg)	B.P. (m)	MOMENTO MV-3 (kg-m)
1	0.3	0.9	0.27	2400	648	0.15	97.2
2	0.8	0.4	0.32	2400	768	0.4	307.2
3	1	4.85	4.85	2700	13095	0.5	6547.5
4	2	4.85	4.85	2700	13095	1.66666667	21825
5	1.3	4.85	3.1525	2700	8511.75	0.43333333	3688.425
6	1.3	4.85	3.1525	1700	5359.25	0.86666667	4644.68333
7	1.3	1.3	1.69	1700	2873	0.65	1867.45
					44350		38977.4583
MEQ =		3118.19667					
M(volteo)-3 =		31053.0838					
I. VOLTEO = Metotal-3/M(volteo)-3 > 1.5				3.99	CHEQUEA		
II. DESLIZAMIENTO = 0.5(Wtotal-3/FH)				1.56	CHEQUEA		
III. PRESIONES:							
a =	1.91		Vs =		15400 kg/m²		
3a =	5.73						
B =	4.3		OK				
e =	0.24						
Pmax =	15140.75	kg/m²	CHEQUEA				
Pmin =	7544	kg/m²	CHEQUEA				



### 3.8. Presupuesto del proyecto

Tabla VIII. Presupuesto, proyecto del puente

1	TRABAJOS PRELIMINARES	80	m <sup>2</sup>		
	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Total
<b>MATERIALES</b>					
	Cal	4	saco	Q 23.00	Q 92.00
	Madera de 2" * 3" * 9'	100	pie-tabla	Q 3.00	Q 300.00
	Clavo de 3"	10	lb	Q 7.50	Q 75.00
			Total de materiales		Q 467.00
<b>MANO DE OBRA</b>					
	Demolición	80	m <sup>2</sup>	Q 400.00	Q 32,000.00
	Limpieza y chapeo	80	m <sup>2</sup>	Q 20.00	Q 1,600.00
	Trazo y estaqueado	62	ml	Q 43.00	Q 2,666.00
	Subtotal de mano de obra				Q 36,266.00
	Factor de ayudante 38%				Q 13,781.08
	Factor de prestaciones 65%				Q 23,572.90
			Total de mano de obra		Q 73,619.98
	Total de materiales y mano de obra				Q 74,086.98
2	REPLANTEO TOPOGRÁFICO	1	globoal		
	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Total
<b>MAQUINARIA</b>					
	Alquiler de equipo topográfico	2	días	Q 200.00	Q 400.00
			Total de alquiler de equipo		Q 400.00
<b>MANO DE OBRA</b>					
	Topógrafo	2	días	Q 150.00	Q 300.00
	Cadenero	2	días	Q 75.00	Q 150.00
	Subtotal de mano de obra				Q 450.00
	Factor de ayudante 38%				Q 171.00
	Factor de prestaciones 65%				Q 292.50
			Total de mano de obra		Q 913.50
	Total de alquiler de equipo y mano de obra				Q 1,313.50

Continúa

3	ESTRIBOS (2 unidades)	116	m <sup>2</sup>		
	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Total
<b>MATERIALES</b>					
	Cemento	685	sacos	Q 60.00	Q 41,100.00
	Arena de río	40	m <sup>2</sup>	Q 160.00	Q 6,400.00
	Piedrin	61	m <sup>2</sup>	Q 175.00	Q 10,675.00
	Piedra bola	40	m <sup>2</sup>	Q 150.00	Q 6,000.00
	Tabloncillo de 1½" * 12" * 9'	1474	pie-tabla	Q 4.00	Q 5,896.00
	Parales de 3" * 2" * 9'	221	pie-tabla	Q 4.00	Q 884.00
	Tubo PVC de 4" para drenaje	3	tubos	Q 120.00	Q 360.00
	Alambre de amarre	30	libras	Q 8.50	Q 255.00
	Clavo de 4"	50	libras	Q 8.50	Q 425.00
				Total de materiales	Q 71,995.00
<b>MANO DE OBRA</b>					
	Excavación	108.36	m <sup>2</sup>	Q 30.00	Q 3,250.80
	Formaleteado	145	m <sup>2</sup>	Q 50.00	Q 7,250.00
	Fundición	116	m <sup>2</sup>	Q 200.00	Q 23,200.00
	Desencofrado	145	m <sup>2</sup>	Q 15.00	Q 2,175.00
	Subtotal de mano de obra				Q 35,875.80
	Factor de ayudante 38%				Q 13,632.80
	Factor de prestaciones 65%				Q 23,319.27
				Total de mano de obra	Q 72,827.87
	Total de materiales y mano de obra				Q 144,822.87

4	ALETONES (4 unidades)	38.8	m <sup>2</sup>		
	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Total
<b>MATERIALES</b>					
	Cemento	229	sacos	Q 60.00	Q 13,740.00
	Arena de río	13	m <sup>2</sup>	Q 160.00	Q 2,080.00
	Piedrin	22	m <sup>2</sup>	Q 175.00	Q 3,850.00
	Piedra bola	14	m <sup>2</sup>	Q 150.00	Q 2,100.00
	Tabloncillo de 1½" * 12" * 9'	492	pie-tabla	Q 4.00	Q 1,968.00
	Parales de 3" * 2" * 9'	74	pie-tabla	Q 4.00	Q 296.00
	Tubo PVC de 4" para drenaje	3	unidades	Q 120.00	Q 360.00
	Alambre de amarre	10	libras	Q 8.50	Q 85.00
	Clavo de 4"	17	libras	Q 8.50	Q 144.50
				Total de materiales	Q 24,623.50
<b>MANO DE OBRA</b>					
	Excavación	34	m <sup>2</sup>	Q 30.00	Q 1,020.00
	Formaleteado	47	m <sup>2</sup>	Q 50.00	Q 2,350.00
	Fundición	38.8	m <sup>2</sup>	Q 200.00	Q 7,760.00
	Desencofrado	47	m <sup>2</sup>	Q 15.00	Q 705.00
	Subtotal de mano de obra				Q 11,835.00
	Factor de ayudante 38%				Q 4,497.30
	Factor de prestaciones 65%				Q 7,692.75
				Total de mano de obra	Q 24,025.05
	Total de materiales y mano de obra				Q 48,648.55

Continúa

5	VIGA DE APOYO Y CORTINA	5.31	m <sup>2</sup>		
	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Total
<b>MATERIALES</b>					
	Cemento	55	sacos	Q 60.00	Q 3,300.00
	Arena de río	3.2	m <sup>2</sup>	Q 160.00	Q 512.00
	Piedrin de 3/4"	3.2	m <sup>2</sup>	Q 175.00	Q 560.00
	Hierro No. 4 Grado 40 de 6m	3	qq	Q 530.00	Q 1,590.00
	Hierro No. 3 Grado 40 de 6m	3.5	qq	Q 530.00	Q 1,855.00
	Hierro No. 7 Grado 40 de 6m	4	qq	Q 530.00	Q 2,120.00
	Alambre de amarre	28	libras	Q 8.50	Q 238.00
	Clavo de 3"	12	libras	Q 8.50	Q 102.00
	Tabloncillo de ½" * 12" * 9'	245	pie-tabla	Q 4.00	Q 980.00
			Total de materiales		Q 11,257.00
<b>MANO DE OBRA</b>					
	Armado de viga y cortina	9	ml	Q 90.00	Q 810.00
	Formaleteado	9	ml	Q 50.00	Q 450.00
	Fundición	4.95	m <sup>2</sup>	Q 150.00	Q 742.50
	Desencofrado	9	ml	Q 15.00	Q 135.00
	Curado	9	ml	Q 8.00	Q 72.00
	Subtotal de mano de obra				Q 2,209.50
	Factor de ayudante 38%				Q 839.61
	Factor de prestaciones 65%				Q 1,436.18
			Total de mano de obra		Q 4,485.29
	Total de materiales y mano de obra				Q 15,742.29

6	VIGAS PRINCIPALES	6.8	m <sup>2</sup>		
	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Total
<b>MATERIALES</b>					
	Cemento	90	sacos	Q 60.00	Q 5,400.00
	Arena de río	4	m <sup>2</sup>	Q 160.00	Q 640.00
	Piedrin de 3/4"	4	m <sup>2</sup>	Q 175.00	Q 700.00
	Hierro No. 5 Grado 60 de 12m	1.5	qq	Q 530.00	Q 795.00
	Hierro No. 3 Grado 60 de 12m	0.13	qq	Q 530.00	Q 68.90
	Hierro No. 6 Grado 60 de 12m	7	qq	Q 530.00	Q 3,710.00
	Hierro No. 8 Grado 60 de 12m	7.5	qq	Q 530.00	Q 3,975.00
	Alambre de amarre	64	libras	Q 8.50	Q 544.00
	Clavo de 3"	25	libras	Q 8.50	Q 212.50
	Tabloncillo de ½" * 12" * 9'	577	pie-tabla	Q 4.00	Q 2,308.00
	Parales de 3" * 2" * 9'	234	pie-tabla	Q 4.00	Q 936.00
			Total de materiales		Q 19,289.40
<b>MANO DE OBRA</b>					
	Armado de vigas principales	20	ml	Q 60.00	Q 1,200.00
	Formaleteado	20	ml	Q 10.00	Q 200.00
	Fundición	4.2	m <sup>2</sup>	Q 150.00	Q 630.00
	Desencofrado	20	ml	Q 5.00	Q 100.00
	Curado	20	ml	Q 8.00	Q 160.00
	Subtotal de mano de obra				Q 2,290.00
	Factor de ayudante 38%				Q 870.20
	Factor de prestaciones 65%				Q 1,488.50
			Total de mano de obra		Q 4,648.70
	Total de materiales y mano de obra				Q 23,938.10

Continúa

7	DIAFRAGMA EXT. E INT.	0.85	m <sup>2</sup>			
	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Total	
<b>MATERIALES</b>						
	Cemento	9	sacos	Q 60.00	Q	540.00
	Arena de río	0.5	m <sup>2</sup>	Q 160.00	Q	80.00
	Piedrin de 3/4"	0.5	m <sup>2</sup>	Q 175.00	Q	87.50
	Hierro No. 5 Grado 40 de 6m	0.77	qq	Q 530.00	Q	408.10
	Hierro No. 3 Grado 40 de 6m	0.7	qq	Q 530.00	Q	371.00
	Hierro No. 7 Grado 40 de 6m	0.6	qq	Q 600.00	Q	360.00
	Hierro No. 4 Grado 40 de 6m	0.1	qq	Q 530.00	Q	53.00
	Alambre de amarre	7	libras	Q 8.50	Q	59.50
	Clavo de 3"	6	libras	Q 8.50	Q	51.00
	Tabloncillo de ½" * 12" * 9'	104	pie-tabla	Q 4.00	Q	416.00
	Parales de 3" * 2" * 9'	57	pie-tabla	Q 4.00	Q	228.00
				Total de materiales		Q 2,654.10
<b>MANO DE OBRA</b>						
	Armado de diafragmas	5.4	ml	Q 23.82	Q	128.63
	Formateado	5.4	ml	Q 12.00	Q	64.80
	Fundición	0.68	m <sup>2</sup>	Q 150.00	Q	102.00
	Desencofrado	5.4	ml	Q 12.00	Q	64.80
	Curado	5.4	ml	Q 15.00	Q	81.00
	Subtotal de mano de obra				Q	441.23
	Factor de ayudante 38%				Q	167.67
	Factor de prestaciones 65%				Q	286.80
				Total de mano de obra		Q 895.69
	Total de materiales y mano de obra					Q 3,549.79

8	LOSA DE RODADURA	5.94	m <sup>2</sup>			
	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Total	
<b>MATERIALES</b>						
	Cemento	61	sacos	Q 60.00	Q	3,660.00
	Arena de río	3.6	m <sup>2</sup>	Q 160.00	Q	576.00
	Piedrin de 3/4"	3.6	m <sup>2</sup>	Q 175.00	Q	630.00
	Hierro No. 4 Grado 40 de 6m	15	qq	Q 530.00	Q	7,950.00
	Alambre de amarre	60	libras	Q 8.50	Q	510.00
	Clavo de 3"	32	libras	Q 8.50	Q	272.00
	Tabloncillo de ½" * 12" * 9'	641	pie-tabla	Q 4.00	Q	2,564.00
	Parales de 3" * 2" * 9'	662	pie-tabla	Q 4.00	Q	2,648.00
	Tubo PVC de 4" drenaje pluvial	1	tubo	Q 120.00	Q	120.00
	Antisol	4	galones	Q 320.00	Q	1,280.00
				Total de materiales		Q 20,210.00
<b>MANO DE OBRA</b>						
	Armado de losa	33	m <sup>2</sup>	Q 75.00	Q	2,475.00
	Formalet.+entarrimado+paraleado	33	m <sup>2</sup>	Q 50.00	Q	1,650.00
	Fundición	0.68	m <sup>2</sup>	Q 150.00	Q	102.00
	Desencofrado	33	m <sup>2</sup>	Q 25.00	Q	825.00
	Curado	33	m <sup>2</sup>	Q 7.00	Q	231.00
	Subtotal de mano de obra				Q	5,283.00
	Factor de ayudante 38%				Q	2,007.54
	Factor de prestaciones 65%				Q	3,433.95
				Total de mano de obra		Q 10,724.49
	Total de materiales y mano de obra					Q 30,934.49

Continúa

9	BANQUETA	1.23	m <sup>2</sup>		
	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Total
<b>MATERIALES</b>					
	Cemento	13	sacos	Q 60.00	Q 780.00
	Arena de rio	0.75	m <sup>2</sup>	Q 160.00	Q 120.00
	Piedrin de 3/4"	0.75	m <sup>2</sup>	Q 175.00	Q 131.25
	Hierro No. 4 Grado 40 de 6m	3	qq	Q 530.00	Q 1,590.00
	Hierro No. 3 Grado 40 de 6m	2.63	qq	Q 530.00	Q 1,393.90
	Alambre de amarre	23	libras	Q 8.50	Q 195.50
	Clavo de 3"	32	libras	Q 8.50	Q 272.00
	Tabloncillo de ½" * 12" * 9'	241	pie-tabla	Q 4.00	Q 964.00
	Parales de 3" * 2" * 9'	252	pie-tabla	Q 4.00	Q 1,008.00
	Antisol	1	galones	Q 320.00	Q 320.00
			Total de materiales		Q 6,774.65
<b>MANO DE OBRA</b>					
	Armado de banqueta	8.2	m <sup>2</sup>	Q 40.00	Q 328.00
	Formalet.+entarrimado+paraleado	8.2	m <sup>2</sup>	Q 25.00	Q 205.00
	Fundición	1.23	m <sup>2</sup>	Q 150.00	Q 184.50
	Desencofrado	8.2	m <sup>2</sup>	Q 15.00	Q 123.00
	Curado	8.2	m <sup>2</sup>	Q 7.00	Q 57.40
	Subtotal de mano de obra				Q 897.90
	Factor de ayudante 38%				Q 341.20
	Factor de prestaciones 65%				Q 583.64
			Total de mano de obra		Q 1,822.74
	Total de materiales y mano de obra				Q 8,597.39

10	BARANDA (12 postes)	0.27	m <sup>2</sup>		
	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Total
<b>MATERIALES</b>					
	Cemento	3	sacos	Q 60.00	Q 180.00
	Arena de rio	0.16	m <sup>2</sup>	Q 160.00	Q 25.60
	Piedrin de 3/4"	0.16	m <sup>2</sup>	Q 175.00	Q 28.00
	Hierro No. 2	0.35	qq	Q 530.00	Q 185.50
	Hierro No. 3 Grado 40 de 6m	0.63	qq	Q 530.00	Q 333.90
	Alambre de amarre	2.5	libras	Q 8.50	Q 21.25
	Clavo de 3"	6	libras	Q 8.50	Q 51.00
	Tabloncillo de ½" * 12" * 9'	122	pie-tabla	Q 4.00	Q 488.00
	Tubo HG de 2" * 20' de largo	8	tubos	Q 350.00	Q 2,800.00
			Total de materiales		Q 4,113.25
<b>MANO DE OBRA</b>					
	Armado de postes	12	ml	Q 30.00	Q 360.00
	Formaleteado	12	ml	Q 12.00	Q 144.00
	Fundición	0.27	m <sup>2</sup>	Q 150.00	Q 40.50
	Desencofrado	12	ml	Q 5.00	Q 60.00
	Subtotal de mano de obra				Q 604.50
	Factor de ayudante 38%				Q 229.71
	Factor de prestaciones 65%				Q 392.93
			Total de mano de obra		Q 1,227.14
	Total de materiales y mano de obra				Q 5,340.39



Continúa

RESUMEN PRESUPUESTO, DE PUENTE VEHICULAR SECTOR LOS LOPEZ																
No.	Reglón	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Total											
1	Trabajos preliminares	80	m <sup>2</sup>	Q 926.09	Q 74,086.98											
2	Replanteo topográfico	1	global	Q 1,313.50	Q 1,313.50											
3	Estribos (2 unidades)	116	m <sup>2</sup>	Q 1,248.47	Q 144,822.87											
4	Aletones (4 unidades)	116.4	m <sup>2</sup>	Q 417.94	Q 48,648.55											
5	Viga de apoyo y cortina	4.95	m <sup>2</sup>	Q 3,180.26	Q 15,742.29											
6	Vigas principales	4.2	m <sup>2</sup>	Q 5,699.55	Q 23,938.10											
7	Diafragma exterior e interior	0.68	m <sup>2</sup>	Q 5,220.28	Q 3,549.79											
8	Losa de rodadura	5.94	m <sup>2</sup>	Q 5,207.83	Q 30,934.49											
9	Banqueta	1.23	m <sup>2</sup>	Q 6,989.75	Q 8,597.39											
10	Baranda (12 postes y tubo HG de	0.27	m <sup>2</sup>	Q 19,779.20	Q 5,340.39											
11	Estructura metálica	1	global	Q 20,000.00	Q 20,000.00											
12	Relleno controlado	470	m <sup>2</sup>	Q 125.00	Q 58,750.00											
13	Neopreno 1/2" de espesor, dureza 60 @ 70 escala shore y resistencia 3500 psi para el apoyo elastométrico	0.5	m <sup>2</sup>	Q 1,000.00	Q 500.00											
14	platina de acero de 1/8" de espesor para el apoyo elastométrico	0.5	m <sup>2</sup>	Q 500.00	Q 250.00											
15	Fletes	global	flete	Q 10,000.00	Q 10,000.00											
<b>Total de Costo Directo</b>					<b>Q 446,474.34</b>											
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tbody> <tr> <td style="width: 80%;">FIANZAS</td> <td style="width: 20%; text-align: right;">Q 13,394.23</td> </tr> <tr> <td>GASTOS DE ADMINISTRACIÓN</td> <td style="text-align: right;">Q 13,394.23</td> </tr> <tr> <td>SUPERVISIÓN</td> <td style="text-align: right;">Q 31,253.20</td> </tr> <tr> <td>IMPREVISTOS</td> <td style="text-align: right;">Q 22,323.72</td> </tr> <tr> <td>UTILIDAD</td> <td style="text-align: right;">Q 44,647.43</td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;"><b>Total de Costo Indirecto</b></td> <td style="text-align: right;"><b>Q 125,012.82</b></td> </tr> </tbody> </table>					FIANZAS	Q 13,394.23	GASTOS DE ADMINISTRACIÓN	Q 13,394.23	SUPERVISIÓN	Q 31,253.20	IMPREVISTOS	Q 22,323.72	UTILIDAD	Q 44,647.43	<b>Total de Costo Indirecto</b>	<b>Q 125,012.82</b>
FIANZAS	Q 13,394.23															
GASTOS DE ADMINISTRACIÓN	Q 13,394.23															
SUPERVISIÓN	Q 31,253.20															
IMPREVISTOS	Q 22,323.72															
UTILIDAD	Q 44,647.43															
<b>Total de Costo Indirecto</b>	<b>Q 125,012.82</b>															
<b>COSTO TOTAL DEL PROYECTO</b>				<b>Q</b>	<b>571,487.16</b>											

### 3.9 Cronograma de ejecución

#### CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES, PUENTE VEHICULAR

DESCRIPCION	MES 1				MES 2				MES 3				MES 4			
	SEM 1	SEM 2	SEM 3	SEM 4	SEM 1	SEM 2	SEM 3	SEM 4	SEM 1	SEM 2	SEM 3	SEM 4	SEM 1	SEM 2	SEM 3	SEM 4
TRABAJOS PRELIMINARES																
REPLANTEO TOPOGRAFICO																
ESTRIBOS																
ALETONES																
VIGA DE APOYO Y CORTINA																
VIGAS PRINCIPALES																
DIAFRAGMA EXTERIOR E INTERIOR																
ESTRUCTURA METALICA																
LOSA DE RODADURA																
BANQUETA																
BARANDA																
RELLENO CONTROLADO																

## **4 NORMAS MÍNIMAS DE MANTENIMIENTO**

### **4.1. Obras de arte proyecto de drenaje**

Dentro de las obras de arte que componen el proyecto de drenaje, y que requerirán de mantenimiento están los pozos de visita y tubería PVC.

#### **4.1.1. Inspecciones y mantenimiento a pozos de visita**

Estas estructuras poseen dimensiones que permiten el ingreso de una persona para realizar trabajos de limpieza e inspecciones que pueden ayudar al retiro de materiales que obstruyan el flujo de aguas negras en el alcantarillado sanitario.

Las tapaderas de pozos y candelas deben ser inspeccionadas periódicamente y realizar cambios para que no ocasionen accidentes con el paso de peatones y daños a vehículos.

El deterioro de tapaderas provoca filtraciones de agua superficial o de lluvia a los pozos y ello puede acarrear sólidos y éstos pueden provocar taponamientos y obstrucciones en el alcantarillado principal.

Para evitar esto se debe revisar que las tapaderas estén bien instaladas y si es necesario considerar el reemplazo de las mismas, así como revisar que no exista desprendimiento del repello interior.

#### **4.1.2. Enemigos de una obra civil de saneamiento ambiental como lo es un alcantarillado sanitario**

- Metales: varillas, latas de aluminio, hojalatas, etc.
- Plásticos: bolsas, envases y otros.
- Cartones, químicos y tóxicos.

- Pañales desechables y toallas sanitarias: éstos tapan los sistemas de aguas residuales y plantas de tratamiento ya que son productos fabricados con materiales especiales para absorber líquidos y se inflan ocasionando taponamientos en este tipo de obras.
- Agua de lluvia: la cual no debe llegar a letrinas, fosas sépticas ni a plantas de tratamiento, pues el agua en exceso provocaría que la tubería de alcantarillado sanitario trabaje a presión y por consiguiente el colapso de la misma, además que diluye las bacterias presentes que degradan la materia orgánica, ya que el crecimiento de dichas bacterias son el componente principal de los sistemas de tratamiento aeróbico y anaeróbico de aguas negras.

#### **4.2. Tubería PVC**

La tubería PVC para drenaje posee características que le permiten tener una deformación aceptable en su sección sin que la misma se fracture. Para evitar el reemplazo o colapso de una pieza o tramos de tubería, debe tenerse especial cuidado en la instalación, siguiendo especificaciones sobre compactación y control de deflexiones, para ello debe conocerse el tipo de suelo que cubrirá la tubería, ya que de acuerdo a sus propiedades y calidad, este absorberá cierta cantidad de la carga transmitida por el tubo.

Por lo tanto, la clase de suelo que se utilice para encamado, soporte lateral y relleno es fundamental en el comportamiento de la tubería.

#### **4.3. Puente vehicular**

Con respecto al proyecto del puente, los componentes que requerirán inspecciones rutinarias y que estarán sujetas a mantenimiento son las estructuras de concreto, componentes metálicos incluyendo juntas de dilatación, el cauce del río aguas arriba y aguas abajo, planchas de neopreno en los apoyos y los aproches.

#### **4.3.1. Dragados**

Cuando el cauce del río ha acarreado mucho material y este se ha sedimentado cerca de la subestructura del puente, es necesario hacer dragados para que la corriente pase adecuadamente por debajo del mismo, evitando así golpear y dañar la estructura.

Otros casos en los cuales es necesario dragar el río, es cuando este por cuestiones naturales ha cambiado su cauce, y cuando se desea cambiar el cauce de manera temporal para poder realizar trabajos en la cuenca.

#### **4.3.2. Enrocamientos**

Otro tipo de trabajos que se pueden realizar son los enrocamientos o colocación de rocas de regular tamaño a los lados del río para garantizar su cauce y para proteger de socavaciones laterales a la subestructura del puente.

#### **4.3.3. Reparaciones**

Las reparaciones dentro del mantenimiento de puentes son las siguientes acciones: Sellado de fisuras, inyección de fisuras, saneo de concreto degradado, reposición de concreto, limpieza de armaduras, impermeabilización del tablero, pintura perimetral, recolocación o recalce de apoyos, reparación o reposición de barreras o parapetos, reparación de aceras y canalizaciones de servicios, actuaciones sobre el pavimento y otras actuaciones singulares como, por ejemplo, arreglo de socavaciones en la cimentación, etc. Estas acciones se llevan a cabo por equipos específicos una vez que se ha decidido su realización. La reparación de los puentes enmarca las siguientes actividades en los puentes que son realizadas por personal técnico especializado (Empresas Contratistas):

- Alineamiento vertical y horizontal de tableros de la superestructura.
- Cambio de apoyos.

- Cambio de juntas de dilatación.
- Rehabilitación del concreto degradado.
- Tratamiento de armados expuestos.
- Inyección de grietas en subestructura y superestructura.
- Protección de aceros expuestos en subestructura y superestructura utilizando Sand-Blasting, picado o pegacreto para colocar concreto lanzado.
- Otro tipo de acciones es la reparación de daños producidos por golpes. Con cierta frecuencia se producen colisiones del tráfico con las obras, especialmente de vehículos que circulan con altura excesiva de carga por pasos inferiores, aunque también dentro de la propia carretera por colisionar contra pilas, etc. Éstos daños cuando se producen son reparados aunque no constituyan un peligro inmediato para el buen funcionamiento de la estructura. La reparación consiste normalmente en la eliminación del concreto roto y su sustitución por un mortero de reparación.

#### **4.3.3.1. Acciones y procedimientos comunes de reparaciones en puentes**

Cuando el deterioro del concreto de la estructura del puente aparece en estado avanzado, con desprendimientos en algunas zonas, armaduras pasivas al descubierto con oxidación evidente, y a veces, desaparición de la misma, armaduras activas con inicios de oxidación y sus conductos con zonas sin inyectar, falta de recubrimiento, o síntomas de fallas en los anclajes; la reparación del puente se efectuará atendiendo a los principios siguientes:

Las acciones que se llevan a cabo frecuentemente son (ver inciso 4.3.3.):

#### **4.3.3.2. Impermeabilización y regeneración del concreto de losas, pilas y estribos, consistente en:**

- Descubrir la cara superior del tablero y proceder a su inspección y auscultación para descubrir fisuras, zonas huecas, degradación, etc. En pilas y estribos se inspeccionan las partes visibles.

- Inyectar las fisuras cuya abertura y profundidad suponga un peligro grave para la durabilidad tanto en la cara superior como inferior, y sellar el resto.
- Eliminar, en el caso que existe, el concreto cuarteado, desagregado, o separado en láminas y sustituirlo por un mortero de reparación.
- Limpiar el óxido de las armaduras descubiertas y sustituir las en el caso de que tuvieran una corrosión importante.
- Mejorar el sistema de drenaje en los casos en que convenga.
- Extender una capa de impermeabilización competente en la cara superior del tablero, regularizando la superficie previamente si es necesario.

#### **4.3.3.3. Recubrir el concreto visto**

En la cara inferior de las losas, pilas, estribos, alzados, etc. con una pintura anti humedad y anticarbonatación transparente o de color, previo chorreado con arena.

Reparación o sustitución de elementos del equipamiento. Como lo son: apoyos, juntas de dilatación, los sistemas de impermeabilización y drenaje, el pavimento, las barreras de seguridad, las barandillas, las aceras, las eventuales canalizaciones para servicios, etc.

En la mayoría de los casos, además, el deterioro de éstos elementos es mucho más rápido que el de la estructura por lo que normalmente una buena parte de acciones va dirigida a la reparación o renovación de los mismos.

#### **4.3.3.4. Cambio de apoyos elastoméricos (Neopreno)**

Aunque presumiblemente en un futuro sea necesaria la renovación de apoyos, hasta el momento no se han observado roturas ni envejecimiento que hagan aconsejable su sustitución salvo en algún caso aislado.

Sin embargo, fue necesario recolocar algunas pastillas de neopreno que se habían desplazado de su posición original como consecuencia normalmente de una mala colocación inicial y de un deficiente apoyo de la estructura.

También fue necesario corregir el descenso de algunas líneas de apoyos sobre estribos cimentados en terraplenes o macizos que han sufrido asentamientos. Éstos descensos producen un quiebro brusco en el perfil longitudinal que es preciso corregir para mantener la regularidad de la rasante.

### **Apoyos de Neopreno en puentes**

Las placas de hule para apoyos de puentes tienen tres ventajas importantes, son económicos, efectivos y no requieren de mantenimiento mayor, como se verá a continuación.

#### **a. Economía de los apoyos de Neopreno**

Debido a la sencillez del proyecto, facilidad de fabricación y bajo costo de los materiales, los apoyos de neopreno no tienen partes móviles, constan simplemente de una placa o más de neopreno de 2.5 cm. aproximadamente de espesor colocada entre la trabe y la corona de la pila o estribo.

#### **b. Efectividad**

Una ventaja muy importante del apoyo de neopreno es su efectividad como medio para la transferencia de la carga. Cuando soporta cargas de compresión la placa de hule, absorbe las irregularidades de la superficie y de esa manera las imperfecciones salientes como las hundidas que tiene la superficie de concreto todas soportan la carga. No hay manera de que el apoyo sea inutilizado por la corrosión y que se transmita así un empuje excesivo a la pila o estribo sobre los que apoya la trabe.



### c. Mantenimiento de apoyos de Neopreno

La tercera ventaja importante de un apoyo de neopreno es que necesita menos conservación que cualquier otro elemento del puente.

El neopreno actualmente se usa para apoyos de puentes por dos razones importantes: tiene las propiedades físicas que se requieren y es altamente resistente al deterioro debido al intemperismo. A continuación se describirán dos de las características representativas del Neopreno, resistencia y durabilidad.

- 1.- Resistencia. La resistencia del neopreno a la compresión es más que suficiente para soportar cargas de puentes. Cuando el proyecto se ha hecho adecuadamente, el apoyo de neopreno puede soportar cargas a la compresión de hasta 70 kg/cm<sup>2</sup>. Además la mayor parte de la deformación plástica tiene lugar en los primeros diez días de carga.
- 2.- Durabilidad. En su resistencia al deterioro en neopreno es marcadamente superior al hule natural y a cualquier otro hule sintético y que pudiera satisfacer los requisitos físicos de las placas de apoyo para puente. La vida útil de un neopreno es de aproximadamente 40 años. Sin darle ningún tipo de mantenimiento hasta 35 años.

Cuando un apoyo de neopreno se somete a la acción de una carga se deforma verticalmente. La deformación vertical no debe exceder del 15% del espesor antes de ser comprimido el apoyo.

Cuando la deformación en compresión es mayor que 15% se producen esfuerzos internos dentro del neopreno que aceleran la rapidez de la deformación plástica y aceleran la rapidez del agrietamiento debido a intemperismo.

La elevación de apoyos es una de las acciones de conservación más complejas y costosas ya que exige el levantamiento del tablero mediante gatos hidráulicos, el desvío del tráfico y la demolición parcial y el posterior recrecido de los muretes de

contención del firme. A continuación se presenta el procedimiento constructivo del cambio de apoyos por etapas.

Primera etapa:

Se colocan los gatos hidráulicos debajo de los diafragmas, levantando la superestructura hasta la altura necesaria para realizar maniobras. El acondicionamiento de los gatos será simultáneo de tal manera que no se modifique la pendiente del puente.

Segunda etapa:

Se colocarán los apoyos provisionales debajo de los diafragmas cuidando que los gatos desarrollen la misma fuerza, y al bajar las traveses se conserve la pendiente original del puente.

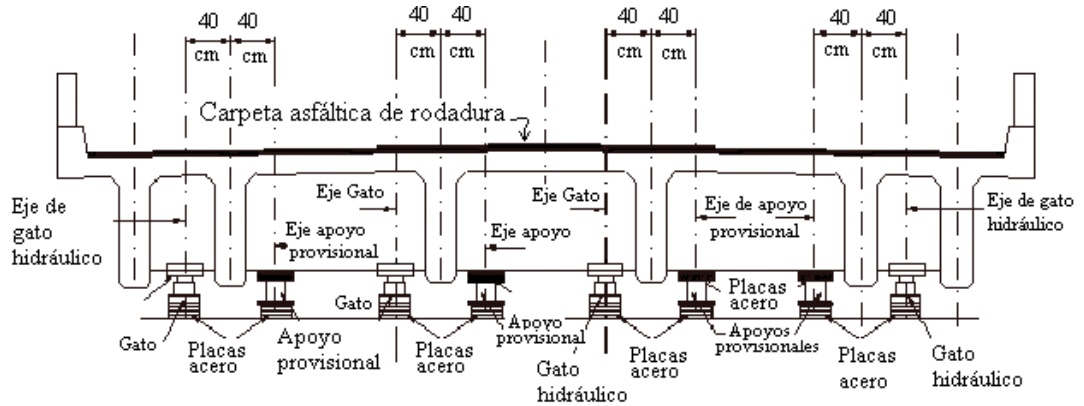
Tercera etapa:

Se procederá a reparar la cara inferior de la trabe de ser necesario, y se prepara la superficie de la corona para la colocación del nuevo apoyo.


Cuarta etapa:


Una vez que bajo los traveses estén colocadas las placas de apoyo definitivo, se levantará la superestructura nuevamente y se retirarán los apoyos provisionales y la calza para asentar la estructura de manera definitiva.

Figura 24. Localización de apoyos provisionales y gatos hidráulicos para levantar un puente y reemplazar apoyos elastoméricos (planchas de neopreno).



Detalles:

 Esquema de apoyo provisional metálico para el diafragma colocado: sobre la viga de apoyo y placas de acero estructural.

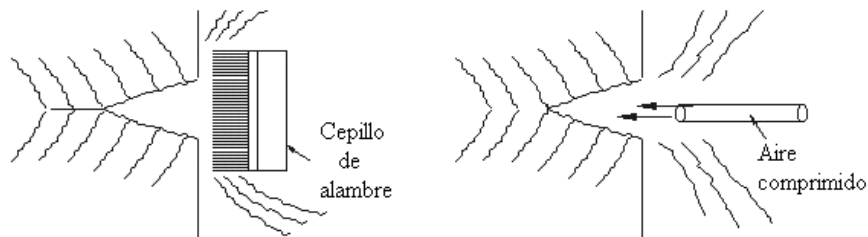
 Esquema de gato hidráulico colocado: bajo el diafragma, sobre la viga de apoyo y sobre placas de acero estructural.

#### 4.3.3.5. Inyección de grietas

- Preparación de la superficie. Limpiar con un cepillo de alambre el área de la grieta removiendo el concreto deteriorado, quedando una superficie libre de grasas y polvo.

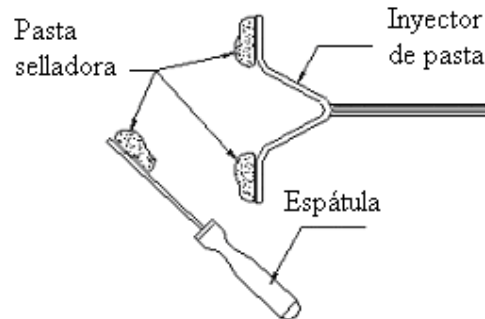
Cuando exista humedad en la fisura es preciso retirarla a base de aire comprimido de tal manera que la fisura quede totalmente seca.

Figura 25. Procedimiento y equipo de limpieza de grietas en las estructuras de concreto de un puente.



- Colocación de la pasta. Colocación de la pasta de poliéster (sellador) con una espátula sobre el inyector, esta pasta deberá ser capaz de soportar la presión de inyección sin que se bote.

Figura 26. Colocación del inyector de pasta para sello de fisuras.

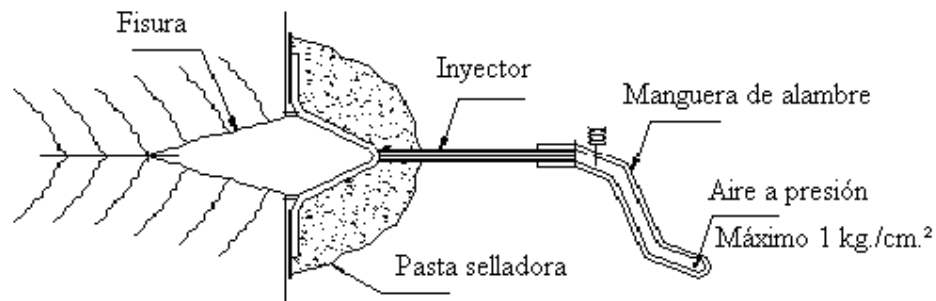


- Colocación de inyectores. Colocar los inyectores a lo largo de la fisura sujetándolos por medio de un clavo. Colocar pasta sellador a lo largo de toda la fisura de tal manera que no pueda fugarse la resina durante la inyección.

Cuando las fisuras atraviesen todo el elemento se deberán colocar inyectores en ambos lados.

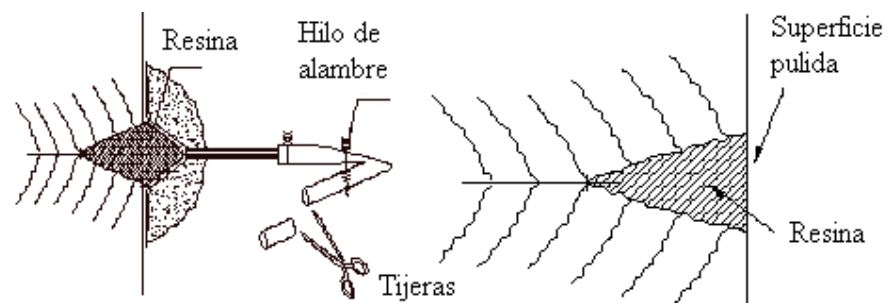
- Prueba de sello. Una vez endurecido el sello, se conectarán las mangueras a los inyectores y mediante aire a baja presión se comprobará la comunicación de todos los puntos de salida y la estanqueidad del sello.

Figura 27. Colocación de equipos e inyección de la pasta.



- Inyección. Una vez comprobada la continuidad de los puntos se deberá realizar lo siguiente:
  - Preparar la resina.
  - Iniciar la inyección por el punto extremo inferior de la fisura hasta que la resina salga por el siguiente punto.
  - Cortar la manguera y pizarla con hilo de alambre de tal manera que esté totalmente cerrada.
  - Seguir inyectando hasta que la resina salga por el inyector superior, cerrarlo y mantener la presión durante algunos minutos para asegurar el llenado completo de la fisura.
  - Dejar un testigo de resina para que después se pueda verificar su endurecimiento.
  - Para realizar la inyección se utilizara un recipiente provisto de un manómetro de manera que se pueda controlar la presión de inyección (no mayor a 5 kg./cm.<sup>2</sup> y no menor a 1.5 kg./cm.<sup>2</sup>).
- Limpieza: se deberá secar la resina por lo menos 24 horas y se verifica que haya endurecido. Una vez endurecida la resina, retirar la pasta selladora e inyectores, limpiar y pulir la superficie.

Figura 28. Limpieza final y retiro de equipos de limpieza en fisura.



#### 4.3.3.6. Cambio de juntas de dilatación

Las juntas son seguramente el elemento más delicado del equipamiento. Estas juntas, por definición, tienen la tarea de unir los espacios libres, requeridos por razones del comportamiento estructural entre dos elementos de un puente.

Una junta eficiente tiene que cumplir característicamente con los siguientes requisitos:

- Transmisión de cargas y libertad de movimiento.
- Durabilidad de todos los elementos de la junta.
- Emisión baja de ruidos durante el paso de vehículos.
- Autolimpiables.

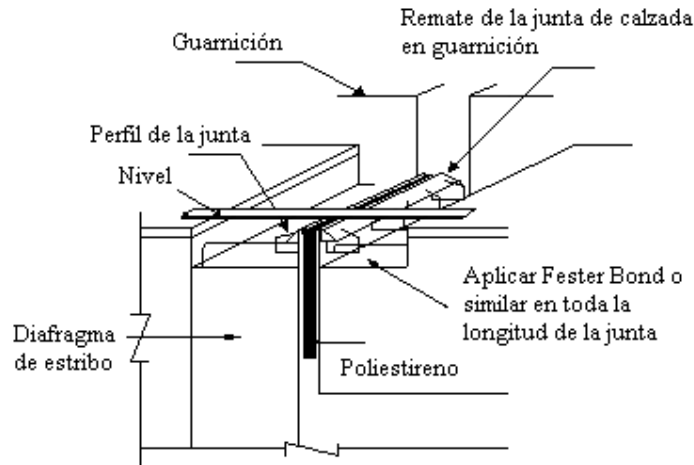
Las acciones del tráfico inciden directamente sobre ellas mediante sollicitaciones de impacto repetitivas, lo que produce el agotamiento por fatiga o el desgaste de sus componentes, a los que hay que añadir la corrosión de los elementos metálicos y el envejecimiento de perfiles de goma, morteros, etc.

Las acciones que se llevan a cabo son de dos tipos:

- Reparación de juntas: sustitución de módulos retos, apretado de tuercas, y tornillos, reparación del mortero lateral roto o cuarteado, sustitución de perfiles de goma envejecidos o despegados.
- Renovación de juntas: cambio de la junta por una nueva. En este caso es posible en bastantes ocasiones colocar una nueva junta más sencilla que la original debido a que los movimientos iniciales de la estructura (fluencia, retracción, etc.) no han de tenerse en cuenta.
  - Procedimiento constructivo de modernización de junta de calzada:
    - a. Cortar y retirar la carpeta asfáltica en un ancho de 20 cms, en ambos lados de la junta de dilatación.

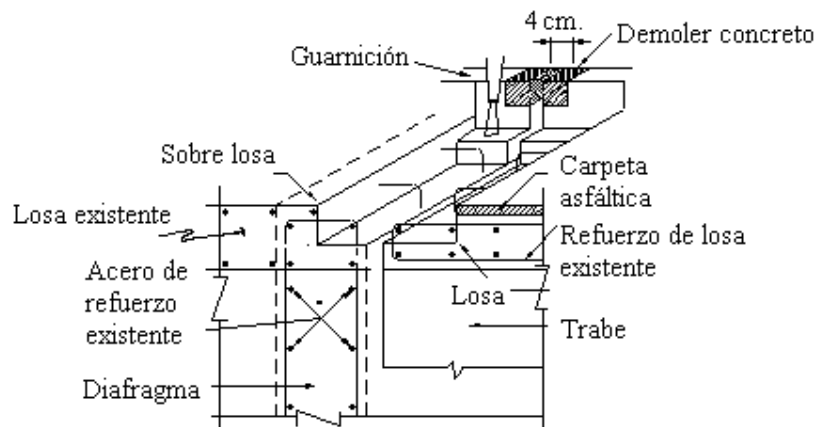
- b. Realizar la demolición de la losa y hasta 15 cms dentro de la banqueteta para fijar el remate de la junta de dilatación.

Figura 29. Reparación en junta de calzada y puente.



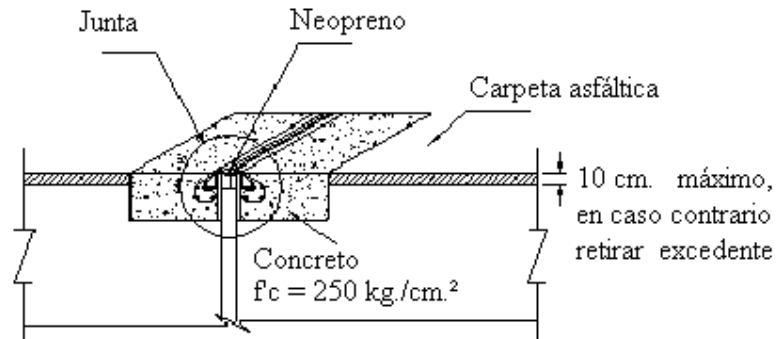
- c. Retirar angulares y placa de acero de junta existente.
- d. Colocar y habilitar perfil en la calzada en ambos lados de la junta.

Figura 30. Cambio de juntas en puente y calzada.



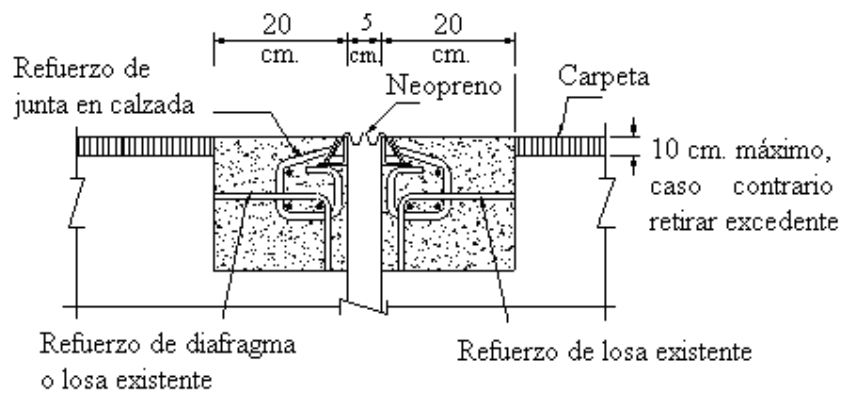
- e. Revisar nivelación de la junta.

Figura 31. Nivelación de juntas entre puente y calzada.



- f. Colar y vibrar perfectamente zona de juntas durante la fundición.
  
  
  
  
  
  
  
  
  
  
- g. Una vez fraguado el concreto se colocará el perfil de neopreno, ver la siguiente figura.

Figura 32. Inserción de neopreno y localización de refuerzos en juntas.





#### **4.3.3.6. Tratamiento de armados expuestos**

- Se descubrirán picando todo el concreto que cubre las armaduras oxidadas
- Se eliminara el oxido no adherido (cepillo de alambre o chorro de arena), después se les aplicara una pintura anticorrosiva.
- Si la armadura presenta una perdida de sección notable se suplantarà, si es posible, con una nueva soldada a la antigua.

#### **4.3.3.6. Rehabilitación del concreto degradado**

Su necesidad surge por varios motivos. El proceso normal de degradación de las estructuras de concreto armado al estar sometido a las acciones ambientales, da lugar a que se presente algunas degradaciones que es necesario reparar para evitar daños mayores. Por una parte la inevitable carbonatación del concreto va penetrando progresivamente hasta alcanzar las armaduras, que pierden así la protección que les proporcionaba la elevada basicidad inicial.

Este efecto, unido al ingreso de cloruros procedente fundamentalmente de las sales de deshielo, facilita la corrosión de las armaduras con los efectos negativos sobre el concreto, que conlleva a: fisuración, delaminación y desintegración más o menos localizadas.

Por otra parte, los fenómenos químicos del tipo reacción árido-álcali y similar, que cuando se producen, dan origen a hinchamientos que se traducen normalmente en fisuración. Esta fisuración es debida en muchos casos a la superación de la resistencia a la tracción. Éstos procesos de degradación están ligados principalmente a dos factores: la mayor o menor permeabilidad del concreto y la existencia de agua que pueda acceder a la masa del concreto.

Esta serie de causas da lugar a un conjunto de acciones destinadas a rehabilitar el concreto y las armaduras deterioradas y a mejorar el sistema de impermeabilización y evacuación del agua, enemigo número uno de las obras. El

procedimiento para la rehabilitación del concreto degradado se expone a continuación. El concreto alterado se saneará incluyendo las zonas fisuradas demoliendo, la superficie así obtenida se limpiará cuidadosamente (con cepillo metálico o chorro de arena) antes de colocar el concreto o el mortero que sustituirá la zona desaparecida. Este nuevo mortero o concreto deberá cumplir las siguientes condiciones:

- Tener una adherencia perfecta con el concreto viejo. Es normal para garantizarlo dar una impregnación de resina epóxica a la superficie de contacto.
- Resistencia mecánica mayor o igual a la del soporte.
- Baja o nula retracción.
- Módulo de deformación ligeramente al concreto de la pieza de soporte.
- Coeficiente de dilatación térmica próxima a la del soporte.

Estas condiciones suelen cumplirlas básicamente bien, los morteros de cemento con los aditivos correctos.

#### **4.3.3.6. Reforzamientos en superestructura y subestructura**

Desde el punto de vista estructural se puede considerar que el refuerzo de un puente se debe, en general, a una de las tres razones siguientes:

- a) Necesidad funcional de aumentar la capacidad resistente de un puente.
- b) Corregir fallos detectados que hacen suponer que ha disminuido la capacidad de carga prevista inicialmente.
- c) Saneamiento, reparación y refuerzo de puentes sometidos al deterioro natural del tiempo.

Acciones y procedimientos comunes:

- Elevación de rasantes.
- Ampliación de áreas hidráulicas.
- Reforzamiento pasivo: inyección de grietas con resinas epóxicas y colocación de placas mecánicas adheridas.
- Reforzamiento activo: inyección de grietas con resinas epóxicas.
- Reforzamiento externo: longitudinal, transversal y vertical.

Es muy frecuente clasificar los procedimientos utilizados en el refuerzo de estructuras en Procedimientos Pasivos y Procedimientos activos. Éstos últimos, los activos, como sabemos, son aquellos basados en la introducción en la estructura de acciones o deformaciones que modifican su estado tensional favoreciendo su comportamiento resistente.

Entre los procedimientos pasivos más utilizados se pueden citar los siguientes:

- Refuerzo con concreto armado.
- Refuerzo con concreto proyectado.
- Refuerzo con adición de placas y perfiles metálicos.

Entre las aplicaciones del refuerzo con concreto armado se pueden citar:

- Refuerzo de pilares mediante recrecido de los mismos.
- Refuerzo de tableros mediante recrecido de sus vigas o losa para aumentar su resistencia a la flexión y/o al cortante.

En todos los casos se ha de garantizar el trabajo conjunto del concreto existente y del refuerzo, la limpieza de la superficie de unión, utilización de conectores y la aplicación de una resina especial.

Los refuerzos con concreto proyectado (Gunita) se adaptan bien cuando hay que recubrir grandes superficies con un pequeño espesor, tanto como para reponer recubrimientos alterados como para el refuerzo con adición de armaduras pasivas.

Se necesita una buena preparación de la superficie a tratar y se recomienda el tratamiento con chorro de arena o agua a alta presión.

Prácticamente solo se recomienda el sistema por vía seca, ya que la vía húmeda proporciona un concreto de peor calidad (menor resistencia, menor adherencia, mayor retracción y menor compacidad). El personal debe ser altamente especializado.

## CONCLUSIONES

1. La construcción del puente vehicular, objeto de este trabajo de graduación, beneficiará a la población en gran manera a los pobladores del sector Los López y caserío Xec-Xuc, por cuanto facilitará el traslado tanto de personas como de productos agrícolas y de diversos objetos, evitando así el riesgo a que se encuentran sometidos.
2. El diseño del sistema de drenaje separativo, se realizó para mejorar las condiciones generales, tanto del orden social como de salud, para los pobladores de San Antonio Sacatepéquez.
3. La realización del Ejercicio Profesional Supervisado, como apoyo a las municipalidades de San Antonio Sacatepéquez, departamento de San Marcos y San Martín Sacatepéquez, departamento de Quetzaltenango, permitió establecer el diseño de los proyectos de drenaje y del puente, a través de las diferentes necesidades existentes en dichas comunidades.
4. De acuerdo a los costos de los proyectos, se considera que éstos significan un desarrollo, tanto para las aldeas como para los municipios de San Antonio Sacatepéquez y San Martín Sacatepéquez, gracias a ellos se resolverán problemas de salud, transporte y locomoción. Por lo tanto, la Municipalidad deberá gestionar el financiamiento correspondiente para hacerlos realidad.



## RECOMENDACIONES

A las Municipalidades de San Antonio Sacatepéquez y San Martín Sacatepéquez:

1. Mantener una supervisión técnica constante, desde el inicio de la ejecución de ambos proyectos, hasta la finalización de los mismos, velando que se cumpla lo requerido en planos.
2. Implementar medidas de mitigación para reducir riesgos y amenazas existentes en todas las poblaciones que forman parte de este municipio, en especial, lo relacionado con los efectos negativos del impacto ambiental que producen la disposición de desechos domésticos, a través de una obra de ingeniería como lo es un proyecto de drenaje.
3. Hacer las gestiones necesarias que permitan la instalación de plantas de tratamiento de aguas negras, a fin de reducir los efectos negativos del impacto ambiental y para lograr realizar un proyecto integral a nivel de salud.
4. El mantenimiento de puentes es una de las actividades más importantes que hay que realizar, para obtener el mejor nivel de todas las condiciones de servicios posibles y la conservación de una red de carreteras. La construcción del puente vehicular del Sector Los López y Caserío Xec-Xuc debe construirse siguiendo todo lo indicado en los planos.





## BIBLIOGRAFÍA

1. Streeter, Víctor L. **Mecánica de los fluidos**. 4ª. ed. México: Ed. Mcgraw-Hill. 1975. 747PP.
2. Trujillo Orozco, José Eusebio. **Diseño de puentes**, Universidad Industrial De Santander, 2ª. ed. México, 1993.
3. Berry, Peter L. y David Reid. **Mecánica de suelos**. Ed. Macgraw-Hill, Mayo de 1994. 415 PP.
4. Contreras Barrientos, Walter Giovanni. Aplicaciones de Microsoft Excel al diseño, cálculo y estimación de costos de sistemas de alcantarillado en la república de Guatemala. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala, 2000. 182 pp.
5. Quijada Sagastume, José Gilberto. Diseño de la red de alcantarillado sanitario de las aldeas El Ingeniero y Petapilla del municipio de Chiquimula, Departamento de Chiquimula. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala, 2004 187pp.
6. Montenegro, Raquel. Especificaciones formales para el trabajo de graduación. Guatemala, s.e. 2000
7. Macz Mó, Ronald Fernando. Diseño de dos puentes vehiculares para las aldeas Saquijá y Purhá y sistema de agua potable para la aldea de Granadillas, del municipio de San Juan Chamelco, departamento de Altaverapaz. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala, 2004.



## **APÉNDICE**

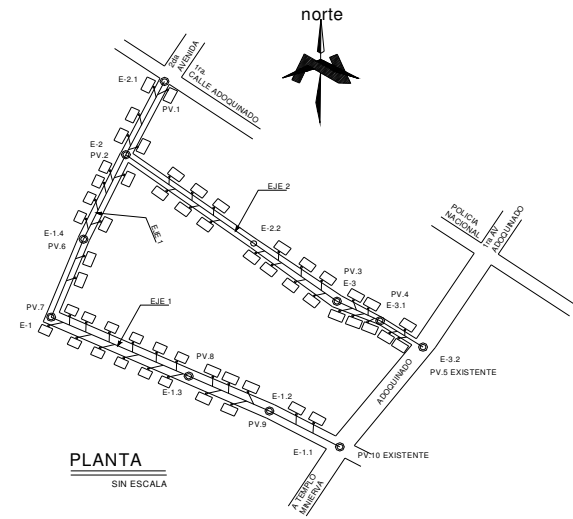
### **1. Planos proyecto de drenaje San Antonio**

- Planta general y densidad de vivienda.
- Planta – perfil.
- Planos típicos de pozos de visita y detalles.

### **2. Planos proyecto puente vehicular para el Sector los López**

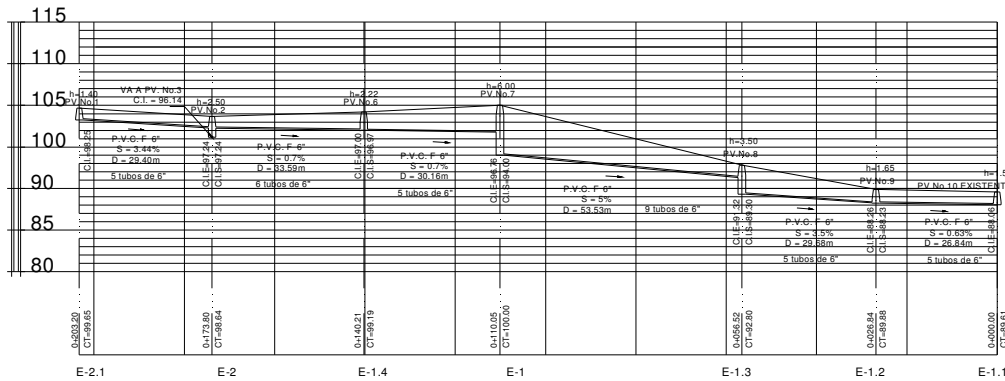
- Planos de planta perfil y ubicación.
- Detalles de la superestructura.
- Detalles de la subestructura.

### **3. Libretas topográficas**



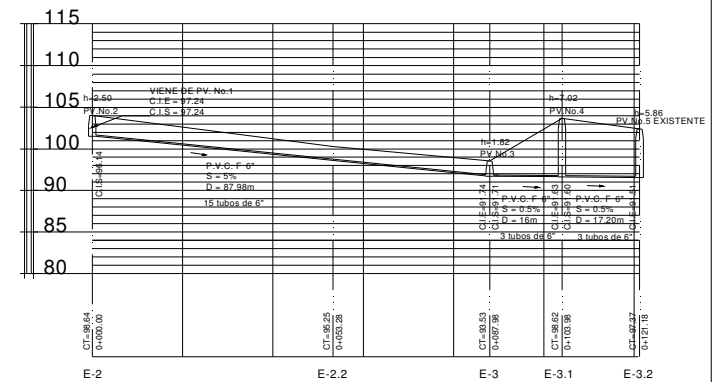
PLANTA  
SIN ESCALA

SIMBOLOGIA	
C.T.	= COTA DE TERRENDO
D	= DISTANCIA HORIZONTAL
N	= NORTE ARBITRARIO
P.V.	= POZO DE VISITA
P.V.C.	= TUBERIA DE P.V.C
S%	= PENDIENTE DE LA TUBERIA
Ø	= DIÁMETRO



PERFIL EJE 1

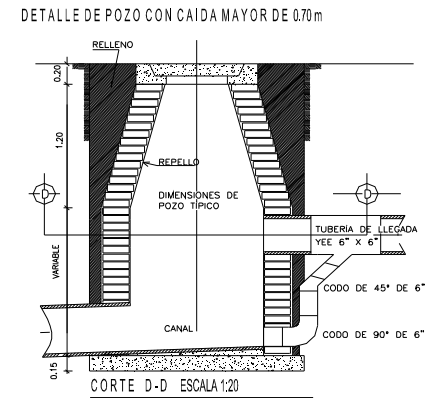
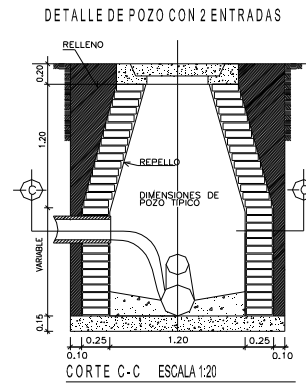
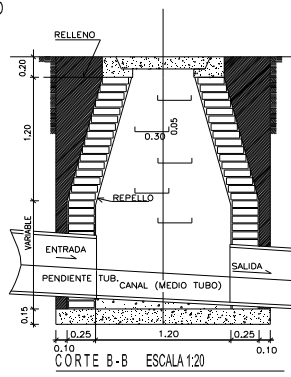
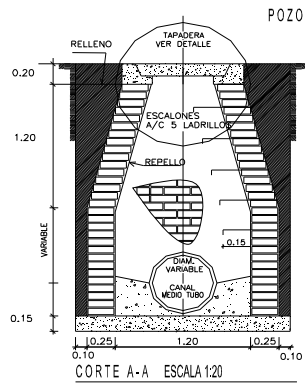
ESCALA:  
H= 1:500  
V= 1:250



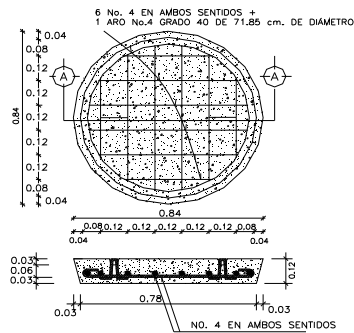
PERFIL EJE 2

ESCALA:  
H= 1:500  
V= 1:250

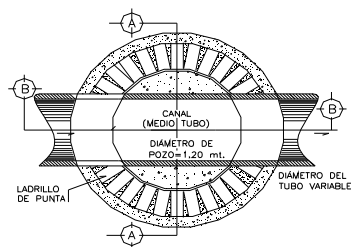
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA ESTUDIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
PROYECTO: DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE SANITARIO TRAMO ENTRE 2da. Av. Y 1ra. Av. 2da. CALLE Y 2da. CALLE 'A' ZONA 1, SAN ANTONIO SAC, SAN MARCOS.	
ESCALA: INDICADA	<b>CONTENIDO</b>
DIBUJO: Byron M. Tul V.	<b>PLANTA Y PERFIL</b>
DISEÑO: Byron M. Tul V.	
CALCULO: Byron M. Tul V.	
FECHA: Marzo de 2007	REVISO:
	HOJA: 1 3



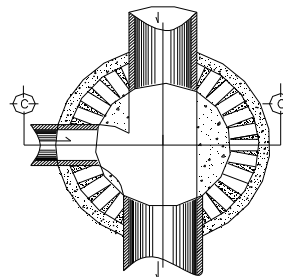
TAPADERA DEL POZO ESCALA 1:100



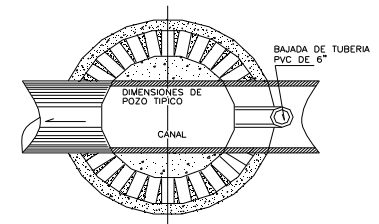
PLANTA DEL POZO ESCALA 1:20



PLANTA C-C ESCALA 1:20



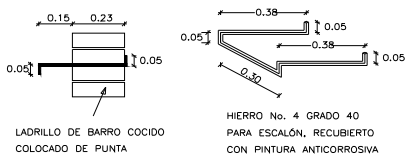
PLANTA D-D ESCALA 1:20



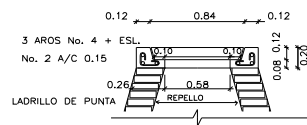
DETALLE DE ESCALÓN ESCALA 1:10

VISTA TRANSVERSAL

VISTA ISOMÉTRICA



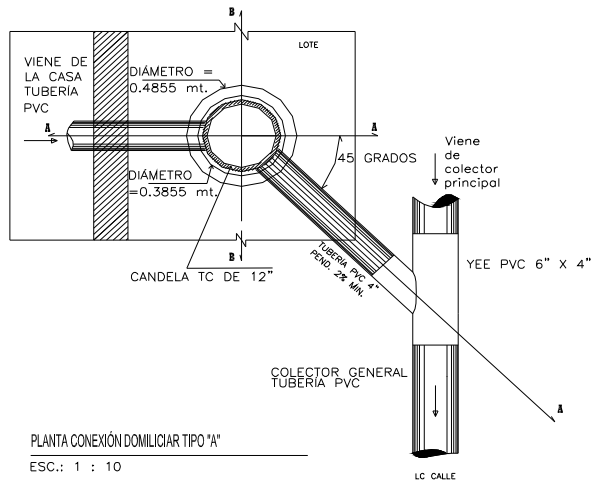
DETALLE BROCAL POZO ESCALA 1:20



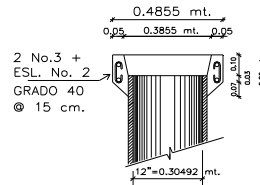
NOTAS:

- SE USARÁ TUBERIA PVC NORMA ASTM 3034 EN EL COLECTOR GENERAL Y EN LAS CONEXIONES DOMICILIARES CON SUS RESPECTIVOS ACCESORIOS.
- EL MORTERO DEBERÁ SER CEMENTO Y ARENA DE PROPORCIÓN VOLUMÉTRICA 1:3
- LOS BROCALES Y TAPADERAS DEBEN CURARSE SEGÚN ESPECIFICACIONES DE ACI, ANTES DE INSTALAR.
- EL ACERO A UTILIZAR SERÁ  $f_y = 2,810 \text{ kg/cm}^2$  Y - EL CONCRETO DEBERÁ TENER UN  $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$  (PROPORCIÓN VOLUMÉTRICA 1:2:2)

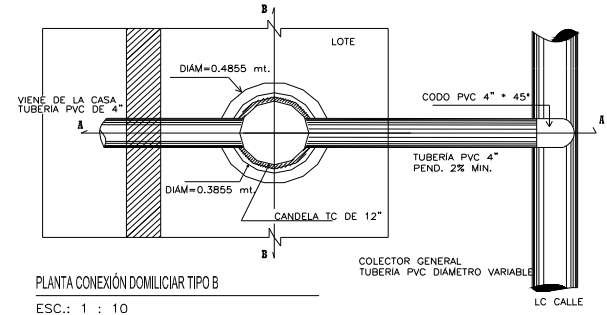
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA ESTUDIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
PROYECTO: DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE SANITARIO TRAMO ENTRE 2da. AV. Y 1ra. Av. 2da. CALLE Y 2da. CALLE "A" ZONA 1, SAN ANTONIO SAC, SAN MARCOS.	
ESCALA: INDICADA	CONTENIDO
DIBUJO: Byron M. Tul V.	DETALLE DE POZOS DE VISITA Y TAPADERA
DISEÑO: Byron M. Tul V.	
CÁLULO: Byron M. Tul V.	
FECHA: Mayo de 2007	REVISO:
	HOJA: 2



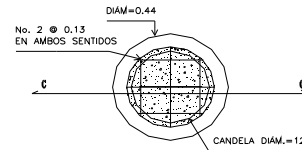
PLANTA CONEXIÓN DOMICILIAR TIPO "A"  
ESC.: 1 : 10



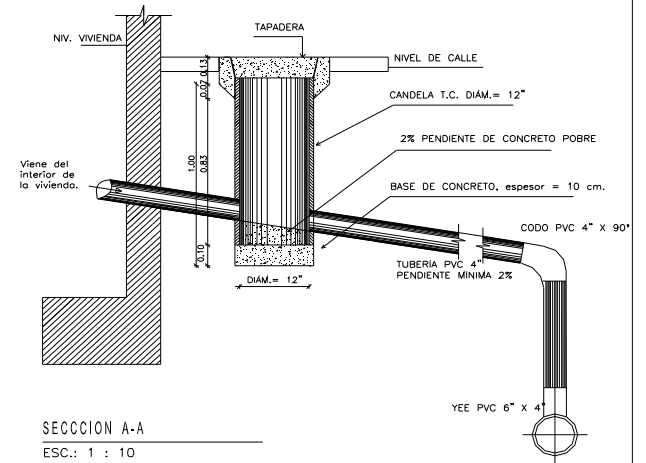
SECCIÓN B-B  
ESC.: 1 : 10



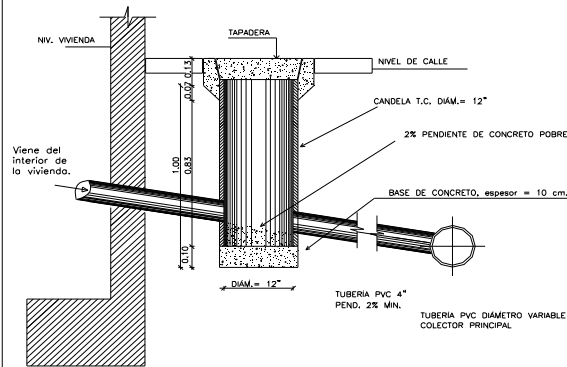
PLANTA CONEXIÓN DOMICILIAR TIPO B  
ESC.: 1 : 10



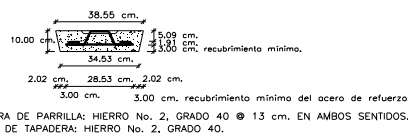
PLANTA DE TAPADERA  
ESC.: 1 : 10



SECCION A-A  
ESC.: 1 : 10



SECCION A-A  
ESC.: 1 : 10

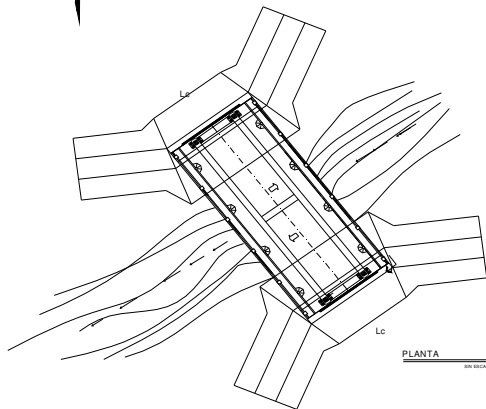
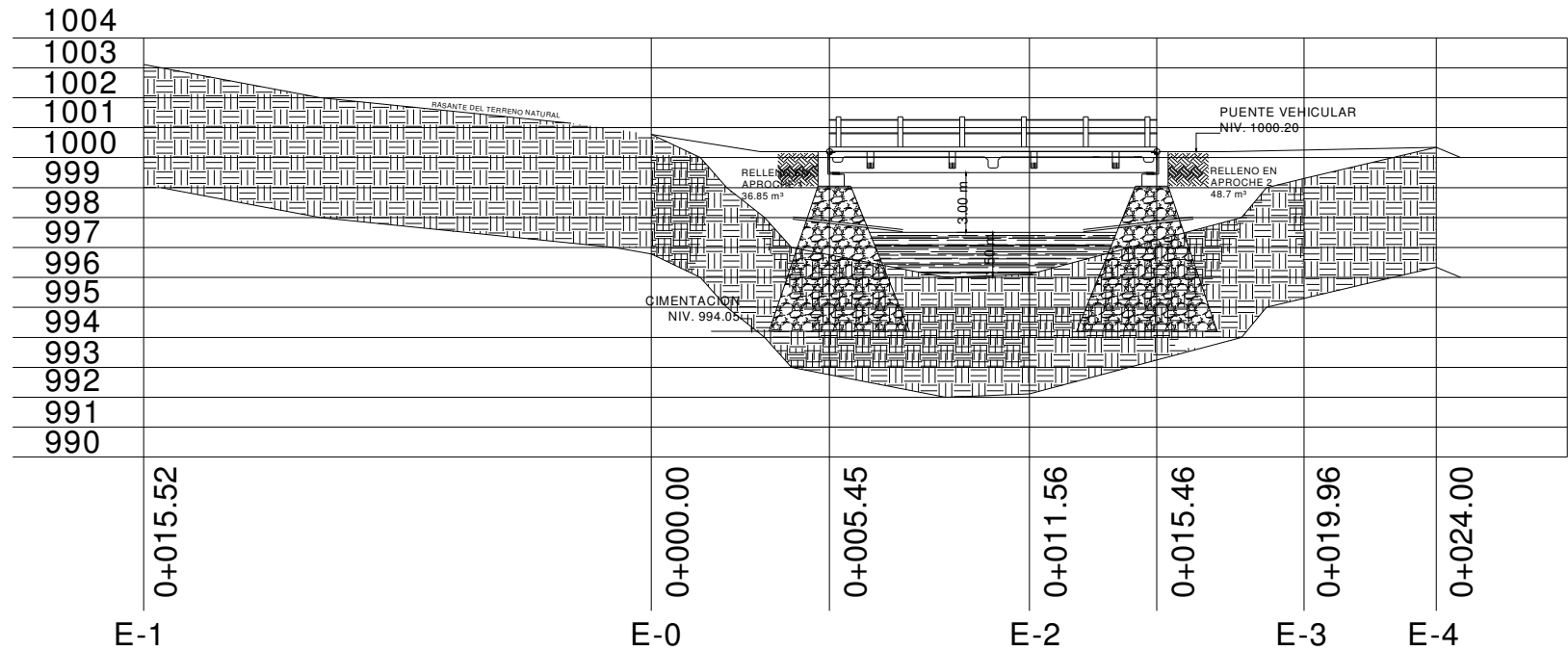


SECCION C-C EN TAPADERA, CONEXIÓN DOMICILIAR  
ESCALA 1:10

NOTAS:

- TODAS LAS DIMENSIONES ESTAN EN METROS AL MENOS QUE SE INDIQUE LO CONTRARIO
- TIPO "A" PARA CONDICIONES NORMALES
- TIPO "B" PARA COLECTOR CON PROFUNDIDAD DE 3 MT. EN SU PARTE ALTA.
- TRASLAPE DE VARILLAS: No. 3 = 0.30 mt. y No. 2 = 0.20 mt.
- EL MORTERO DEBERÁ SER DE CEMENTO Y ARENA DE PROPORCIÓN VOLUMÉTRICA 1:3
- EL ACERO A UTILIZAR SERÁ  $f_y = 2,810 \text{ kg/cm}^2$
- EL CONCRETO DEBERÁ TENER UN  $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$  DE PROPORCIÓN VOLUMÉTRICA 1:2:2

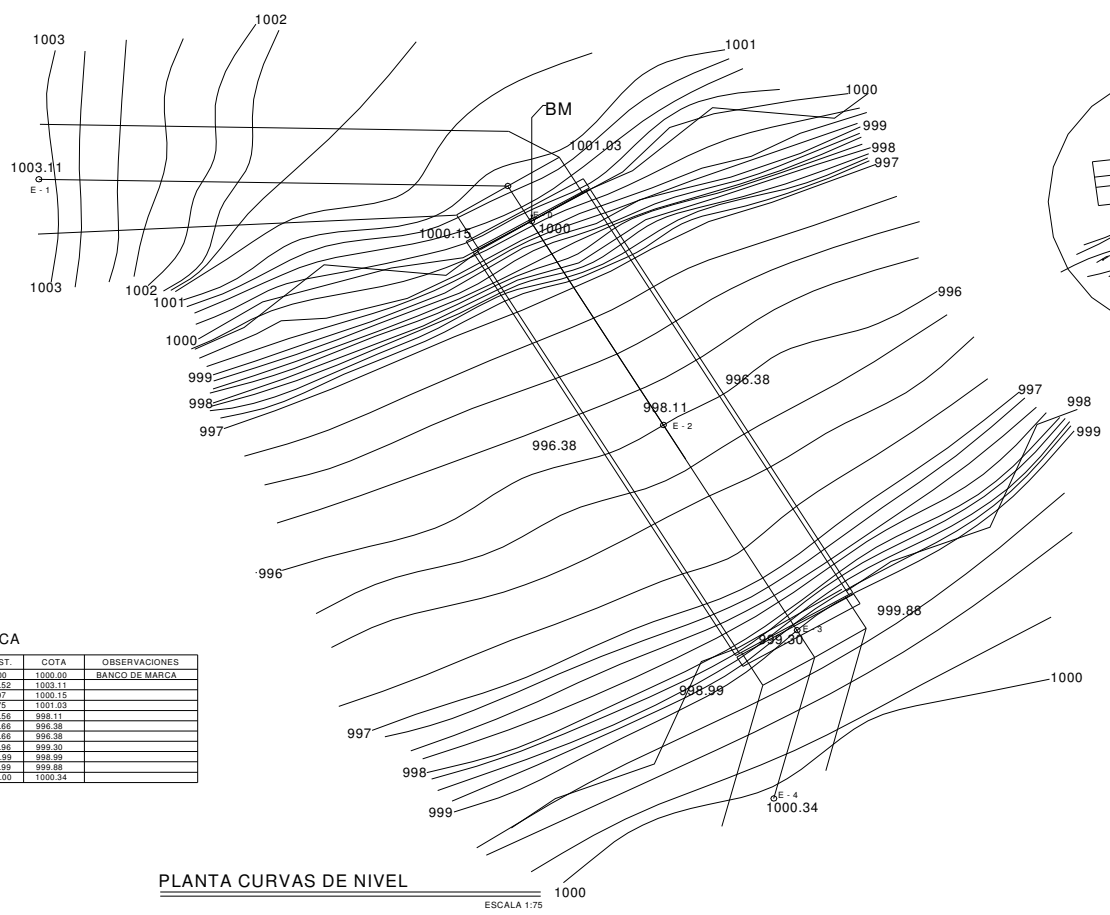
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA ESTUDIO PROFESIONAL SUPERVISADO		
PROYECTO: DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE SANITARIO TRAMO ENTRE 2da. Av. Y 1ra. Av., 2da. CALLE Y 2da. CALLE "A" ZONA 1, SAN ANTONIO SAC., SAN MARCOS.		
ESCALA: INDICADA	CONTENIDO	
DIBUJO: Byron M. Túl V.	DETALLES DE ACOMETIDA	
DISEÑO: Byron M. Túl V.	DOMICILIAR	
CALCULO: Byron M. Túl V.	REVISO:	HOJA:
FECHA: Marzo de 2007		3
		3



**PERFIL**

ESCALA  
H 1:100  
V 1:100

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA ESTUDIO PROFESIONAL SUPERVISADO		
PROYECTO: DISEÑO DE PUENTE VEHICULAR PARA EL SECTOR LOS LOPEZ, CASERIO XEC-XUC, SAN MARTIN SACATEPEQUEZ, QUETZALTENANGO.		
ESCALA: INDICADA	CONTENIDO	
DIBUJO: Byron M. Tul V.	PLANTA Y	
DISEÑO: Byron M. Tul V.	PERFIL	
CALCULO: Byron M. Tul V.	REVISO:	HOJA:
FECHA: Marzo de 2007		1 / 3



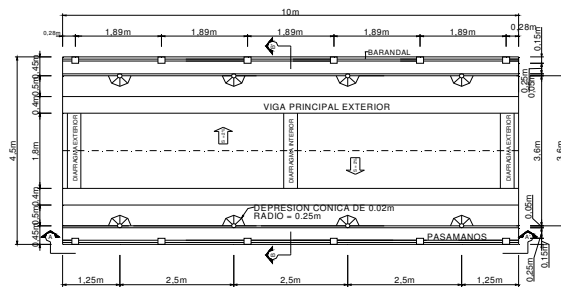
LIBRETA TOPOGRÁFICA

EST.	P.O.	HS	HM	HI	ANG. VERT.	ANG. HORIZ.	A.L.	DIST.	COTA	OBSERVACIONES			
0								0.00	1000.00	BANCO DE MARCA			
0	1	1.08	1	0.92	80	0	0	55	0	1.37	15.52	1003.11	
0	0D	1.01	1	0.99	96	30	0	0	0	1.37	1.97	1000.15	
0	0E	1.01	1	0.99	68	15	0	0	0	1.37	1.75	1001.03	
0	2	1.06	1	0.94	101	3	0	239	25	0	1.37	11.56	998.11
0	2D	3.06	3	2.94	99	40	0	0	0	1.37	11.66	996.38	
0	2E	3.06	3	2.94	99	40	0	0	0	1.37	11.66	996.38	
0	3	3.1	3	2.8	87	20	0	239	25	0	1.37	19.86	999.30
0	3D	2.11	2	1.89	91	0	0	0	0	1.37	21.39	998.99	
0	3E	1.1	1	0.9	91	25	0	0	0	1.37	19.39	999.99	
0	4	1.12	1	0.88	90	5	0	248	30	0	1.37	24.00	1000.34

PLANTA CURVAS DE NIVEL  
ESCALA 1:75

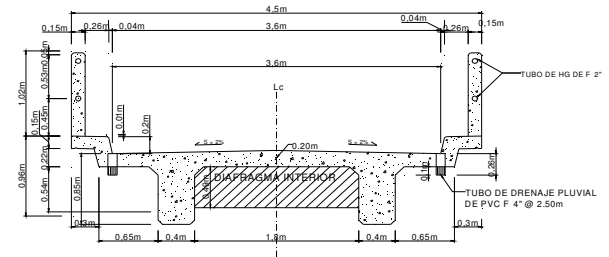
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA ESTUDIO PROFESIONAL SUPERVISADO		
PROYECTO: DISEÑO DE PUENTE VEHICULAR PARA EL SECTOR LOS LOPEZ, CASERIO XEC-XUC, SAN MARTIN SACATEPEQUEZ, QUETZALTENANGO.		
ESCALA: INDICADA	<b>CONTENIDO</b>	
DIBUJO: Byron M. Tul V.	<b>CURVAS DE NIVEL</b>	
DISEÑO: Byron M. Tul V.		
CALCULO: Byron M. Tul V.		
FECHA: Marzo de 2007	REVISO:	
		HOJA: 2 5





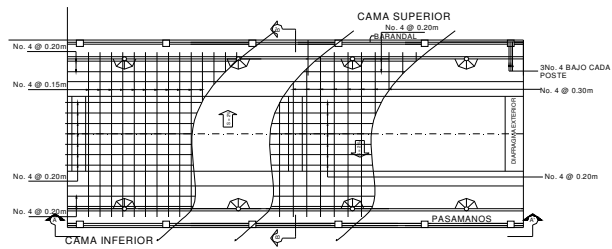
PLANTA ACOTADA

ESCALA 1:50



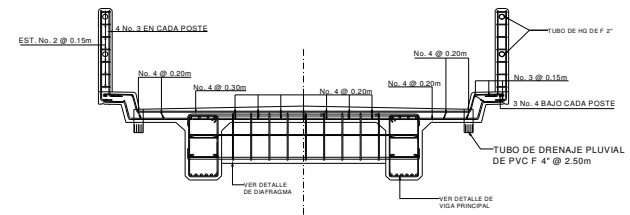
SECCIÓN B-B' (GEOMETRÍA)

ESCALA 1:25



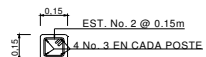
PLANTA ARMADO DE LOSA

ESCALA 1:50



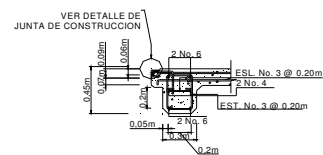
SECCIÓN C-C' (REFUERZO)

ESCALA 1:25



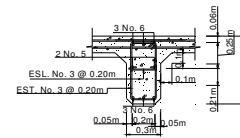
MOCHETA

ESCALA 1:12.5



DIAFRAGMA EXTERIOR

ESCALA 1:20

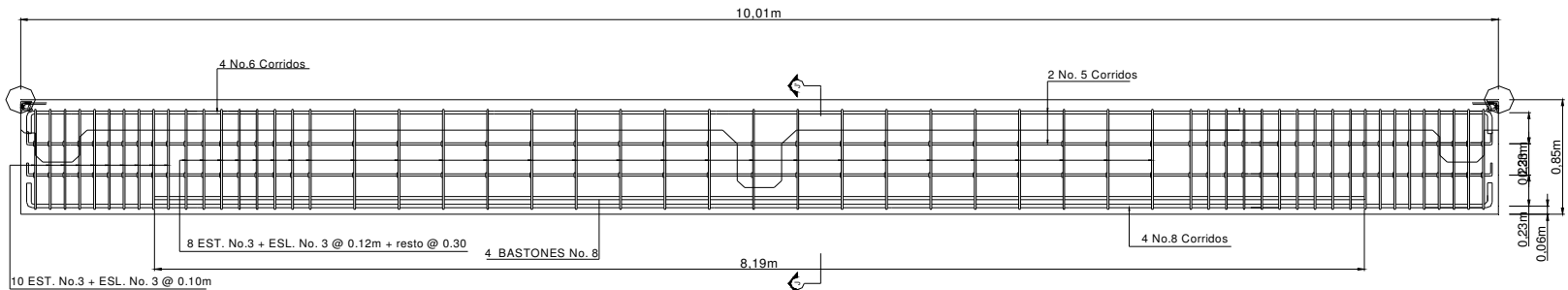


DIAFRAGMA INTERIOR

ESCALA 1:20

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA ESTUDIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
PROYECTO: DISEÑO DE PUENTE VEHICULAR PARA EL SECTOR LOS LOPEZ, CASERIO XEC-XUC, SAN MARTIN SACATEPEQUEZ, QUETZALTENANGO.	
ESCALA: INDICADA	<b>CONTENIDO</b>
DIBUJO: Byron M. Tul V.	PLANTA, SECCIONES Y
DISEÑO: Byron M. Tul V.	DETALLE DE DIAFRAGMA
CALCULO: Byron M. Tul V.	
FECHA: Marzo de 2007	REVISO:
	H.O.JA: 3 5

Hga. Citlora Ceballos de Pineda

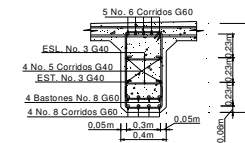


**ESPECIFICACIONES:**

- 1.- **Diseño:**  
"STANDARD SPECIFICATIONS HIGHWAY BRIDGES" DE LA AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS, (ASHTO), EDICIÓN 1971.
- 2.- **Construcción**  
"ESPECIFICACIONES GENERALES PARA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS Y PUENTES" DE LA DIRECCION GENERAL DE CAMINOS, (ESP. D.G.C.), EDICIÓN DE SEPTIEMBRE DE 2001
- 3.- **Carga Viva:**  
H-19-44 DE LA (A.A.S.H.T.O)
- 4.- **CONCRETOS:**  
(SECCIÓN 504 DE LAS ESPECIFICACIONES DE D.C.G.)  
  
4.1.- **Concreto clase 3,000 :**  
PARA EL RESTO DE LA SUPERESTRUCTURA SE USARA CONCRETO CLASE A CON ESFUERZO DE RUPTURA A COMPRESIÓN DE 211 kg/cm<sup>2</sup> (3000 Lb/Pig<sup>2</sup>) A LOS 28 DÍAS. EL TAMAÑO MÁXIMO DE AGREGADO GRUESO A USAR SERA DE 4 cm.
- 5.- **Acero de refuerzo:**  
(SECCIÓN 509, ESP. D.C.G.) SE USARA ACERO DE REFUERZO GRADO 40, EN FORMA DE BARRAS CORRUGADAS, DE ACUERDO CON LAS ÚLTIMAS ESPECIFICACIONES M3-54 DE LA A.A.S.H.T.O. Y A305-501 DE LA A.S.T.M.(AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS).
- VARIOS:**
- 6.- **Recubrimientos:**  
SALVO QUE SE INDIQUE OTRA COSA SE USARÁ EL SIGUIENTE RECUBRIMIENTO EN LAS BARRAS DE REFUERZO: PARA LOSAS EXPUESTAS AL TRÁFICO 4 CMS. EN LA SUPERFICIE DE RODADURA Y 2.5 CMS. EN LOS DEMÁS CASOS Y EN LA SUPERFICIE DE RODADURA CUANDO ESTE PROTEGIDA POR UNA CARPETA ASFÁLTICA, PARA CORTINAS, COLUMNAS, VIGAS REFORZADAS Y DIAFRAGMAS 5 CMS. Y PARA VIGAS PREEFORZADAS 2.5 CMS. PARA ZAPATAS SE USARÁ 8 CMS. EL RECUBRIMIENTO SE MEDIRÁ ENTRE EL ROSTRO DE LA BARRA Y LA SUPERFICIE DEL CONCRETO.
- 7.- **Biselles:**  
TODAS LAS ARISTAS EXPUESTAS DEBERÁN SER BISELADAS 2 CMS. A MENOS QUE SE INDIQUE OTRA COSA
- 8.- **Formaletas:**  
SE CONSTRUIRÁN DE ACUERDO CON LA SECCIÓN 505.04 ESP. D.C.G. LA PARTE SUPERIOR DE LAS VIGAS DEBERÁ DEJARSE RUGOSA.
- 9.- **Traslapes:**  
LOS TRASLAPES DEBERÁN HACERSE SEGÚN ESP. 1.5,14 DE LA A.A.S.H.T.O.(EDICIÓN DE 1989), EN EL CUAL QUEDA ESTABLECIDA UNA LONGITUD DE DESARROLLO EN FUNCIÓN DE LAS RESISTENCIAS DEL CONCRETO Y EL ACERO Y EL ÁREA DE LA BARRA DE REFUERZO.
- 10.- **Ganchos:**  
SE DOBLARÁN SEGÚN LA SECCIÓN 509 ESP. D.C.G. PARA EL EFECTO CONSULTAR EL PLANO TIPO. "ESPECIFICACIONES PARA REFUERZO".
- 11.- **Juntos:**  
SE USARÁN JUNTAS DE CONSTRUCCIÓN SOLO DONDE LO INDICAN LOS PLANOS O LO AUTORICE EL DELEGADO RESIDENTE.
- 12.- **Dimensionamiento:**  
TODAS LAS DIMENSIONES ESTÁN DADAS EN METROS, SALVO QUE SE INDIQUE OTRA COSA Y EXCEPTUANDO LAS ESTACIONES Y ALTURAS DE NIVEL.
- 13.- **Diseño Estructural:**  
CUALQUIER CAMBIO EN EL DISEÑO DE ESTOS PLANOS DEBE SER CONSULTADO AL INGENIERO ESTRUCTURAL.

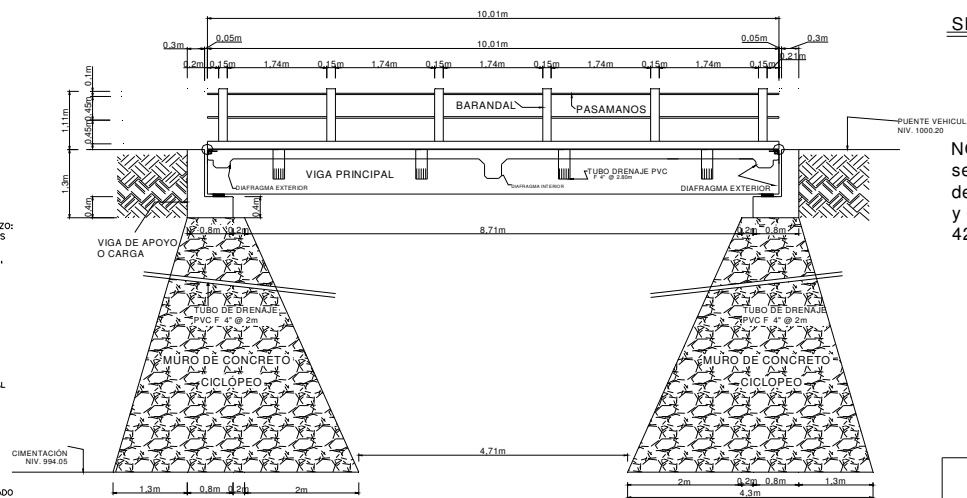
**REFUERZO TRANSVERSAL EN VIGA PRINCIPAL**

ESCALA 1:15



**SECCIÓN J-J'**

ESCALA 1:20



**SECCIÓN A-A' (ELEVACIÓN)**

ESCALA 1:40

**NOTA:** Para el refuerzo de vigas, se utilizara un esfuerzo máximo del concreto de 281kg/cm<sup>2</sup> (4000 PSI) y un esfuerzo de fluencia del acero de 4200kg/cm<sup>2</sup> (60000 PSI).

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA ESTUDIO PROFESIONAL SUPERVISADO			
PROYECTO: DISEÑO DE PUENTE VEHICULAR PARA EL SECTOR LOS LOPEZ, CASERIO XEC-XUC, SAN MARTIN SACATEPEQUEZ, QUETZALTENANGO.			
ESCALA: INDICADA		<b>CONTENIDO</b>	
DIBUJO: Byron M. Tul V.		DETALLE DE VIGAS Y	
DISEÑO: Byron M. Tul V.		SECCIONES	
CALCULO: Byron M. Tul V.			
FECHA: Marzo de 2007	REVISO:		HOJA: 4/5
Ing. César Chavarría de Pinto			





### 3. Libretas topográficas

<b>PROYECTO:</b>		<b>DRENAJE SANITARIO</b>					
<b>UBICACIÓN:</b>		<b>TRAMO ENTRE 2a. AV. Y 1a AV. 2a. CALLE Y 2a. CALLE "A" ZONA 1</b>					
		<b>SAN ANTONIO SACATEPEQUEZ SAN MARCOS</b>					
<b>FECHA:</b>		<b>AGOSTO DE 2006</b>					
EST	PTO.	ÁNG. OR			DISTANCIA HORIZONTAL	DISTANCIA ACUMULADA	Cota
		°	'	"			
		00	00	00			100.00
1	1.4	21	00	00	30.16	00+030.16	99.19
1.4	2	24	48	00	33.29	00+063.45	98.64
2	2.1	26	00	00	29.40	00+092.85	99.65
1	1.3	115	00	00	50.53	00+143.38	92.80
1.3	1.2	115	00	00	29.68	00+173.06	89.88
1.2	1.1	118	59	00	26.84	00+199.90	89.61
2	2.2	127	00	00	53.28	00+253.18	95.25
2.2	3	127	00	00	34.70	00+287.88	93.53
3	3.1	116	00	00	16.00	00+303.88	98.62
3.1	3.2	123	43	00	17.20	00+321.08	97.37

<b>COMUNIDAD:</b>		<b>SECTOR LOS LOPEZ, CASERIO XEX-XUC</b>													
<b>MUNICIPIO:</b>		<b>SAN MARTIN SACATEPEQUEZ</b>													
<b>DEPARTAMENTO:</b>		<b>QUETZALTENANGO</b>													
<b>PROYECTO:</b>		<b>CONSTRUCCION PUENTE VEHICULAR</b>													
<b>FECHA:</b>		<b>OCTUBRE 2006</b>													
<b>LIBRETA TOPOGRAFICA</b>															
EST.	P.O.	H5	HM	HI	ANG. VERT.			ANG. HORIZ.			A.I.	DIST.	COTA.		
	0				°	'	"	°	'	"			0.00	1000.00	
0	1	1.08	1	0.92	80	0	0	80	0	55	0	0.91666667	1.37	15.52	1003.11
0	00	1.01	1	0.99	96	30	0	96.5	0	0	0	0	1.37	1.97	1000.15
0	01Z	1.01	1	0.99	69	15	0	69.25	0	0	0	0	1.37	1.75	1001.03
0	2	1.06	1	0.94	101	3	0	101.05	239	25	0	239.416667	1.37	11.56	998.11
0	2D	3.06	3	2.94	99	40	0	99.666667	0	0	0	0	1.37	11.66	996.38
0	2IZ	3.06	3	2.94	99	40	0	99.666667	0	0	0	0	1.37	11.66	996.38
0	3	3.1	3	2.9	87	20	0	87.333333	239	25	0	239.416667	1.37	19.96	999.30
0	3D	2.11	2	1.89	91	0	0	91	0	0	0	0	1.37	21.99	998.99
0	3IZ	1.1	1	0.9	91	25	0	91.416667	0	0	0	0	1.37	19.99	999.88
0	4	1.12	1	0.88	90	5	0	90.083333	248	30	0	248.5	1.37	24.00	1000.34
DISTANCIA APROXIMADA DEL PUENTE 11.00 ML															

