



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

**DISEÑO DEL ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA CALLE  
PRINCIPAL Y PUENTE VEHICULAR, SAN JOSÉ DEL GOLFO, GUATEMALA**

**Maria de los Angeles Barales Reyes**

Asesorado por la Inga. Christa del Rosario Classon de Pinto

Guatemala, julio de 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DEL ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA CALLE  
PRINCIPAL Y PUENTE VEHICULAR, SAN JOSÉ DEL GOLFO, GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

**MARIA DE LOS ANGELES BARALES REYES**

ASESORADO POR LA INGA. CHRISTA DEL ROSARIO CLASSON DE PINTO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERA CIVIL**

GUATEMALA, JULIO DE 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

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

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco
EXAMINADOR	Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
EXAMINADORA	Inga. Christa del Rosario Classon de Pinto
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

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

### **DISEÑO DEL ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA CALLE PRINCIPAL Y PUENTE VEHICULAR, SAN JOSÉ DEL GOLFO, GUATEMALA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 20 de octubre del 2012.



**Maria de los Angeles Barales Reyes**



Guatemala, 30 de mayo de 2014  
Ref.EPS.DOC.654.05.14

Ing. Silvio José Rodríguez Serrano  
Director  
Unidad de EPS  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimado Ingeniero Rodríguez Serrano.

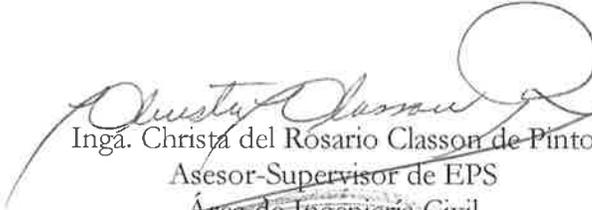
Por este medio atentamente le informo que como Asesora-Supervisora de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), de la estudiante universitaria **María de los Angeles Barales Reyes** con carné No. **200722370**, de la Carrera de Ingeniería Civil, , procedí a revisar el informe final, cuyo título es **DISEÑO DEL ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA CALLE PRINCIPAL Y PUENTE VEHICULAR, SAN JOSÉ DEL GOLFO, GUATEMALA.**

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"

  
Ingá. Christa del Rosario Classon de Pinto  
Asesor-Supervisor de EPS  
Área de Ingeniería Civil  


c.c. Archivo  
CDRSdP/ra



Guatemala, Ref.EPS.D.315.05.14  
30 de mayo de 2014

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

Estimado Ingeniero Montenegro Franco.

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **DISEÑO DEL ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA CALLE PRINCIPAL Y PUENTE VEHICULAR, SAN JOSÉ DEL GOLFO, GUATEMALA**, que fue desarrollado por la estudiante universitaria **María de los Angeles Barales Reyes, carné 200722370**, quien fue debidamente asesorada y supervisada por la Inga. Christa del Rosario 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 de la Asesora - Supervisora de EPS, en mi calidad de Director apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,  
"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Silvio José Rodríguez Serrano  
Director Unidad de EPS



SJRS/ra



**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala

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

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



Guatemala,  
31 de marzo de 2014

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

Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DEL ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA CALLE PRINCIPAL Y PUENTE VEHICULAR, SAN JOSÉ DEL GOLFO, GUATEMALA**, desarrollado por la estudiante de Ingeniería Civil Maria de los Angeles Barales Reyes, con Carnet No. 200722370, quien contó con la asesoría de la Inga. Christa del Rosario 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

/bbdeb.

Mas de **134** años de Trabajo Académico y Mejora Continua





**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala

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

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



Guatemala,  
26 de mayo de 2014

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

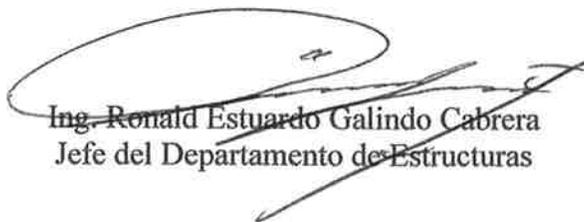
Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DEL ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA CALLE PRINCIPAL Y PUENTE VEHICULAR, SAN JOSÉ DEL GOLFO, GUATEMALA** desarrollado por la estudiante de Ingeniería Civil Maria de los Angeles Barales Reyes, con Carnet No. 200722370, quien contó con la asesoría de la Inga. Christa del Rosario 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. Ronald Estuardo Galindo Cabrera  
Jefe del Departamento de Estructuras



FACULTAD DE INGENIERÍA  
DEPARTAMENTO  
DE  
ESTRUCTURAS  
USAC

/bbdeb.

Mas de **134** años de Trabajo Académico y Mejora Continua





**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala

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



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

El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen de la Asesora Inga. Christa del Rosario Classon de Pinto y del Coordinador de E.P.S. Ing. Silvio José Rodríguez Serrano, al trabajo de graduación de la estudiante María de Los Angeles Barales Reyes, titulado **DISEÑO DEL ALACANTARILLADO SANITARIO PARA LA CALLE PRINCIPAL Y PUENTE VEHICULAR, SAN JOSÉ DEL GOLFO, GUATEMALA**, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

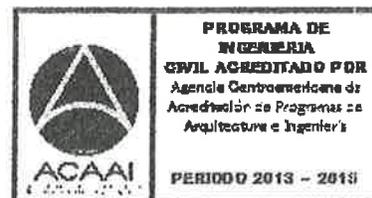
  
Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, junio 2014

/bbdeb.

Mas de **134** años de Trabajo Académico y Mejora Continua





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 ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA CALLE PRINCIPAL Y PUENTE VEHICULAR, SAN JOSÉ DEL GOLFO, GUATEMALA**, presentado por la estudiante universitaria: **María de los Angeles Barales Reyes** y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos  
Decano



Guatemala, julio de 2014

/cc

## **ACTO QUE DEDICO A:**

- Dios** Por ser mi guía en todo momento, derramó bendiciones y la capacidad para culminar mis estudios universitarios, suyos sean mis éxitos.
- Virgen María** Por interceder por mí, ante tu hijo iluminando mi camino, gracias por tus bendiciones.
- Mis padres** Mario I. Barales Montenegro y Arminda Reyes Liano, por su amor, ayuda y ejemplo, que esto sea una mínima recompensa a sus esfuerzos.
- Mis hermanas** Flor de María, María Gabriela y María André Barales, por estar a mi lado y apoyarme en todo momento.
- Mis tíos** Brenda Reyes Liano y Yeri Véliz, por su apoyo incondicional tanto en mi vida como en mi carrera profesional.
- Mis abuelos** Desiderio Barales (q.e.p.d) y Pepina Liano, por sus sabios consejos, oraciones y cariño que me llenan de fortaleza.
- Mi familia en general** Que han estado para mí siempre en cualquier momento a lo largo de mi vida.

**Mis amigos**

En especial a Rosario García, Leandro Franco, Rocío Palacios, Manuel Cabrera, Beatriz López, Elisa Alfaro, Stephanie Ovando, Ángela Esquivel y a todos los que me acompañaron y ayudaron a lo largo de mi carrera y en el trabajo, por su gran apoyo y gran amistad.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

**Universidad de San  
Carlos de Guatemala**

Por ser una importante influencia en mi carrera,  
entre otras cosas.

**Ing. Fóscolo Liano y al  
Ing. Alan Paul**

Por el apoyo y asesoría en mi trabajo de  
graduación.

**Inga. Christa Classon**

Por su valiosa asesoría en el presente trabajo  
de graduación y durante el Ejercicio Profesional  
Supervisado.

**Municipalidad de San  
José del Golfo**

Por permitirme desarrollar el Ejercicio  
Profesional Supervisado dentro de sus  
instalaciones y a los compañeros de trabajo que  
me ayudaron a llevarlo a cabo.

**Empresa MURATORI**

Por permitirme realizar mis prácticas finales por  
la asesoría de los ingenieros y de los  
compañeros de trabajo.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS .....	IX
GLOSARIO .....	XIII
RESUMEN.....	XVII
OBJETIVOS.....	XIX
INTRODUCCIÓN .....	XXI
1. MONOGRAFÍA DEL MUNICIPIO DE SAN JOSÉ DEL GOLFO, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA .....	1
1.1. Reseña histórica.....	1
1.2. Localización y ubicación geográfica .....	2
1.3. Extensión territorial .....	3
1.4. Límites y colindancias.....	3
1.5. Vías de acceso .....	3
1.6. Suelo y topografía .....	3
1.7. Aspectos sociales.....	4
1.8. Aspectos climáticos .....	4
1.9. Población.....	4
1.10. Crecimiento poblacional .....	5
1.11. Población por grupos de edad.....	5
1.12. Concentración y densidad poblacional .....	6
1.13. Población por grupo étnico.....	6
1.14. Condición de vida .....	6
1.15. Educación.....	6
1.16. Vivienda.....	7

1.17.	Aspectos económicos y de infraestructura básicos.....	7
1.18.	Servicios públicos.....	8
1.19.	Actividades económicas.....	9
1.20.	Aspectos culturales y participación social .....	9
2.	FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL I, DISEÑO DE DRENAJE SANITARIO .....	11
2.1.	Descripción del proyecto.....	11
2.2.	Levantamiento topográfico .....	11
2.3.	Planimetría .....	12
2.4.	Altimetría .....	12
2.5.	Partes de un alcantarillado.....	13
2.5.1.	Alcantarillas .....	13
2.5.2.	Conexión domiciliar .....	13
2.5.3.	Cálculo de caudales .....	14
2.5.3.1.	Caudal domiciliar.....	15
2.5.3.2.	Caudal de conexiones ilícitas.....	16
2.5.3.3.	Caudal de infiltración.....	17
2.5.3.4.	Caudal comercial.....	18
2.5.3.5.	Caudal industrial.....	18
2.5.3.6.	Caudal medio .....	19
2.5.3.7.	Caudal de diseño .....	20
2.5.4.	Diámetro de la tubería .....	26
2.5.5.	Pozos de visita .....	26
2.5.6.	Localización de los pozos de visita .....	27
2.5.7.	Cotas Invert.....	27
2.5.8.	Conexiones domiciliarias.....	29
2.5.9.	Profundidad de tubería.....	30
2.5.10.	Planta de tratamiento .....	30

2.5.11.	Ejemplo de cálculo de un tramo.....	32
2.6.	Presupuesto alcantarillado sanitario.....	41
2.7.	Evaluación de Impacto Ambiental .....	43
2.8.	Planos.....	43
2.9.	Cronograma de actividades.....	44
3.	FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL II DISEÑO DEL PUENTE VEHICULAR .....	47
3.1.	Descripción del proyecto .....	47
3.2.	Levantamiento topográfico .....	48
3.3.	Levantamiento planimétrico.....	48
3.4.	Altimetría .....	48
3.5.	Criterios y especificaciones para el diseño de puentes de concreto de sección, viga y losa.....	49
3.5.1.	Para la superestructura .....	49
3.5.2.	Para la subestructura.....	50
3.5.3.	Aproches y obras de protección .....	50
3.5.4.	Rellenos estructurales .....	50
3.5.5.	Especificaciones para el diseño de puentes.....	51
3.5.6.	Diseño .....	51
3.5.7.	Construcción.....	51
3.5.8.	Cargas vivas .....	51
3.5.9.	Recubrimientos.....	52
3.5.10.	Longitud de desarrollo .....	52
3.5.11.	Traslapes.....	52
3.5.12.	Ganchos .....	53
3.5.13.	Formaletas.....	53
3.6.	Estudio hidrológico .....	53
3.6.1.	Tirante normal.....	54

3.6.2.	Tirante de creciente máxima .....	54
3.6.3.	Tirante de creciente máxima extraordinaria .....	54
3.6.4.	Normas aplicables de diseño .....	54
3.7.	Estudio hidráulico .....	55
3.8.	Análisis de suelos .....	66
3.9.	Especificaciones de diseño .....	71
3.10.	Predimensionamiento de los elementos estructurales .....	72
3.10.1.	Losa .....	72
3.10.2.	Ancho del puente .....	73
3.11.	Diseño de barandales .....	73
3.12.	Diseño de postes .....	76
3.13.	Diseño de diafragmas .....	80
3.14.	Diafragma externo.....	81
3.15.	Diafragma interno.....	84
3.16.	Cálculo de la losa.....	86
3.16.1.	Cálculo del espesor de losa .....	87
3.16.2.	Carga muerta .....	88
3.16.3.	Carga viva más impacto.....	88
3.16.4.	Cálculo de momentos.....	90
3.16.4.1.	Momentos debido a la carga muerta .....	90
3.16.4.2.	Momento flector para voladizos .....	91
3.16.4.3.	Momento flector para losa entre vigas.....	91
3.16.4.4.	Momento flector por carga viva .....	92
3.16.4.5.	Momento flector por carga viva en el voladizo .....	93
3.16.4.6.	Momentos flectores últimos.....	94
3.16.5.	Cálculo del peralte efectivo .....	95

3.16.6.	Obtención de la armadura para la losa del puente.....	95
3.17.	Diseño de viga.....	99
3.17.1.	Determinación del factor de rueda para la viga ....	103
3.17.2.	Determinación de las dimensiones de la viga T....	108
3.17.3.	Momento flector debido a la carga viva en diferentes secciones de la viga interior.....	109
3.17.4.	Cálculo del acero de refuerzo.....	112
3.17.5.	Diseño a corte en diferentes secciones de la viga.....	113
3.18.	Diseño de la subestructura.....	118
3.18.1.	Cortina.....	118
3.18.2.	Viga de apoyo.....	126
3.18.3.	Estribo.....	128
3.18.4.	Juntas.....	133
3.18.5.	Apoyos.....	133
3.18.6.	Diseño de apoyo elastomérico (neopreno).....	134
3.19.	Estudio de Impacto Ambiental.....	139
3.20.	Presupuesto.....	140
3.21.	Cronograma de ejecución.....	141
CONCLUSIONES.....		143
RECOMENDACIONES.....		145
BIBLIOGRAFÍA.....		147
APÉNDICES.....		149



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Localización geográfica del municipio de San José del Golfo.....	2
2.	Área tributaria de la cuenca .....	57
3.	Gráfico tiempo vs intensidad de lluvia .....	61
4.	Gráfico período de retorno vs intensidad de lluvia .....	62
5.	Creación de un nuevo proyecto .....	63
6.	Estimación de crecida máxima.....	65
7.	Comportamiento del caudal de diseño en tramo analizado.....	66
8.	Diagrama de cargas y punto de aplicación para diseño de barandal .....	74
9.	Diagrama de cargas para diseño de postes.....	76
10.	Armadura del barandal.....	80
11.	Detalle armado de diafragma externo .....	84
12.	Detalle armado de diafragma interno .....	86
13.	Sección transversal de la losa.....	88
14.	Camión HS-20-44.....	89
15.	Carga por líneas de ruedas.....	89
16.	Diagrama de momentos .....	91
17.	Ancho de distribución de cargas en voladizo .....	93
18.	Armado de losa .....	99
19.	Sección transversal de superestructura .....	100
20.	Camión utilizado para el diseño, HS20-44 .....	101
21.	Carga por línea de ejes del camión en la viga .....	102
22.	Posición de las ruedas sobre la losa .....	103

23.	Momentos flectores por carga muerta .....	104
24.	Posición del tren de carga del camión HS 20-44 .....	106
25.	Posición del tren de carga del camión HS 20-44 a lo largo del puente .....	106
26.	Sección transversal de viga .....	107
27.	Momento flector por líneas de influencia .....	108
28.	Cálculo del máximo momento flector por medio de líneas de influencia.....	109
29.	Cálculo de acero para la viga .....	112
30.	Diagrama de corte producido por la carga muerta.....	113
31.	Línea de influencia de la fuerza cortante en el punto P .....	114
32.	Sección efectiva que resiste la acción de los esfuerzos cortantes .....	115
33.	Variación de fuerza cortante .....	117
34.	Sección en el centro de la luz .....	117
35.	Diagrama de distribución de fuerza longitudinal .....	119
36.	Diagrama de presiones sobre la cortina .....	121
37.	Detalle de cortina y viga de apoyo .....	127
38.	Geometría y diagrama de presiones en estribo .....	128
39.	Detalle de juntas .....	133
40.	Sección transversal de la viga .....	134
41.	Apoyo elastomérico .....	138

## TABLAS

I.	Relaciones hidráulicas sección circular .....	25
II.	Tabla resumen del cálculo hidráulico del alcantarillado .....	39
III.	Presupuesto alcantarillado sanitario .....	42
IV.	Cronograma de actividades .....	44
V.	Valores indicativos del coeficiente de escorrentía C.....	56

VI.	Parámetros de A, B n y R2.....	59
VII.	Valores de intensidades de lluvia para la estación del municipio de Guatemala con las tasas de retorno indicadas .....	60
VIII.	Valores de intensidades de lluvia, para el período de retorno.....	61
IX.	Parámetros de diseño de puente vehicular .....	71
X.	Variación del momento flector a cada 1,5 m. ....	113
XI.	Momentos del volteo sin superestructura.....	129
XII.	Momento estabilizante sin estructura .....	130
XIII.	Presupuesto del puente vehicular .....	140
XIV.	Cronograma de ejecución .....	141



## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>h</b>	Altura de viga
<b>A<sub>s min</sub></b>	Área de acero máximo
<b>A<sub>s max</sub></b>	Área de acero mínimo
<b>q<sub>m</sub>, q<sub>mactual</sub>, Q</b>	Caudal
<b>Q</b>	Caudal de diseño
<b>Cm</b>	Centímetro
<b>N</b>	Coefficiente de fricción de Hazen Williams
<b>Ø</b>	Diámetro de tubería
<b>Fc</b>	Esfuerzo de compresión
<b>σ</b>	Esfuerzo de flexión
<b>fqm</b>	Factor de caudal medio
<b>Kg</b>	Kilogramo
<b>Kg/cm<sup>2</sup></b>	Kilogramo por centímetro cuadrado.
<b>Lb</b>	Libra
<b>Lts/s</b>	Litros por segundo
<b>M<sub>m</sub></b>	Milímetro
<b>M<sub>cm</sub></b>	Momento carga última
<b>M<sub>cv</sub></b>	Momento carga viva
<b>Mu</b>	Momento último
<b>t</b>	Peralte
<b>d</b>	Peralte efectivo
<b>s %</b>	Porcentaje de pendiente de tubería
<b>ton/m<sup>2</sup></b>	Tonelada por metro cuadrado

**v**

Velocidad de diseño

## GLOSARIO

<b>AASHTO</b>	American Association Transportation of Highway Officials
<b>Acera</b>	Espacio más elevado que la capa de rodadura donde circulan los peatones.
<b>Acero de refuerzo</b>	Cantidad de acero requerido para un esfuerzo determinado.
<b>Afluente</b>	Caudal de agua que sale de la alcantarilla.
<b>Aguas residuales</b>	Son las aguas retiradas de una vivienda, comercio industria después de haber sido utilizadas en una relación directa con el caudal que ingresa, ya que una menor parte es consumida en diversos usos. Otros términos utilizados como sinónimos son aguas servidas, aguas negras o cloacales.
<b>Alcantarillado</b>	Sistema formado por obras accesorias, tuberías o conductos generalmente cerrados, que no trabajan a presión y que conducen aguas residuales o pluviales.

<b>Altimetría</b>	Parte de la topografía que sirve para medir la altura de un terreno referenciadas a un punto.
<b>Candela</b>	Receptor de aguas residuales provenientes del interior de la vivienda.
<b>Caudal</b>	Es un volumen de líquido que circula a través de una tubería en una unidad de tiempo determinado.
<b>Colector</b>	Tubería, generalmente de servicio público, que recibe y conduce las aguas indeseables de la población al lugar de desfogue.
<b>Colector principal</b>	Sucesión de tramos que, a partir de la descarga domiciliar, siguen la dirección de los gastos mayores.
<b>Conexión domiciliar</b>	Es un sistema de drenaje intradomiciliar que conduce las aguas residuales fuera de la vivienda.
<b>Cota de cimentación</b>	Altura donde se construyen los cimientos.
<b>Cota Invert</b>	Es la cota de la parte inferior del diámetro interno de la tubería instalada.
<b>Deslizamiento</b>	Fuerza que tiende a deslizar horizontalmente el muro.
<b>DGOP</b>	Dirección General de Obras Públicas.

<b>Diafragmas</b>	Unidades usadas para evitar la deformación de vigas en la superestructura.
<b>Empuje</b>	Fuerza ejercida por el suelo a la estructura.
<b>Estribo</b>	Muro que soporta a la superestructura y transmite el peso al suelo.
<b>Factor de caudal Medio</b>	Es la relación entre la suma de los caudales y los habitantes a servir.
<b>Factor de retorno</b>	Porcentaje de agua que después de ser utilizada, retorna al sistema de drenaje o alcantarillado.
<b>Factor de rugosidad</b>	Factor que expresa la intensidad de la rugosidad de una tubería según el material con que esté
<b>Factor del caudal máximo o de Harmond</b>	Factor de seguridad para las horas pico, está en relación directa con la población.
<b>Fuerza de sismo</b>	Carga que es inducida por un sismo y que provoca esfuerzos en la subestructura.
<b>Impacto</b>	Carga provocada por el impacto del camión estandarizado sobre la superestructura.

<b>Losa</b>	Elemento estructural, plano que soporta directamente las cargas y las transmite a diferentes apoyos.
<b>Período de diseño</b>	Tiempo de durante el cual la obra diseñada prestará un servicio satisfactorio.
<b>Pérdida de carga</b>	Disminución de presión dinámica debido a la fricción que existe entre el agua y las paredes de la tubería.
<b>Planimetría</b>	Parte de la topografía, que enseña a representar en una superficie plana una porción terrestre.
<b>Puente</b>	Estructura que permite pasar el tráfico de un punto otro a través de cualquier interrupción.
<b>Sobrecarga</b>	Carga adicional a la aplicada, que se toma como factor de seguridad.
<b>Subestructura</b>	Es un conjunto de elementos, que han sido diseñados para soportar la superestructura de un puente y transmitir las cargas al suelo.
<b>Superestructura</b>	Conjunto de elementos, diseñados para soportar las cargas de tráfico y transmitir las a la subestructura.

## RESUMEN

San José del Golfo se encuentra ubicado a 28 kilómetros de la ciudad capital, cuenta con un mercado municipal, con un centro recreativo y satisface las necesidades de todos los habitantes brindando los servicios básicos como: luz, agua, drenajes, entre otros. Hace 20 años realizó el drenaje en la calle principal por lo que se ve en la necesidad de diseñar un nuevo sistema de drenaje, debido a que este ya cumplió con el tiempo de vida útil, a la vez necesitan mejoras en nuevos pozos de visita y una ampliación de tubería; asimismo, el diseño de un nuevo puente vehicular en San José del Golfo, que beneficiará a más de 3 600 personas.

La idea de realizar este proyecto, surgió ante la necesidad que presentan los vecinos de esta comunidad de mejorar la calidad de vida y por falta de un sistema de alcantarillado sanitario se ha provocado en la población una serie de enfermedades, la mayoría gastrointestinales, indicando que el saneamiento básico es un factor necesario para la prevención.

Para el diseño del puente se hicieron estudios de prefactibilidad, de suelos e hidrológicos para determinar las dimensiones de la superestructura y la subestructura del puente, para eso se basa en la Norma American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO). Se determinó la luz del puente, ancho de rodadura para un carril usando una carga viva de diseño para un HS20-44.



## **OBJETIVOS**

### **General**

Diseñar un sistema de alcantarillado en la calle principal y un puente vehicular para San José del Golfo, Guatemala.

### **Específicos**

1. Desarrollar estudios monográficos y un diagnóstico sobre las necesidades de servicios básicos que tiene la población, así como de infraestructura del municipio de San José del Golfo.
2. Realizar los estudios hidrológicos, hidráulicos, de suelos y los cálculos correctos para la determinación de la estructura adecuada del puente, tomando en cuenta la seguridad, funcionalidad y costo.
3. Capacitar a los miembros de la Alcaldía Auxiliar de las aldeas como: El Caulote, Pontezuelas, Garibaldi, Loma Tendida, El Copante, Quebrada de Agua y especialmente a los de San José de Golfo, para que le den un uso adecuado a estos futuros proyectos.
4. Realizar los manuales de operación y mantenimiento para los proyectos a desarrollar.



## INTRODUCCIÓN

Con el propósito de solucionar los distintos problemas que presentan las áreas pertenecientes al municipio de San José del Golfo, se establecieron proyectos cuya realización es prioritaria, tomando en cuenta la magnitud del problema, el número de personas afectadas así como aspectos económicos, sociales, culturales y sanitarios.

Se ejecutarán los proyectos siguientes: un sistema de alcantarillado sanitario y un puente vehicular para beneficiar a más de seis aldeas del municipio de San José del Golfo.

A 28 kilómetros del casco urbano de Guatemala, se encuentra ubicado el municipio de San José del Golfo, que cuenta con una población de 12 010 habitantes. En este municipio como en todos los lugares, se hace indispensable las vías de comunicación que faciliten a la población el comercio, transporte y recreación que son necesarias para el desarrollo. Por este motivo es precisa la construcción de un puente de 15 metros que une a San José con más de seis aldeas. El sistema de alcantarillado sanitario cuenta con 1 822 metros aproximados de tubería, con esto se evita la contaminación ambiental, malos olores, polución de mantos freáticos, entre otros, que se encuentran en condiciones ideales para una propagación de enfermedades.



# **1. MONOGRAFÍA DEL MUNICIPIO DE SAN JOSÉ DEL GOLFO, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA**

## **1.1. Reseña histórica**

El municipio de San José del Golfo fue creado durante el gobierno de general Justo Rufino Barrios, por Decreto No. 683 del 17 de marzo de 1882; por problemas jurisdiccionales San José del Golfo, fue anexado al departamento de El Progreso el día 13 de abril de 1908, sin embargo años más tarde por Decreto No. 756 el 9 de junio de 1920 pasó a formar parte del departamento de Guatemala.

Inicialmente, en tiempos de los españoles era una hacienda llamada San José, la cual perteneció primero a la Compañía de Jesús y después al Convento de Santo Domingo, de la actual ciudad de Guatemala. La hacienda fue vendida en subasta pública por la Intendencia General del Estado de Guatemala, el 8 de agosto de 1831.

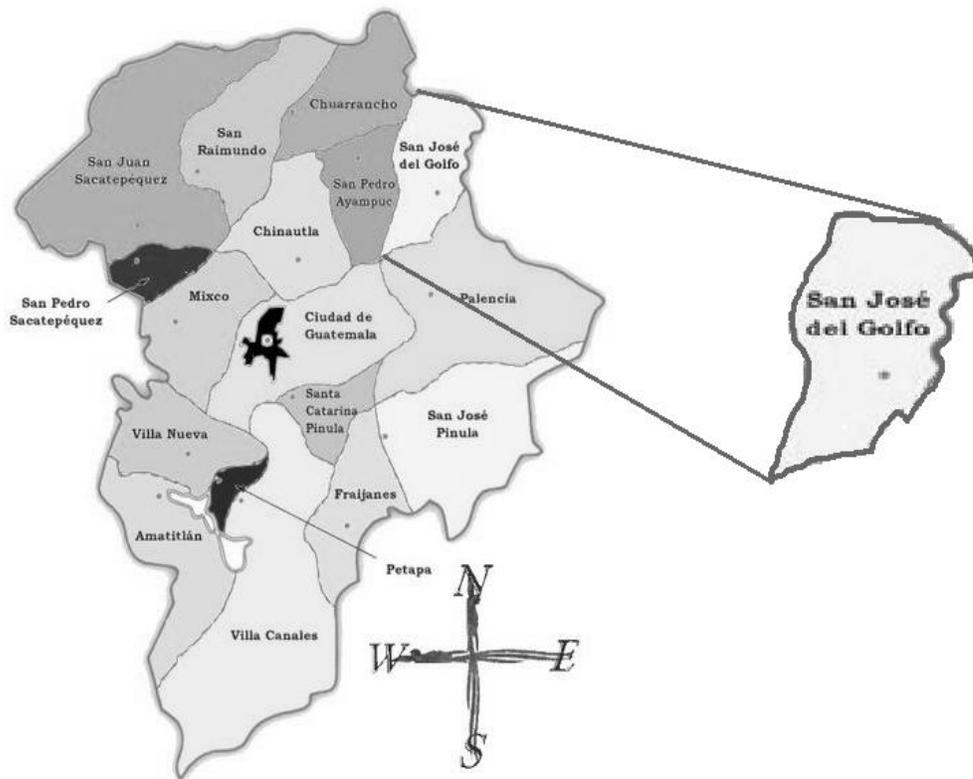
El nombre de San José del Golfo se debe a que, en la época colonial este lugar fue durante mucho tiempo ruta obligada de tránsito y escala de descenso en el viaje hacia el Golfo de Izabal y el Castillo de San Felipe de Lara, cuya comunicación era necesaria con el Reino de Guatemala y San José, se le denominó Del Golfo, por el paso obligatorio antes mencionado, prueba de ello son: el puente de La Barranquilla, y el empedrado en la cuesta Las Navajas, estructuras que sufrieron algunos daños con el terremoto ocurrido el 4 de febrero de 1976. Otra de las acreditaciones al nombre es debido a que en este lugar se fundó una iglesia asignada al Señor San José.

## 1.2. Localización y ubicación geográfica

San José del Golfo es uno de los 17 municipios del departamento de Guatemala está situado en la parte norte de este departamento, de esta cabecera municipal a 28 kilómetros de la ciudad capital de Guatemala los cuales son asfaltados.

El municipio se ubica en la latitud  $14^{\circ}45'36''N$  y longitud  $90^{\circ}22'48''O$  y está situado a 1 080 metros sobre el nivel del mar.

Figura 1. Localización geográfica del municipio de San José del Golfo



Fuente: Municipalidad de San José del Golfo.

### **1.3. Extensión territorial**

El municipio cuenta con una extensión territorial de 84 km<sup>2</sup> y está conformado por una región urbana dividida en 11 zonas y el área rural que actualmente la integran 20 aldeas y 17 caseríos.

### **1.4. Límites y colindancias**

San José del Golfo limita al norte con el municipio de Sanarate; al este con San Antonio La Paz (ambos municipios del departamento de El Progreso); al sur con Palencia y al oeste con Chuarrancho y San Pedro Ayampúc (municipios del departamento de Guatemala).

### **1.5. Vías de acceso**

La principal vía de comunicación con la ciudad capital la constituye la carretera Centroamericana (CA-9) norte, en el kilómetro 28 se encuentra el desnivel que conduce directamente a San José del Golfo y luego de 8 kilómetros se encuentra la cabecera municipal.

La segunda vía es por el municipio de San Pedro Ayampúc, pasando la aldea El Carrizal y 15 kilómetros de terracería se llega a la cabecera municipal.

### **1.6. Suelo y topografía**

La sección de la altiplanicie central constituye más del 90 por ciento del área del departamento de Guatemala. Se caracteriza por pendientes escarpadas con pequeñas áreas de suelos casi planos o valles ondulados. Casi todos los suelos son poco profundos y no se adaptan para la producción de los

cultivos limpios intensivos. Debido a que gran parte del área se ha usado para la producción de maíz y otros productos con métodos de cultivo rudimentarios, se ha desarrollado una erosión seria.

Los terrenos de San José del Golfo son generalmente quebrados, difícil de encontrar una planicie que sea extensa, posee algunos cerros como y también existen algunos valles. Los suelos del municipio de San José del Golfo son generalmente calizos, con excepciones de algunos que son arenosos.

### **1.7. Aspectos sociales**

Eventualmente se organizan comités con fines específicos. Se profesan las regiones católica y evangélica, siendo mayoritaria la primera. Ambas cuenta con varios templos en el municipio. Se practican con entusiasmo algunos deportes, principalmente el futbol y basquetbol, poseen varias canchas deportivas en diferentes aldeas.

### **1.8. Aspectos climáticos**

El clima se clasifica como cálido, ya que se encuentra ubicado en la zona oriente del departamento de Guatemala. En verano, principalmente en los meses de marzo y abril, la temperatura aumenta de 30°C a 35°C aproximadamente.

### **1.9. Población**

Según proyecciones del Instituto Nacional de Estadística (INE) para el año 2012, San José del Golfo tenía un total de 5 837 habitantes, siendo mujeres un total de 3 036 (52 %) y hombres un total de 2801 (48 %). La densidad

poblacional es de 68,11 habitantes por kilómetro cuadrado, siendo el municipio con la menor densidad de población del departamento de Guatemala.

### **1.10. Crecimiento poblacional**

El crecimiento poblacional del municipio refleja índices de natalidad bajos. La tasa de crecimiento del período de 1994 al 2002 fue de 2,52 la más baja de todo el departamento, sin embargo, la más alta de los últimos períodos intercensales entre los últimos censos.

### **1.11. Población por grupos de edad**

Se puede indicar que la población de San José del Golfo es joven, ya que el 33,36 % está comprendida entre las edades de 0-14 años y el 43,17 % de 15-39 años, mientras que la población mayor de 70 años es de únicamente el 3,13 %.

El poseer una población infantil y joven indica que existe una buena capacidad de reemplazo de la población que se encuentra en el segmento Población Económica Activa (PEA). Sin embargo, estos grupos etáreos demandan servicios de salud, educación, fuentes de empleo y facilidades recreativas.

Cabe mencionar en este punto, que debido a que el único dato oficial para estos temas lo proporciona solamente el INE, existen otros estudios locales realizados por organismos nacionales e internacionales que, aunque no sean oficiales, pueden utilizarse como referencia.

### **1.12. Concentración y densidad poblacional**

La densidad poblacional del municipio es de 68 habitantes por kilómetro cuadrado, en donde el 31,70 % de la población es rural, mientras que el 68,3 % vive en el área urbana, debido a la cercanía a la ciudad capital y a la concentración de servicios en esta área.

### **1.13. Población por grupo étnico**

La población no indígena es el 98,97 % y la indígena es de 1,03 %.

### **1.14. Condición de vida**

La pobreza es un círculo vicioso integrado por bajos ingresos, escaso capital humano y social, falta de educación, carencia de oportunidades de acceso al mercado, salud precaria, y exposición a riesgos, entre otros. Para superarla, los habitantes del municipio deben enfrentarla con la participación de todos los sectores sociales. En este sentido, la planificación del desarrollo es un paso fundamental para la ejecución de lo planificado en función de las necesidades de la población y la asignación de recursos.

### **1.15. Educación**

Este municipio cuenta con educación preprimaria y primaria en la cabecera y en la mayoría de aldeas; la educación básica y la educación media solo se imparten en la cabecera municipal.

En el 2010 se declaró a San José del Golfo como el primer municipio a nivel departamental y segundo a nivel nacional sin analfabetismo.

El aprendizaje sobre lectura y escritura de 190 adultos mayores hizo posible que se disminuyera el índice de analfabetismo en ese municipio, mismo que en 2005 era de 19 % pero ahora se manifiesta en 3,79 %; es por ello que se ha invertido en la educación en los últimos años proponiendo ideas y teniendo en cuenta estudios de prefactibilidad las ampliaciones de escuelas e institutos; impulsados por las mejores y la demanda de los estudiantes fue que el año 2013 se dio inicio a la ejecución de un centro universitario a donde podrán los estudiantes que concluyan el nivel diversificado, recibir clases de la Facultad de Humanidades de la Universidad de San Carlos de Guatemala, beneficiando no solo a todo el municipio, sino que también a las comunidades vecinas como el municipio de San Pedro Ayampúc, el municipio de Palencia e incluso al municipio de Guatemala.

#### **1.16. Vivienda**

Las viviendas con las que cuentan los habitantes en este municipio es un 55 % es de block, con terrazas de concreto y lamina de zinc, un 20 % de adobe y teja y un 25 % es de madera y lamina de zinc.

#### **1.17. Aspectos económicos y de infraestructura básicos**

Una de las actividades que se realizan a pesar que no cuenta con las condiciones para desarrollar una agricultura tecnificada, debido a la topografía de los terrenos, la estructura los suelos y la escasez de agua, es que aprovecha la época de invierno para realizar en mayor parte de los cultivos tradicionales como lo son: maíz, frijol y maicillo, los cuales se hacen dos siembras, la primera en mayo y la otra en agosto, se cosecha también en este municipio el loroco y algunas frutas tales como: la mandarina, mango, nance, naranja, jocote, papaya, etc.

Cuenta también este municipio con poca crianza de: bovinos, equinos y porcinos, en los últimos años se ha incrementado la avicultura y se han construidos algunas instalaciones formales.

Con respecto a la infraestructura de comunicación, la principal vía de acceso hacia la carretera Interamericana está totalmente pavimentada y señalizada.

El acceso que se tiene a las aldeas también se encuentra en totalidad pavimentadas, ahora, hacia los caseríos aún se encuentran con calles de terracería debido a la poca afluencia de tránsito.

#### **1.18. Servicios públicos**

Se cuenta con los servicios de: agua potable, energía eléctrica, drenajes, teléfono, correos, centro de salud en la cabecera municipal, puestos de salud en: aldea Pontezuelas y aldea Loma Tendida.

Cuenta con un estadio municipal que posee con canchas polideportivas donde se practican distintos deportes como fútbol, básquetbol y voleibol.

Dentro de la cabecera municipal hay una plaza comercial donde se encuentra el mercado y distintos locales comerciales.

Los cementerios están ubicados en varias aldeas y en la cabecera municipal, las aldeas en las que cuenta este servicio es la aldea de Loma Tendida, Pontezuelas y El Planeta.

Cuentan con salones comunales en cada una de las aldeas y en la cabecera municipal, donde se realizan varias actividades, mayormente en época de la feria titular.

Cuenta con los puentes: El Chato, Quebrada de Los Coches, Barranquilla y Agua Zarca.

Recientemente el municipio cuenta con el primer parque recreativo acuático en todo el sector llamado Splash, que tiene la capacidad de albergar hasta 1 000 personas diariamente y cuenta con 186 parqueos.

#### **1.19. Actividades económicas**

Las actividades económicas de este municipio son: agricultura, ganadería, avicultura la artesanía, debido a que en este municipio se encuentran algunas minas de barro para la fabricación de: teja, ollas, cómales, etc.

#### **1.20. Aspectos culturales y participación social**

San José del Golfo, celebra la feria titular el día 19 de marzo en honor a San José y se extiende por varios días ofreciendo solemnes actos religiosos, también realiza eventos deportivos y sociales con gran entusiasmo popular.



## **2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL I, DISEÑO DE DRENAJE SANITARIO**

### **2.1. Descripción del proyecto**

Este proyecto comprende el diseño del sistema de alcantarillado sanitario en la calle principal del municipio de San José del Golfo, el cual está conformado por una red de 2 392 metros y 36 pozos de visita. La tubería a utilizar será de concreto y un ramal de aproximadamente 364 metros de PVC, tendrá un diámetro mínimo de 8 pulgadas para la de concreto y un mínimo de 6” para la tubería de PVC para el colector municipal, la cual debe de cumplir con las Normas ASTM D 3034. Se le dará el respectivo procedimiento a las mismas por medio de una planta de tratamiento que se sitúa en la cota más baja del tramo. El servicio tendrá una cobertura de 1 625 habitantes actuales y de 2 466 habitantes a futuro.

### **2.2. Levantamiento topográfico**

El levantamiento topográfico se realizó para localizar la red dentro de las calles, pozos de visita y en general, para ubicar todos aquellos puntos de importancia. Se realizaron las mediciones necesarias para determinar las posiciones relativas de los puntos, ya sea arriba, sobre o debajo de la superficie de la tierra, o para establecer tales puntos.

### **2.3. Planimetría**

Consiste en los procedimientos utilizados para fijar las posiciones de puntos proyectados en un plano horizontal, sin importar las elevaciones, con las distancias y direcciones obtenidas en campo.

Para la planimetría se utilizó una estación total que facilitó el procedimiento para el que se utilizaba el teodolito, el equipo utilizado para completar la misma fueron los siguientes:

- Estación total Leica
- Estadal
- 2 prismas
- Cinta métrica de 100 metros de longitud
- Plomada
- Estacas, pintura en aerosol y clavos

### **2.4. Altimetría**

Tiene por objeto determinar la diferencia de altura entre puntos del terreno. La altura de los puntos se toma sobre un plano de comparación, siendo el más común el nivel del mar. El instrumento utilizado para el desarrollo del trabajo depende de la precisión que se desee. Con los datos de campo, se obtienen las cotas y/o perfil del terreno.

El levantamiento altimétrico del sistema de alcantarillado, se realizó aplicando el método taquimétrico utilizando el siguiente equipo:

- Estación total Leica

- Estadal
- Prisma
- Estacas, pintura y clavos

## **2.5. Partes de un alcantarillado**

Se denomina alcantarillado o red de alcantarillado al sistema e estructuras y tuberías usados para el transporte de aguas residuales o servidas (alcantarillado sanitario), o aguas de lluvia, (alcantarillado pluvial) desde el lugar en que se genera hasta el sitio en que se vierten a cause o se tratan.

### **2.5.1. Alcantarillas**

Son los conductos por donde corren las aguas negras, pluviales o ambas, que provienen de las calles, casas, industrias, comercios, etc.

Se tienen tres tipos de sistemas de alcantarillado, cuya elección dependerá de los estudios que se realicen y las condiciones que se presenten, tanto económicas, como físicas y funcionales; el alcantarillado sanitario, el pluvial y el combinado, aunque este último no es muy recomendable.

### **2.5.2. Conexión domiciliar**

Instalaciones que unen las aguas provenientes de las viviendas o edificios, con el sistema municipal o público de drenaje. Están formadas por una tubería secundaria y una caja de registro.

### 2.5.3. Cálculo de caudales

- Caudal

El caudal que puede transportar el drenaje está determinado por el diámetro, pendiente y velocidad del flujo dentro de la tubería. Por norma, el drenaje funciona como un canal abierto, es decir, que no funciona a presión.

- Tirante

La altura del tirante del flujo deberá ser mayor de 10 % del diámetro de la tubería y menor del 75 % de la misma. Estos parámetros aseguran el funcionamiento como canal abierto, así como la funcionalidad en el arrastre de los sedimentos.

- Velocidad de flujo

La velocidad del flujo se determina por la fórmula de Manning y las relaciones hidráulicas de  $v/V$ , donde  $v$  es la velocidad del flujo y  $V$  es la velocidad a sección llena,  $v$  por Norma ASTM F-3034, es la siguiente:

$$\begin{array}{cc} \text{Mínima} & \text{Máxima} \\ 0,6 \text{ m/s} \leq v \leq 3,00 \text{ m/s} & \end{array}$$

La velocidad mínima es para que no existan sedimentación y por consiguiente algún taponamiento, y la velocidad máxima es para evitar la erosión o desgaste del material. Estos parámetros se aplican para tubería de concreto, pero para tubería de PVC de pared doble, lisa interiormente y corrugada externamente, Norma ASTM F-949, se permiten velocidades

máximas de 5,0 metros por segundo, ya que tiene mayor resistencia a la erosión y desgaste. También es importante considerar que para tramos iniciales con poco caudal se toleran velocidades mínimas de 0,40 metros por segundo.

- Velocidad de arrastre

La velocidad de arrastre es la mínima velocidad del flujo, que evita que los sólidos se sedimenten y de esa manera destruyan el sistema.

Por lo tanto, la velocidad de arrastre es la que asegura un buen funcionamiento del sistema, cuando este se encuentra funcionando en su límite más bajo, es decir, cuando el valor de la relación  $d/D$  es igual a 0,10.

### **2.5.3.1. Caudal domiciliar**

Es el agua que ha sido utilizada para limpieza, producción de alimentos o limpieza de las mismas personas, es desechada y conducida a la red de alcantarillado. El agua de desecho domestico está relacionada con la dotación y suministro de agua potable. Una parte de esta no será llevada al alcantarillado, como la de los jardines y lavado de vehículos, el valor del caudal domiciliar está afectado por un factor de retorno que varía entre 0,70 a 0,95.

$$Q_{dom} = \frac{Dot * No. Hab * F. R}{86\ 400}$$

Donde:

Dot. = dotación (lts /hab./dia)

No. Hab. = número de habitantes

Q.dom. = caudal domiciliar (lts/s)

F.R. = factor de retorno

Para el diseño del alcantarillado sanitario del casco urbano, se utilizó una dotación de 70 litros/habitante/día asignada por la municipalidad, considerando diferentes factores como clima, costumbres, etc. El factor de retorno que se tomó como criterio para este proyecto fue de 0,85; considerando que el clima es cálido, el agua que se utiliza, en la mayoría se utiliza para aseo personal.

$$Q_{\text{domActual}} = \frac{\text{Dot} * \text{No. Hab} * \text{F. R}}{86\ 400} = \frac{70 * 1\ 625 * 0,85}{86\ 400} = 1,119$$

$$Q_{\text{domFuturo}} = \frac{\text{Dot} * \text{No. Hab} * \text{F. R}}{86\ 400} = \frac{70 * 2\ 466 * 0,85}{86\ 400} = 1,698$$

### 2.5.3.2. Caudal de conexiones ilícitas

Es el agua de lluvia que ingresa ilegalmente al sistema. Se calcula como un porcentaje del total de conexiones, como una función del área de techos y patios y de la permeabilidad, así como de la intensidad de lluvia. El caudal de conexiones ilícitas se calcula según la fórmula:

$$Q_{\text{conex. ilicitas}} = \frac{CiA}{360}$$

Donde:

$Q_{\text{conex. ilicitas}}$  = caudal por conexiones ilícitas (m<sup>3</sup>/s)

C = coeficiente de escorrentía

I = intensidad de lluvia (mm/hora)

A = área que es factible conectar ilícitamente (hectáreas)

Se tomó como base el método dado por el Instituto de Fomento Municipal (INFOM), el cual especifica tomar como mínimo 10 % del caudal domiciliar. Para el presente proyecto se tomó el mínimo.

$$Q_{\text{conex. ilícitas}} = 10 \% * Q_{\text{dom}}$$

### **2.5.3.3. Caudal de infiltración**

Es el caudal que se infiltra en la alcantarilla, el cual depende de la profundidad del nivel freático del agua, de la profundidad y tipo de tubería y de la permeabilidad del terreno, el tipo de juntas y la calidad de mano de obra utilizada y de la supervisión técnica.

Puede calcularse de dos formas: en litros por hectárea o en litros diarios por kilómetro de tubería. Se incluye la longitud de la tubería de las conexiones domiciliarias aceptando un valor de 6,00 m por cada casa, la dotación de infiltración varía entre 12 000 y 18 000 litros/km/día.

$$Q_{\text{infiltración}} = \frac{\text{Dot} * (\text{m. tubo} + \text{No. casas} * 6\text{metros})}{86\ 400} \frac{1}{100}$$

Donde:

Q infiltración = caudal de infiltración

Dotación = dotación (l/kilometro/día)

No. casas = número de casas

#### **2.5.3.4. Caudal comercial**

Como el nombre lo indica, está conformado por el agua residual proveniente de comercios, tales como restaurantes, hoteles, etc. La dotación varía según el tipo de establecimiento y puede estimarse entre 600 a 3 000 Lt/comercio/día.

$$Q_{\text{com}} = \frac{\text{No. de Comercios} \times \text{Dotación}}{86\,400}$$

Donde:

$Q_{\text{com}}$  = caudal comercial (Lt/s)

No. de comercios = número de comercios (para cada tipo de comercio)

Dotación= dotación comercial (Lt/comercio/día)

#### **2.5.3.5. Caudal industrial**

Este tipo de caudal proveniente de las industrias y depende del tipo y tamaño de estas. Dependiendo el tipo de industria, la dotación varía de 16 000 a 18 000 Lt/industria/día.

$$Q_{\text{com}} = \frac{\text{No. de Comercios} \times \text{Dotación}}{86\,400}$$

Donde:

$Q_{\text{com}}$  = caudal comercial (Lt/s)

No. de comercios = número de comercios (para cada tipo de comercio)

Dotación= dotación comercial (Lt/comercio/día)

### 2.5.3.6. Caudal medio

Es la suma de todos los caudales provenientes de las industrias, comercios, viviendas, conexiones ilícitas e infiltración, descartando todo aquel caudal que, dada la situación o propiedades de la red, no contribuya al sistema; el valor se obtiene de la siguiente ecuación.

$$Q_{dom} = \Sigma Q_{ind} + Q_{com} + Q_{cilicitas} + Q_{inf}$$

$$Q_{med} = \Sigma Q_{dom}$$

- Factor de caudal medio

Es el factor que regula la aportación del caudal en la tubería. Se considera como la suma de los caudales doméstico, de infiltración, por conexiones ilícitas, comercial e industrial. Este factor según el INFOM debe estar entre los rangos de 0,002 a 0,005. Si da un valor menor se tomará 0,002 y si fuera mayor se tomará 0,005.

Se determina mediante la siguiente ecuación:

$$F. Q. M = \frac{Q_{med}}{\text{No. de habitantes}}$$

Donde:

Q med. = caudal medio

F.Q.M. = factor de caudal medio

- Factor de Harmond

Conocido también como factor de flujo instantáneo, y se encarga de regular las aportaciones por uso doméstico, determinando la probabilidad de la cantidad de usuarios que estará haciendo uso del servicio, o la probabilidad de que múltiples artefactos sanitarios de las viviendas, se estén usando simultáneamente. Está en función del número de habitantes localizados en el tramo de aporte y el cálculo se determina mediante la fórmula de Harmond:

$$F.H = \frac{18 + \frac{p}{1000}}{4 + \frac{p}{1000}}$$

Donde:

FH = factor de Harmond

p = población en miles de habitantes

El factor de Harmond es adimensional y se encuentra entre los valores de 1,5 a 4,5 según sea el tamaño de la población a servir del tramo.

### **2.5.3.7. Caudal de diseño**

Para realizar la estimación de la cantidad de aguas residuales que transportará el alcantarillado en los diferentes puntos donde aquella fluya, primero se tendrán que integrar los valores que se describen en la fórmula siguiente:

$$Q \text{ diseño} = \text{No.hab.} * F.H. * FQM$$

Donde:

Q diseño = caudal de diseño

No. hab.= número de habitantes futuros acumulados

F.H. = factor de Harmond

FQM. = factor de caudal medio

- Pendientes máximas y mínimas

Para reducir costos por excavación, la pendiente de la tubería deberá adaptarse a la pendiente del terreno. Sin embargo, en todos los casos se tienen que cumplir con las siguientes especificaciones hidráulicas:

$$q < Q$$

Donde:

q = caudal de diseño

Q = caudal a sección llena

$$d / D < 0,75$$

Donde:

d = tirante

D = diámetro interno de la tubería

- Ecuación de Manning para flujo en canales

Los valores de velocidad y caudal que ocurren en un canal se han estimado por medio de fórmulas desarrolladas experimentalmente, en las cuales se involucran los factores que más afectan al flujo de las aguas en el canal.

La ecuación que más se utiliza es la de Manning:

$$v = \frac{{}^3 \overline{R}^2 * \overline{S}}{n}$$

Donde:

v = velocidad

R = radio hidráulico

S = pendiente

n = coeficiente de rugosidad, depende del material que se utiliza

Debido a que normalmente los diámetros nominales de la tubería utilizada son dados en pulgadas, la fórmula anterior ha sido adaptada para poder ser usada de la siguiente forma:

$$V = \frac{0,03429 * \theta^{\frac{2}{3}} * S^{1/2}}{n}$$

Donde:

V = velocidad (m/s)

$\theta$  = diámetro en pulgadas

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

n = coeficiente de rugosidad, el cual depende del material que se utiliza, para este proyecto, por utilizar tubería de concreto, se utilizó un coeficiente de rugosidad igual a 0,015.

- Ecuación a sección llena

Para el diseño del alcantarillado sanitario se debe contar con la información correspondiente a los valores de la velocidad y caudal de la sección llena de la tubería que se está utilizando.

Para el cálculo de la velocidad se emplea la fórmula siguiente:

$$v = \frac{\sqrt[3]{R^2 * S}}{n}$$

Donde:

v = velocidad

R = radio hidráulico

S = pendiente

n = coeficiente de rugosidad, el cual depende del material que se utiliza

El caudal que transportará:

$$Q = A * V$$

Donde:

Q = caudal a sección llena (l/s)

A = área de la tubería (m<sup>2</sup>)

V = velocidad a sección llena (m/s)

- Relaciones hidráulicas

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

Se deben considerar las siguientes especificaciones hidráulicas:

$$q \text{ diseño} < Q \text{ lleno}$$

La velocidad debe estar comprendida entre:

$$0,60 \leq v \leq 3,00 \text{ (m/seg.)}$$

El tirante debe estar entre:

$$0,10 \leq d/D \leq 0,75$$

Tabla I. Relaciones hidráulicas sección circular

d/D	a/A	v/V	q/Q		d/D	a/A	v/V	q/Q
0,0100	0,0017	0,088	0,00015		0,1025	0,05396	0,408	0,02202
0,0125	0,0031	0,103	0,00024		0,1050	0,05584	0,414	0,02312
0,0150	0,0031	0,116	0,00036		0,1050	0,05783	0,420	0,02429
0,0175	0,0039	0,129	0,00050		0,0110	0,05986	0,426	0,02550
0,0200	0,0048	0,141	0,00067		0,1125	0,06186	0,432	0,02672
0,0225	0,0057	0,152	0,00087		0,1150	0,06388	0,439	0,02804
0,0250	0,0067	0,163	0,00108		0,1175	0,06591	0,444	0,02926
0,0325	0,0099	0,194	0,00191		0,1250	0,07214	0,463	0,03340
0,0350	0,0110	0,203	0,00223		0,1275	0,07426	0,468	0,03475
0,0375	0,0122	0,212	0,00258		0,1300	0,07640	0,473	0,03614
0,0400	0,0134	0,221	0,00223		0,1325	0,07855	0,479	0,03763
0,0425	0,0147	0,230	0,00338		0,1350	0,08071	0,484	0,03906
0,0450	0,0160	0,239	0,00382		0,1375	0,08289	0,490	0,04062
0,0475	0,0173	0,248	0,00430		0,1400	0,08509	0,495	0,04212
0,0500	0,0187	0,256	0,00479		0,1425	0,08732	0,501	0,04375
0,0525	0,0201	0,264	0,00531		0,1450	0,08954	0,507	0,0457
0,0550	0,0215	0,273	0,00588		0,1475	0,09129	0,511	0,04665
0,0575	0,0230	0,271	0,00646		0,1500	0,09406	0,517	0,04963
0,0600	0,0245	0,289	0,00708		0,1525	0,09638	0,522	0,05031
0,0625	0,0260	0,297	0,00773		0,1550	0,09864	0,528	0,05208
0,0650	0,0276	0,305	0,00841		0,1575	0,10095	0,533	0,05381
0,0675	0,0292	0,312	0,00910		0,1600	0,10328	0,538	0,05556
0,0700	0,0301	0,320	0,00985		0,1650	0,10796	0,548	0,05916
0,0725	0,0323	0,327	0,01057		0,1700	0,11356	0,560	0,06359
0,0750	0,0341	0,334	0,01138		0,1750	0,11754	0,568	0,06677
0,0775	0,0358	0,341	0,01219		0,1800	0,12241	0,577	0,07063
0,0800	0,0375	0,348	0,01304		0,1850	0,12733	0,587	0,07474
0,0825	0,0392	0,355	0,01392		0,1900	0,13229	0,696	0,07885
0,0850	0,0410	0,361	0,01479		0,1950	0,13725	0,605	0,08304
0,0875	0,0428	0,368	0,01574		0,2000	0,14238	0,615	0,08756
0,0900	0,0446	0,375	0,01672		0,2050	0,14750	0,624	0,09104
0,0925	0,0464	0,381	0,01792		0,2100	0,15266	0,6330	0,09663
0,2200	0,1631	0,651	0,10619		0,5900	0,6140	1,07	0,61157
0,2250	0,1684	0,659	0,11098		0,6000	0,62650	1,07	0,64157
0,2350	0,1791	0,676	0,12109		0,6200	0,65130	1,08	0,70537
0,2400	0,1846	0,684	0,12623		0,6300	0,66360	1,090	0,72269
0,2450	0,1900	0,692	0,13148		0,6400	0,67590	1,090	0,73947
0,2500	0,1955	0,702	0,13726		0,6500	0,68770	1,100	0,75510
0,3000	0,2523	0,776	0,19580		0,7000	0,74770	1,120	0,85376
0,3100	0,2640	0,790	0,20858		0,7100	0,75960	1,120	0,86791
0,3200	0,2459	0,804	0,22180		0,7200	0,77080	1,130	0,88384
0,3300	0,2879	0,817	0,23516		0,7300	0,78220	1,130	0,89734

Continuación de la tabla I.

d/D	a/A	v/V	q/Q		d/D	a/A	v/V	q/Q
0,3400	0,2998	0,830	0,24820		0,7400	0,7934	1,130	0,9123
0,3500	0,3123	0,843	0,26327		0,7500	0,8045	1,130	0,92634
0,3600	0,3241	0,856	0,27744		0,7600	0,8154	1,140	0,93942
0,3700	0,3364	0,868	0,29197		0,7700	0,5262	1,140	0,95321
0,3800	0,3483	0,879	0,30649		0,7800	0,8369	1,390	0,97015
0,3900	0,3611	0,891	0,31172		0,7900	0,8510	1,140	0,98906
0,4000	0,3435	0,902	0,33693		0,8000	0,8676	1,140	1,00045
0,4100	0,3860	0,913	0,35246		0,8100	0,8778	1,140	1,00045
0,4200	0,3986	0,921	0,36709		0,8200	0,8776	1,140	1,00965
0,4400	0,4238	0,945	0,39963		0,8400	0,8967	1,140	1,03100
0,4500	0,4365	0,955	0,41681		0,8500	0,9059	1,140	1,04740
0,4600	0,4491	0,964	0,43296		0,8600	0,9149	1,140	1,04740
0,4800	0,4745	0,983	0,46647		0,8800	0,9320	1,130	1,06030
0,4900	0,4874	0,991	0,48303		0,8900	0,9401	1,130	1,06550
0,5000	0,5000	1,000	0,50000		0,9000	0,9480	1,120	1,07010

Fuente: Reglamentos generales para el diseño de alcantarillas y drenajes según INFOM.

#### **2.5.4. Diámetro de la tubería**

El diámetro mínimo de tubería a utilizar en el diseño de alcantarillados sanitarios es de 6" para tubería PVC y de 8" para tubería de concreto. Se utilizan estos diámetros debido a requerimientos de limpieza, flujo y para evitar obstrucciones.

#### **2.5.5. Pozos de visita**

Los pozos de visita son parte de un alcantarillado y son empleadas como medio de inspección y limpieza.

La altura está determinada por la profundidad de la tubería; pueden ser construidos de concreto o mampostería; siendo en este medio generalmente construidos de ladrillo de barro cocido. El interior debe ser impermeabilizado.

### **2.5.6. Localización de los pozos de visita**

Se colocarán pozos de visita en los siguientes puntos:

- En el inicio de cualquier ramal
- En intersecciones de tuberías
- Donde exista cambio de diámetro de tubería
- En cambios de dirección horizontal
- En cambios de pendiente

La separación entre pozos de visita deben ser distancias no mayores de 100 metros en línea recta.

### **2.5.7. Cotas Invert**

Es la distancia entre el nivel de la rasante del terreno y el nivel inferior de la tubería.

Según el INFOM, la diferencia entre las cotas Invert de entrada y salida, debe ser como mínimo la carga de velocidad en el tubo de salida:

$$h_v = \frac{v^2}{2g}$$

Excepto cuando la tubería de entrada y la tubería de salida son del mismo diámetro y están en línea recta, en cuyo caso las tuberías se instalan según la pendiente:

$$CIS = CT - H_{\min} \text{ para tramos iniciales}$$

$$CIE = CIS - \frac{S_{\text{tubería}} * DH}{100}$$

Donde:

CIS = cota Invert de salida

CIE = cota Invert de entrada

CT = cota de terreno

$H_{\min}$  = altura mínima de la profundidad de la tubería

$S_{\text{tubería}}$  = pendiente de la tubería

DH = distancia horizontal entre pozos de visita

También deben tomarse en cuenta los siguientes parámetros para el cálculo de las cotas Invert de salida:

- Cuando llega una tubería y sale otra de igual diámetro, la cota Invert de salida debe estar como mínimo 3 centímetros por debajo de la cota Invert de entrada.
- Cuando a un pozo de visita entra una tubería y sale otra de distinto diámetro, la cota Invert debe ser como mínimo la diferencia de los dos diámetros por debajo de la cota Invert de entrada.

- Cuando a un pozo de visita entra más de una tubería y sale una tubería, todas de igual diámetro, la cota Invert debe ser como mínimo 3 centímetros por debajo de la cota Invert de entrada más profunda.
- Cuando a un pozo de visita llegan 2 o más tuberías y sale una, y son de distinto diámetro, la cota Invert de salida debe ser:
  - 3 centímetros por debajo de las tuberías del mismo diámetro
  - La diferencia de diámetros de las tuberías de diferente diámetro
- Cuando a un pozo de visita llega más de una tubería y sale más de una tubería, la cota Invert de salida será:
  - La cota Invert de las tuberías de ramales iniciales debe ser como mínimo la que considere la altura mínima.
  - La cota Invert de salida del ramal de seguimiento se calculará de acuerdo a los incisos anteriores.

#### **2.5.8. Conexiones domiciliarias**

- Tienen la finalidad de transportar las aguas residuales provenientes de las viviendas, hacia la red general del sistema. Una conexión domiciliar consta de dos elementos:
  - Candela: generalmente son construidas con tubos de concreto colocados verticalmente, con un diámetro no menor de 12", debidamente impermeabilizados por dentro, deben contar con una tapadera para permitir realizar inspecciones periódicas.

- Tubería secundaria: la conexión de la candela con la tubería central se hace por medio de la tubería de acometida conocida también como tubería secundaria, la cual debe tener un diámetro mínimo de 4" para PVC y 6" para tuberías de concreto. La conexión con la alcantarilla central se hace a un ángulo de 45°.

### **2.5.9. Profundidad de tubería**

La profundidad a la que se coloque la red de tubería debe ser la suficiente para evitar que el paso de vehículos la afecte. La profundidad mínima, desde la superficie del terreno hasta la parte superior de la tubería, según las Normas del INFOM, debe ser de un metro. Aunque dependerá también de si el tráfico es liviano o pesado y del diámetro de la tubería a utilizar.

- Especificaciones técnicas

Para el diseño del sistema de alcantarillado sanitario se tomaron como base las Normas ASTM F-949 y las normas que establece La Dirección General de Obras Públicas, Normas utilizadas por el INFOM.

### **2.5.10. Planta de tratamiento**

La planta de tratamiento que se usa actualmente es aeróbica, implica tres etapas, llamadas tratamiento primario, secundario y terciario. Primero, los sólidos se separan de la corriente de las aguas residuales. La materia biológica entonces disuelta es convertida progresivamente en una masa sólida usando bacterias indígenas, flotantes. Finalmente, los sólidos biológicos se neutralizan y el agua tratada se puede desinfectar químicamente o físicamente (por ejemplo por las lagunas y la microfiltración). El efluente final se descarga actualmente en

una quebrada de agua donde al transcurso del tramo se va sedimentando debido a que la misma no es suficiente para llegar al río.

La planta está ubicada aproximadamente a cien metros de las casas más cercanas, por lo tanto no resultan afectadas por malos olores o por ruidos de la bomba.

#### Diseño de la red de alcantarillado sanitario

Tipo de sistema:	alcantarillado sanitario
Período de diseño:	30 años
Población actual:	1 625 habitantes
Tasa de crecimiento:	1,40 % anual
Población de diseño:	2 466 habitantes
Forma de evacuación:	gravedad
Tipo y diámetro de tubería:	tubería de concreto de 8", 10", 12" y 14" tubería PVC de 6"
Conexión domiciliar:	tubería PVC 4"
Pendiente mínima	0,33 %
Pozos de visita:	36
Construcción en intersecciones de calle	
Altura:	variable
Dotación:	70 litros/habitante/día
Factor de retorno:	0,85
Velocidad mínima:	0,60 m/s
Velocidad máxima:	3,00 m/s

### 2.5.11. Ejemplo de cálculo de un tramo

Se diseñará el tramo comprendido entre el pozo de visita PV 13 y PV 14 los datos son los siguientes:

- Cotas del terreno
  - Cota inicial: 87,56 m
  - Cota final: 85,43 m
  
- Distancia entre pozos

$$\text{PV-13 y PV-14} = 86,9 \text{ m.}$$

- Pendiente del terreno

$$P = ((\text{cota inicial} - \text{cota final}) / \text{distancia}) * 100$$

Sustituyendo datos:

$$P = \frac{87,56 - 85,43}{86,9} * 100$$

$$P = 2,45 \%$$

- Cálculo de población

$$P_f = 85 * \left( 1 + \frac{1,40}{100} \right)^{30} = 129 \text{ habitantes}$$

- Factor de Harmond: (FH)

$$FH = \frac{18 + \frac{85}{1000}}{4 + \frac{85}{1000}} = 4,26$$

- Cálculo de caudales
- Caudal domiciliar (Q dom)

$$Q_{dom} = \frac{\frac{70 \text{ lts}}{\text{hab}} * 85 \text{ hab} * 0,85}{86,400}$$

$$Q_{dom} = 0,059 \text{ lts/s}$$

- Caudal comercial

En este tramo contiene 2 comercios, por lo tanto

$$Q_{com} = \frac{2 * 10 * 6 + 10 * 4 + 10 * 4}{86,400}$$

$$Q_{com} = 0,00162037 \text{ lts/s}$$

- Caudal de infiltración

$$Q_{infiltración} = \frac{70 * (86,9 + 17 * 6 \text{ metros}) \frac{1}{100}}{86,400}$$

$$Q_{infiltración} = 0,016$$

- Caudal de conexiones ilícitas

$$Q_{ilic} = 0,1 * Q_{dom}$$

$$Q_{ilic} = 0,1 * 0,059$$

$$Q_{ilic} = 0,0059 \text{ lts/s}$$

- Caudal sanitario: (Qsan)

El caudal de diseño será la suma de los caudales calculados:

$$Q_{sanitario} = 0,0059 + 0,059 + 0,00162037 + 0,016$$

$$Q_{sanitario} = 0,08252 \text{ lts/s}$$

- Factor de caudal medio

$$F_{qmedio} = \frac{q_{sanitario}}{población} = \frac{0,059}{85} = 0,00097082$$

Como el factor de caudal medio es menor que 0,002 entonces se utilizará 0,002.

- Caudal de diseño

$$Q_{diseño} = F_{qmedio} * FH * población = 0,002 * 4,26 * 85 = 0,7242 \text{ l/s}$$

- Velocidad: (V)

Para calcular la velocidad del agua en el tubo a sección llena, se usan los siguientes datos:

- Por ser tubería de concreto

Diámetro mínimo 8 pulgadas

Coefficiente de rugosidad  $n=0,015$

- Pendiente

Se inició a colocar la pendiente de la tubería igual a la pendiente del terreno para ahorrar costos de excavación. En este tramo como es del 13 al 14, se disminuye un poco a la pendiente de la tubería con respecto a la pendiente del terreno.

% Tubería = 1,75

$$v = \frac{0,034529 * D^{\frac{2}{3}} * S^{1/2}}{n} = \frac{0,03429 * 10^{\frac{2}{3}} * 0,0175^{1/2}}{0.015} = 1,404 \text{ m/s}$$

$$Q = V * A = 1,404 * \pi * \frac{10^2}{4} * 0,64516 = 71,14 \text{ lts/s}$$

Usando tablas de relaciones se obtienen las velocidades y tirantes reales

$$D_{\text{diseño}} / Q_{\text{sección llena}} = 5,083 / 71,14 = 0,071470$$

$$V_{\text{diseño}}/V_{\text{diseño}} = 0,577464$$

$$V_{\text{diseño}} = 0,577464 * 1,404 = 0,81$$

$$d_{\text{diseño}}/D_{\text{sección llana}} = 0,18$$

Usando tablas de relaciones se obtiene:

$d/D = 0,18$ , entonces se puede calcular el dato real del tirante de diseño (con el caudal de diseño).

$$d = \text{Factor} \frac{d}{D} \text{ tabla} * D \text{ tubo}$$

$$d = 0,18 * 10''$$

$$d = 0,18$$

De acuerdo con estos resultados, se comprueba que se cumplen los rangos de velocidades máximas y mínimas, se observa que si cumplen,

Caudales $Q_{\text{diseño}} < Q_{\text{sección llana}}$	$5,083 \text{ l/s} < 35,83 \text{ l/s}$ cumple
Velocidad $0,60 \leq v_{\text{diseño}} \leq 3,00$ en m/s	$0,60 \leq 0,81 \leq 3,00$ cumple
Diámetros $0,10 \leq d/D \leq 0,75$	$0,10 \leq 0,18 \leq 0,75$ cumple

- Cálculo de cotas Invert

- Cota Invert salida PV-13

$$CIS_{PV-13} = CIE_{PV-13} - 0,03$$

$$CIS_{PV-13} = 79,52 - 0,03 = 79,49 \text{ m}$$

- Cota Invert entrada PV-14

$$CIE_{PV-14} = CIS_{PV-13} - (D.H. \text{entre pozos} \cdot \%S_{\text{tubo}})$$

$$CIE_{PV-14} = 79,49 - [85,30 \cdot (1,75/100)] = 78,00 \text{ m}$$

- Profundidad de pozo de visita PV-3

$$H_{PV-3} = CT_{PV-3} - CIS_{PV-3}$$

$$H_{PV-3} = 87,56 - 79,49 = 8,07 \text{ m}$$

- Profundidad de pozo de visita PV-4

$$H_{PV-4} = CT_{PV-4} - CIS_{PV-4}$$

$$H_{PV-4} = 85,43 - 78,00 = 7,43 \text{ m}$$

- Volumen de excavación

El volumen de excavación es igual al producto del ancho de zanja, por el promedio de altura de pozos por la distancia horizontal.

$$\text{volumen de excavación} = \frac{h \text{ pozo inicial} + h \text{ pozo final}}{2 * \text{Dist. horizontal entre pozos}}$$

$$\text{volumen de excavación} = \frac{8,07 + 7,43}{2 * (0,7 * 86,9)} = 471,43 \text{ m}^3$$

El ancho de zanja se toma dependiendo de las alturas de los pozos.

Tabla II. Tabla resumen del cálculo hidráulico del alcantarillado

De	A	Cota del terreno		DH	Pendiente Terreno	Numero Casas		Numero Casas Acum	Numero Comercios	Numero Habitantes		Q domiciliar		Q comercial	Q infiltracion	Q conexiones ilicitas	Q sanitario	fqm	Factor de Flujo	
		PV	PV			Inicial	Final			Actual	Futuro	Actual	Futuro						Actual	Futuro
<b>Linea central</b>																				
1	2	110	105.05	34	14.58%	9	9	0	0	45	69	0.031	0.048	0	0.006	0.0031	0.040	0.002	4.320	4.280
2	3	105.1	98.74	71.74	8.80%	4	13	0	0	20	31	0.014	0.021	0	0.013	0.0014	0.028	0.002	4.380	4.350
3	4	98.74	99.16	43.3	-0.97%	2	15	0	0	10	16	0.007	0.011	0	0.008	0.0007	0.016	0.002	4.410	4.390
4	5	99.16	99.77	82	-0.74%	5	20	0	0	25	38	0.017	0.026	0	0.015	0.0017	0.034	0.002	4.370	4.340
5	6	99.77	96.7	52	5.90%	5	25	0	0	25	38	0.017	0.026	0	0.010	0.0100	0.029	0.002	4.370	4.340
6	7	96.7	86.2	98	10.71%	13	38	0	0	65	99	0.045	0.068	0	0.018	0.0045	0.067	0.002	4.290	4.240
7	8	86.2	84.95	24.24	5.16%	4	42	0	0	20	31	0.014	0.021	0	0.004	0.0014	0.020	0.002	4.380	4.350
8	9	84.95	83.1	70	2.64%	7	49	0	0	35	54	0.024	0.037	0	0.013	0.0024	0.004	0.002	4.340	4.310
9	10	83.1	82.5	64	0.94%	6	55	0.00115741	0	46	66	0.021	0.032	0.0012	0.012	0.0021	0.036	0.005	4.350	4.320
10	11	82.5	84.81	49	-4.71%	7	62	0.03472222	0	54	82	0.024	0.037	0.0347	0.009	0.0024	0.070	0.005	4.340	4.310
11	12	84.81	86.2	16.89	-8.23%	13	75	0	0	65	99	0.045	0.068	0	0.003	0.0045	0.052	0.002	4.290	4.240
12	13	86.2	87.56	40.21	-3.38%	6	81	0	0	30	46	0.021	0.032	0	0.007	0.0021	0.030	0.002	4.350	4.320
13	14	87.56	85.43	86.9	2.45%	17	98	0.00162037	0	85	129	0.059	0.089	0.0016	0.016	0.0059	0.082	0.002	4.260	4.210
14	15	85.43	78.44	100	6.99%	20	118	0	0	100	152	0.069	0.105	0	0.019	0.0069	0.094	0.002	4.240	4.190
15	16	78.44	76.97	35.84	4.10%	17	135	0.00097222	0	85	129	0.059	0.089	0.0010	0.007	0.0059	0.072	0.001	4.260	4.210
16	17	76.97	74.56	94	2.56%	19	154	0	0	95	145	0.065	0.100	0	0.017	0.0065	0.089	0.002	4.250	4.200
17	18	74	72.59	102	1.39%	24	178	0	0	120	183	0.083	0.126	0	0.019	0.008	0.110	0.002	4.220	4.160
18	19	72.59	72.6	15.23	-13.13%	16	194	0	0	112	170	0.077	0.117	0	0.003	0.0077	0.088	0.001	4.230	4.170
1.1	1.2	72	72.5	33.9	-1.47%	3	3	0	0	15	23	0.010	0.016	0	0.006	0.0010	0.018	0.002	4.400	4.370
1.2	1.3	72.5	73	45.2	-1.11%	2	5	0	0	10	16	0.007	0.011	0	0.008	0.0007	0.016	0.002	4.410	4.390
1.3	1.4	73	73.4	30.4	-1.32%	2	7	0	0	10	16	0.007	0.011	0	0.006	0.0060	0.013	0.002	4.410	4.390
1.4	1.5	73.4	73	28.6	1.40%	3	10	0	0	15	23	0.010	0.016	0	0.005	0.0010	0.017	0.002	4.400	4.370
1.5	1.6	73	2.6	16.8	2.38%	3	13	0	0	15	23	0.010	0.016	0	0.003	0.0010	0.014	0.002	4.400	4.370
19	20	72.6	72	38.7	1.55%	19	32	0	0	95	145	0.065	0.100	0	0.007	0.0065	0.079	0.002	4.250	4.200
20	21	72	71.5	40	1.25%	10	236	0	0	50	76	0.034	0.052	0	0.007	0.0034	0.045	0.002	4.310	4.270
21	22	71.5	69.103	85.75	2.80%	9	245	0	0	45	69	0.031	0.048	0	0.016	0.0031	0.050	0.002	4.320	4.280
22	23	69.1	66.47	75.6	3.48%	8	253	0	0	40	61	0.028	0.042	0	0.014	0.0028	0.044	0.002	4.330	4.300
23	24	66.47	63.47	87	3.45%	8	261	0.00162037	0	40	61	0.028	0.042	0.0016	0.016	0.0028	0.048	0.002	4.330	4.300
24	25	63.47	62.22	71	2.35%	5	266	0	0	25	38	0.017	0.026	0	0.013	0.0017	0.032	0.002	4.370	4.340
25	26	62.22	57.97	83	5.12%	9	275	0	0	45	69	0.031	0.048	0	0.015	0.0031	0.049	0.002	4.320	4.280
26	27	57.97	54.17	91	4.18%	8	283	0	0	40	61	0.028	0.042	0	0.017	0.0028	0.047	0.002	4.330	4.300
27	28	54.17	52.12	91	2.25%	8	291	0	0	40	61	0.028	0.042	0	0.017	0.0028	0.047	0.002	4.330	4.300
28	29	52.12	49.77	45	5.22%	5	296	0	0	25	38	0.017	0.026	0	0.008	0.0017	0.027	0.002	4.370	4.340
29	30	49.77	46.2	103	3.47%	10	306	0	0	50	76	0.034	0.052	0	0.019	0.0034	0.057	0.002	4.310	4.270
30	31	46.2	43.28	75	3.89%	6	312	0	0	30	46	0.021	0.032	0	0.014	0.0021	0.037	0.002	4.350	4.320
<b>Linea central</b>																				
<b>Ramal</b>																				
<b>Linea central</b>																				

Continuación de la tabla II.

Q Máximo (diseño)		Diametro	s de tubería	Material Tubería	V Secc. Llena	Área	Q Secc. Llena	q/Q		v/v		v		d/D		Cotas invert		Profundidad Pozo		Ancho Zanja	Excavación (m³)
Actual	Futuro							Actual	Futuro	Actual	Futuro	Actual	Futuro	Actual	Futuro	Inicial	Final	Inicial	Final		
0.3888	0.5956	8	15.30	CONCRE	3.5770	0.0324	11.6000	0.0393550	0.050974	0.461593	0.523112	1.6500	1.8700	0.125	0.153	103.85	108.61	1.4	1.4	0.7	33.28
0.1752	0.6697	8	9.00	CONCRE	2.7430	0.0324	8.9000	0.063440	0.096796	0.578745	0.633094	1.5300	1.7400	0.170	0.210	97.31	103.62	1.43	1.43	0.7	71.7
0.0882	0.1405	8	0.30	CONCRE	0.5010	0.0324	1.6200	0.4018327	0.616713	0.944467	0.651265	0.4700	0.5300	0.440	0.568	97.18	97.28	1.46	2	0.7	52.5
0.2185	0.3298	8	0.30	CONCRE	0.5010	0.0324	1.6200	0.5362627	0.819671	1.017271	1.115461	0.5100	0.5600	0.588	0.688	96.88	97.13	2.03	2.89	0.7	141.2
0.2185	0.3298	8	3.10	CONCRE	1.6100	0.0324	5.2200	0.208645	0.318125	0.790156	0.887474	1.2700	1.4300	0.310	0.387	95.29	96.85	2.92	1.41	0.7	78.7
0.5577	0.9395	8	10.85	CONCRE	3.0120	0.0324	9.7700	0.168626	0.256091	0.742568	0.836648	2.2400	2.5200	0.277	0.345	84.8	84.8	1.44	1.4	0.7	97.2
0.1752	0.6697	8	5.40	CONCRE	2.1250	0.0324	6.8900	0.264453	0.402185	0.844231	0.945469	1.7900	2.0100	0.351	0.441	83.55	84.77	1.43	1.4	0.7	23.9
0.3038	0.4655	8	2.85	CONCRE	1.4890	0.0324	4.8300	0.440492	0.670468	0.967795	1.071821	1.4400	1.6000	0.464	0.599	81.71	83.52	1.43	1.39	0.7	69.1
0.6525	0.9936	8	1.90	CONCRE	1.2600	0.0324	4.0900	0.680026	0.889093	1.074803	1.129859	1.3500	1.4200	0.604	0.734	80.49	81.68	1.42	2.01	0.7	76.8
0.7895	1.1637	10	0.70	CONCRE	0.8880	0.0507	4.5000	0.786894	0.911310	1.107424	1.132269	0.9800	1.0100	0.668	0.749	80.21	80.54	1.96	4.6	0.7	112.4
0.5577	0.9395	10	1.10	CONCRE	1.1130	0.0507	5.6400	0.726633	0.876020	1.090350	1.127503	1.2100	1.2500	0.632	0.725	80.01	80.18	4.63	6.19	0.7	63.9
0.2610	0.3974	10	1.20	CONCRE	1.1620	0.0507	5.8900	0.740061	0.906236	1.094430	1.132839	1.2700	1.3200	0.640	0.746	79.52	79.98	6.22	8.04	0.7	200.6
0.7442	1.0862	10	1.75	CONCRE	1.4040	0.0507	7.1100	0.714703	0.903209	1.086647	1.131983	1.5300	1.5900	0.625	0.743	78	79.49	8.07	7.43	0.7	471.5
0.8480	1.1738	10	0.95	CONCRE	1.0340	0.0507	5.2400	0.161957	0.243018	0.735019	0.823763	0.7600	0.8500	0.272	0.335	77.03	77.97	7.46	1.41	0.7	310.5
0.3621	0.4431	10	4.20	CONCRE	2.1750	0.0507	11.0200	0.571245	0.797212	1.031686	1.109945	2.2500	2.4100	0.541	0.674	75.56	77	1.44	1.41	0.7	35.69
0.8075	1.1180	10	4.20	CONCRE	2.1750	0.0507	11.0200	0.644523	0.907642	1.063501	1.132862	3.3100	2.4600	0.584	0.747	71.65	75.53	1.44	2.91	0.7	142.9
1.0128	1.5226	12	2.10	CONCRE	1.7360	0.0730	12.6700	0.640496	0.909596	1.060570	1.133062	1.8400	1.9700	0.581	0.748	69.59	71.7	2.3	2.99	0.7	188.5
0.4738	0.7089	12	0.95	CONCRE	1.9460	0.0730	14.2000	0.604724	0.911323	1.047128	1.133228	2.0400	2.2100	0.561	0.749	69.44	69.56	3.02	3.16	0.7	32.9
0.1320	0.2010	6	1.00	PVC	1.1320	0.0182	2.0700	0.063854	0.097377	0.559833	0.633094	0.6300	0.7200	0.171	0.210	70.48	70.8	1.2	2.02	0.7	38.2
0.0882	0.1405	6	0.50	PVC	0.8010	0.0182	1.4600	0.150760	0.233963	0.719638	0.815681	0.5800	0.6500	0.262	0.329	70.23	70.45	2.05	2.77	0.7	76.3
0.0882	0.1405	6	0.50	PVC	0.8010	0.0182	1.4600	0.060457	0.096251	0.549834	0.631312	0.4400	0.5100	0.166	0.209	70.06	70.2	2.8	2.77	0.7	65.3
0.1320	0.2010	6	0.50	PVC	0.8010	0.0182	1.4600	0.059303	0.137712	0.620522	0.700670	0.5000	0.5600	0.203	0.250	69.89	70.03	3.38	3.11	0.7	64.9
0.1320	0.2010	6	1.00	PVC	1.1320	0.0182	2.0700	0.063854	0.097377	0.559833	0.633094	0.6300	0.7200	0.171	0.210	69.71	69.86	3.14	2.89	0.7	35.4
0.8075	1.1180	14	1.60	CONCRE	1.6800	0.0993	16.6800	0.597558	0.901850	1.043613	1.131759	1.7500	1.9000	0.556	0.742	69.04	69.64	2.96	2.96	0.7	80.1
0.4310	0.6490	14	1.80	CONCRE	1.7820	0.0993	17.6900	0.597769	0.886992	1.040036	1.129955	1.8500	2.0100	0.551	0.732	68.32	69.01	2.99	3.18	0.7	86.2
0.3888	0.5906	14	1.80	CONCRE	1.8300	0.0993	18.1800	0.593499	0.895859	1.042190	1.130832	1.9100	2.0700	0.554	0.738	66.69	68.29	3.21	2.41	0.7	168.5
0.3464	0.5246	14	2.10	CONCRE	1.9240	0.0993	19.1100	0.583670	0.879560	1.037860	1.128046	2.0000	2.1700	0.548	0.727	65.11	66.66	2.44	1.36	0.7	100.4
0.3464	0.5246	14	3.50	CONCRE	2.4840	0.0993	24.6700	0.465385	0.702549	0.981616	1.082265	2.4400	2.6900	0.479	0.617	62.09	65.08	1.39	1.38	0.7	84.2
0.2185	0.3298	14	2.30	CONCRE	2.0140	0.0993	20.0000	0.585010	0.883138	1.038588	1.128840	2.0900	2.2700	0.549	0.730	60.47	62.06	1.83	1.75	0.7	89
0.3888	0.5906	14	4.70	CONCRE	2.8790	0.0993	28.5900	0.422851	0.638472	0.957590	1.059900	2.7600	3.0500	0.463	0.580	56.61	60.44	1.78	1.36	0.7	91.3
0.3464	0.5246	14	4.10	CONCRE	2.6890	0.0993	26.7000	0.465717	0.703225	0.981616	1.082822	2.6400	2.9100	0.479	0.618	52.31	56.58	1.39	1.26	0.7	84.2
0.3464	0.5246	14	2.90	CONCRE	2.2610	0.0993	22.4600	0.569188	0.859496	1.031949	1.124315	2.3900	2.5400	0.540	0.714	50.29	52.88	1.29	1.83	0.7	99.1
0.2185	0.3298	14	4.30	CONCRE	2.7540	0.0993	27.3500	0.463742	0.698730	0.979807	1.081145	2.7000	2.9800	0.477	0.615	48.4	50.26	1.86	1.37	0.7	50.9
0.4310	0.6490	14	3.50	CONCRE	2.4840	0.0993	24.6700	0.530396	0.800813	1.014067	1.111171	2.5200	2.7600	0.517	0.677	44.82	48.37	1.4	1.38	0.7	100.4
0.2610	0.3974	14	3.95	CONCRE	2.6390	0.0993	26.2100	0.509239	0.811127	1.004213	1.102559	2.6500	2.9100	0.505	0.657	41.89	44.79	1.41	1.39	0.7	73.6

Fuente: elaboración propia.

## **2.6. Presupuesto alcantarillado sanitario**

El presupuesto fue realizado con base en precios unitarios, integrando el costo directo conformado por: materiales de construcción, mano de obra calificada y no calificada, dentro de los costos indirectos: utilidades, administración, supervisión e imprevistos, aplicando el 42 %. Los precios de los materiales se cotizaron en la cabecera municipal de San José del Golfo y los elementos que no se encontraban allí como las tuberías de concreto, se cotizaron en la ciudad de Guatemala, los salarios de mano de obra, se consideraron los de la Cámara Guatemalteca de la Construcción y los que la municipalidad asigna a casos similares.

Tabla III. Presupuesto alcantarillado sanitario



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

FACULTAD DE INGENIERÍA



PRESUPUESTO DEL PROYECTO

Proyecto: Alcantarillado sanitario en la calle principal

Ubicación: Calle principal de San José del Golfo, Guatemala

Solicitante: Municipalidad de San José del Golfo, Guatemala

PRESUPUESTO					
CONSTRUCCIÓN DE SISTEMA DE ALCATARILLADO SANITARIO PARA LA AVENIDA PRINCIPAL DEL MUNICIPIO DE SAN JOSÉ DEL GOLFO					
N°.	DESCRIPCIÓN DEL RENGLÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO/ UNITARIO	COSTO TOTAL
<b>1</b>	<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>				
1,1	CONSTRUCCION DE BODEGA Y GUARDIANIA	100	m2	Q 99,48	Q 9947,65
1,2	TRAZO Y PUENTE	2 400	m2	Q 14,52	Q 34 854,12
<b>2</b>	<b>DRENAJE SANITARIO</b>				
2,1	DEMOLICIÓN Y EXTRACCIÓN DE CARPETA ASFÁLTICA (PAVIMENTO)	1 913,60	m2	Q 185,25	Q 354495,71
2,2	EXCAVACIÓN DE DRENAJE	3 268,80	m3	Q 291,49	Q 952836,40
2,3	BASE DE MATERIAL SELECTO DE 0.10m DE ESPESOR PARA INSTALACIÓN DE TUBERÍA PVC Y POZOS DE VISITA.	240	m3	Q 476,30	Q 114311,59
2,4	INSTALACIÓN DE TUBERÍA PVC DE 6" DE DIAMETRO	155	Unidad	Q 1034,13	Q 160289,50
2,5	INSTALACIÓN DE TUBERÍA DE CONCRETO DE 8" DE DIAMETRO	539,28	m	Q 91,24	Q 49201,57
2,6	INSTALACIÓN DE TUBERÍA DE CONCRETO DE 10" DE DIAMETRO	421,54	m	Q 156,43	Q 65940,37
2,7	INSTALACIÓN DE TUBERÍA DE CONCRETO DE 12" DE DIAMETRO	117,23	m	Q 177,57	Q 20816,05
2,8	INSTALACIÓN DE TUBERÍA DE CONCRETO DE 14" DE DIAMETRO	72	m	Q 230,69	Q 16609,50
2,09	POZO DE VISITA FUNDIDO DE CONCRETO DE 3000PSI Y 1.00m DE DIAMETRO INTERIOR.	36	Unidad	Q 6083,68	Q 219012,55
2,10	RELLENO Y COMPACTACIÓN CON MATERIAL EXTRAIDO	3268,8	m3	Q 93,57	Q 305861,40
2,11	RELLENO Y COMPACTACIÓN CON MATERIAL SELECTO	3268,8	m3	Q 218,06	Q 712787,71
<b>3</b>	<b>RESANADO DE PAVIMENTO</b>				
3,1	REPOSICIÓN DE LA CARPETA ASFALTICA DE 7 Cm DE ESPESOR	318	m2	Q 3017,31	Q 959503,59
3,2	LIMPIEZA Y RETIRO DE MATERIAL SOBRENTE	1	Global	Q 28818,05	Q 28818,05
<b>T O T A L</b>					<b>Q 4 005 285,76</b>

Fuente: elaboración propia.

## **2.7. Evaluación de Impacto Ambiental**

El impacto ambiental es la alteración, modificación o cambio en el ambiente o en alguno de sus componentes de cierta magnitud y complejidad originado o producido por los efectos de la acción o actividad humana.

Los problemas derivados de la construcción del sistema de drenaje sanitario que se presentan durante la construcción y que afectan principalmente a los habitantes de la localidad son los siguientes:

- Generación de polvo y ruido debido a la excavación de las zanjas y pozos de visita.
- Obstrucciones en las calles debido a la excavación, colocación de tubería y construcción de los pozos visita.
- Movimiento de tierras y transporte de materiales.

Para mitigar el impacto negativo que la descarga de las aguas residuales causa sobre cuerpos de agua o suelo, se les dará un tratamiento primario mediante una planta de tratamiento existente. Además, es importante la supervisión y mantenimiento de la misma para evitar subsecuentes problemas.

## **2.8. Planos**

Para este proyecto, se elaboraron planos que contienen la planta y perfil de pozos de visita, detalles conexiones domiciliarias. En los planos de planta perfil se colocaron todos los datos necesarios como cota de terreno, cota Invert de entrada y salida de tubería, diámetro de tubería, pendiente de la tubería, y distancia entre cada pozo de visita. Ver planos finales en (apéndice 1).

## 2.9. Cronograma de actividades

El cronograma de actividades es una guía de los pasos que se deben realizar según, la precedencia o importancia del proceso constructivo de toda edificación para minimizar los costos y maximizar la mano de obra, por estas razones se presenta dicho cronograma en la tabla IV.

Tabla IV. Cronograma de actividades

CONSTRUCCION DE SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA AVENIDA PRINCIPAL DEL MUNICIPIO DE SAN JOSÉ DEL GOLFO																																	
No.	DESCRIPCIÓN	% INVERSION	% ACUMULADO	mes 1				mes 2				mes 3				mes 4				mes 5				mes 6				Avance Financiero					
1	<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>			1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4		
1.1	CONSTRUCCION DE BODEGA Y GUARDIANA	0,25%	0,25%																													Q	9.947,65
1.2	TRAZO Y PUENTE	0,86%	1,11%																													Q	34.854,12
2	<b>DRENAJE SANITARIO</b>																																
2.1	DEMOLICION Y EXTRACCION DE CARPETA ASFALTICA (PAVIMENTO)	8,13%	9,24%																													Q	329.362,30
2.2	EXCAVACION DE DRENAJE	24,05%	33,29%																													Q	974.148,05
2.3	BASE DE MATERIAL SELECTO DE 0.10m DE ESPESOR PARA INSTALACION DE TUBERIA PVC Y POZOS DE VISITA.	1,77%	35,06%																													Q	71.742,94
2.4	INSTALACION DE TUBERIA PVC DE 6" DE DIAMETRO	8,01%	43,07%																													Q	324.432,93
2.5	INSTALACION DE TUBERIA DE CONCRETO DE 8" DE DIAMETRO	3,19%	46,26%																													Q	128.994,97
2.6	INSTALACION DE TUBERIA DE CONCRETO DE 10" DE DIAMETRO	0,48%	46,73%																													Q	19.252,51
2.7	INSTALACION DE TUBERIA DE CONCRETO DE 12" DE DIAMETRO	0,27%	47,00%																													Q	10.739,53
2.8	INSTALACION DE TUBERIA DE CONCRETO DE 14" DE DIAMETRO	1,14%	48,14%																													Q	46.363,66
2.9	POZO DE VISITA FUNDIDO DE CONCRETO DE 3000PSI Y 1.00m DE DIAMETRO INTERIOR.	4,21%	52,35%																													Q	170.388,79
2.10	RELLENO Y COMPACTACION CON MATERIAL EXTRAIDO	5,65%	58,00%																													Q	228.724,01
2.11	RELLENO Y COMPACTACION CON MATERIAL SELECTO	17,60%	75,60%																													Q	712.787,71
3	<b>RESANADO DE PAVIMENTO</b>																																
3.1	REPOSICION DE LA CARPETA ASFALTICA DE 7 Cm DE ESPESOR	23,69%	76,04%																													Q	959.503,59
3.2	LIMPIEZA Y RETIRO DE MATERIAL SOBANTE	0,71%	76,75%																													Q	28.818,05
<b>TOTAL DEL PROYECTO</b>																																<b>Q</b>	<b>4.050.060,84</b>

Fuente: elaboración propia.

El costo total del proyecto del alcantarillado sanitario es de: cuatro millones cincuenta mil sesenta quetzales con ochenta y cuatro centavos (Q 4 050 060,84). El cual se realizará en un plazo de 6 meses.



### **3. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL II DISEÑO DEL PUENTE VEHICULAR**

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

El proyecto consiste en diseñar un puente vehicular de concreto reforzado de una vía, capaz de soportar cargas de vehículo AASHTO HS 20-44, con una luz entre apoyos de 18 metros y un ancho total de 6,45 metros, estribos de concreto ciclópeo, vigas de apoyo, cortinas, vigas principales, losa y diafragmas de concreto reforzado, para la cabecera del municipio de San José del Golfo, departamento de Guatemala; situado en el kilómetro 28 del centro de la ciudad.

El puente cuenta con la particularidad de tener un pequeño ángulo de inclinación, con respecto a la carretera donde permite diseñar el puente con esviaje, esto quiere decir que la horizontal de los apoyos del tablero forma un ángulo distinto a 90 grados, con el eje longitudinal del tablero.

Se diseñó el puente como un puente normal reforzado, debido a que la luz y el ángulo no son muy grandes, en los planos se deja totalmente claro las dimensiones de todos los elementos para que a la hora de que se ejecute se tome en consideración.

En la mayor parte de los casos modernos los puentes son esviados, no presentando mayores problemas ni inconvenientes si estos están compuestos por vigas, en cambio cuando se trata de losas simplemente apoyadas los esfuerzos que en ellas se presentan difieren de los de las losas rectas,

aumentando esta diferencia con el ángulo de esviaje.

Después de evaluar las diferentes clases de estructuras que se pueden utilizar, se seleccionó una de concreto reforzado fundida en el lugar, debido a que con estos se pueden cubrir luces de hasta 25 metros sin apoyo central, no necesita equipo especial para la construcción, se pueden aprovechar los materiales del lugar, no requieren de mayor mantenimiento y el acceso al lugar es muy difícil, para utilizar otro tipo de estructura.

### **3.2. Levantamiento topográfico**

Para el diseño del puente se estudió la planimetría y altimetría del lugar, de esta manera, obtener las curvas de nivel, indicando el lugar adecuado para diseñar con mayor precisión el puente.

### **3.3. Levantamiento planimétrico**

La planimetría tiene como finalidad definir el área de emplazamiento y la proyección horizontal del puente, es decir, localizarlo dentro de la sección del río, con el objetivo de ubicarlo en una posición adecuada.

Se utilizó una estación total marca Leica, una cinta métrica de 50 metros un estadal de 4 metros, estacas y trompos de madera, pintura y plomadas.

### **3.4. Altimetría**

Tiene en cuenta las diferencias de nivel existentes entre los distintos puntos del terreno, para lo cual se trazo un eje central río arriba y río abajo para

posteriormente poder determinar las respectivas secciones transversales. Ver planos en apéndice 2.

### **3.5. Criterios y especificaciones para el diseño de puentes de concreto de sección, viga y losa**

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

#### **3.5.1. Para la superestructura**

Se debe de tomar en cuenta lo siguiente:

- La acera y el barandal se deben construir posteriormente a que las vigas se hayan deflectado libremente.
- Todos los elementos de acero estructural del puente deberán cubrirse con dos capas de pintura anticorrosiva de diferente color, exceptuando los pernos que deberán dejarse correctamente engrasados.
- 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.

### **3.5.2. Para la subestructura**

Se debe de tomar en cuenta lo siguiente:

- Los estribos deben ser diseñados para la capacidad de soporte establecida en el estudio de suelos.
- Deberá evitarse la explotación de los bancos de materiales circundantes a las riberas del río para evitar posibles socavaciones en el futuro.
- No se debe permitir la destrucción de los bancos de materiales de manera que las excavaciones sean del tamaño estrictamente necesario para acomodar los estribos.

### **3.5.3. Aproxes y obras de protección**

La unidad de medida se calcula por metro cúbico y es el elemento que conecta la carretera o calle con el puente y se rellena de tal manera para llegar a la rasante deseada.

### **3.5.4. Rellenos estructurales**

Es el volumen de suelo que se extrae, para introducir las bases del puente, la unidad de medida es el metro cúbico  $m^3$ , debiéndose incluir en el cálculo del puente, ya que se debe calcular el costo por acarreo.

Es probable que se incluyan gaviones en los diseños de puentes, ya que estos protegen la estructura del colapso de las bases, debido a erosiones y

deslaves, todo dependerá del tipo de suelo y la posición que tendrá la estructura.

### **3.5.5. Especificaciones para el diseño de puentes**

Para el diseño de puentes es necesario tomar una serie de aspectos constructivos, así como normativas.

### **3.5.6. Diseño**

Las especificaciones que regulan el diseño de puentes se encuentran Standard Specifications Highway Bridges (SSHB), de las AASHTO.

### **3.5.7. Construcción**

La institución que norma las construcciones de puentes en Guatemala es la Dirección General de Caminos (DGC).

### **3.5.8. Cargas vivas**

Las especificaciones para cargas vivas son:

- AASHTO H 15-44
- AASHTO H 20-44
- AASHTO HS 15-44
- AASHTO HS 20-44 \* Se utilizará para el diseño del puente\*

### **3.5.9. Recubrimientos**

Se tomará como referencia el rostro de la barra y se desglosa de la siguiente manera:

- 8 cm. para cimientos y muros
- 5 cm. para losa (cama superior)
- 2,5 cm. para losa (cama inferior)
- 5 cm. para columnas y diafragmas
- 12-18 cm. para las vigas principales

### **3.5.10. Longitud de desarrollo**

Según la Norma AASHTO 8.24.1.2, la cual indica que se dará a todas las barras la longitud necesaria a partir del punto donde se requiere para diseño, y es la mayor profundidad efectiva del elemento, 15 diámetros de la barra o la luz/20.

### **3.5.11. Traslapes**

Se calculan con base en la longitud de desarrollo dependiendo del caso, y se aplicarán las Normas AASHTO 8.25 y DGC art. D-8-e DGC.

Cuando el número de barra es 11 o mayor, se recomienda el uso de uniones mecánicas, de tal modo que desarrollen un 125 % de la resistencia nominal  $F_y$  de la barra.

### **3.5.12. Ganchos**

Los dobleces deberán hacerse en frío, para un ángulo de 180° será un equivalente a 6 diámetros en su lado libre y cuando se trata de 90° se dará 12 veces el diámetro. Las normas que establecen los ganchos son AASHTO 8.23.2.2 y art. D-8-e DGC.

### **3.5.13. Formaletas**

Se arman según Norma DGC 505.04., se ajustan a los dimensionamientos que se indican en los planos. Deben de ser lo suficientemente estables y las juntas no deberán de permitir el escurrimiento del concreto.

Al remover la formaleta no debe de dañarse la estructura, por lo que se debe de tener mucha precaución.

## **3.6. Estudio hidrológico**

Durante el estudio topográfico se obtuvo una serie de datos, los cuales constituyen una parte importante para el diseño de puentes, ya que de ellos depende el cálculo de la luz y altura de la superestructura. Siendo los más importantes:

- Perfil transversal del cause
- Tirante normal
- Tirante de creciente máxima
- Tirante de creciente máxima extraordinaria

### **3.6.1. Tirante normal**

Consiste en la altura que lleva durante el levantamiento topográfico y varía dentro de ciertos rangos durante la época de estiaje.

### **3.6.2. Tirante de creciente máxima**

Es la que se produce cada año durante el invierno, dentro de la cual deja vestigios o señales en el río, o muros adyacentes al paso, también es importante la información de los vecinos del sector.

### **3.6.3. Tirante de creciente máxima extraordinaria**

Este tipo tirante es importante debido a que transporta la corriente producidas por fenómenos naturales (fenómeno de La Niña) o tormentas, las cuales se ven espaciadas por varios años, de tal manera que los vestigios desaparecen con el tiempo, pero la comunidad es la indicada en mencionar los detalles acerca de la creciente.

### **3.6.4. Normas aplicables de diseño**

Los diseños de puentes de concreto o acero para carreteras a menudo se basan en las normas de la última edición de las normas AASHTO, de la cual toma las especificaciones la AGIES.

Se tomarán también para el diseño, las especificaciones generales para construcción de puentes y carreteras, de la Dirección General de Caminos, Ministerio de Comunicaciones y Obras Públicas, vigente en la República de

Guatemala. Y por último se tomarán algunas Normas del American Concrete Institute (Código ACI 318-99).

### **3.7. Estudio hidráulico**

Es de suma importancia conocer el comportamiento del cuerpo de agua que atravesará la estructura; para que el diseño sea el más adecuado y la estructura no se vea afectada por la corriente de agua. La altura que se le dará a la superestructura a partir del fondo del río debe ser la adecuada para que las crecidas del río, especialmente en época de invierno, no la afecten; esta altura estará determinada por el caudal de agua que pasa por el punto donde se colocará la estructura. Se utilizará para estimar el caudal de diseño el método racional.

- **Método racional**

En este método, se supone que la máxima esorrentía ocasionada por una lluvia se produce cuando la duración de esta es igual al tiempo de concentración. Cuando así ocurre, toda la cuenca contribuye con el caudal en el punto de salida. Si la duración es mayor que el tiempo de concentración, contribuye asimismo toda la cuenca, pero en ese caso la intensidad de la lluvia es menor, por ser de mayor duración y, por lo tanto, también menor el caudal.

Si la duración de la lluvia es menor que el tiempo de concentración, la intensidad de la lluvia es mayor, pero en el momento en que acaba la lluvia, el agua caída en los puntos más alejados aún no ha llegado a la salida; sólo una parte de la cuenca contribuye a la esorrentía, por lo que el caudal será menor.

Aceptando este planteamiento, y teniendo en cuenta de que este método es el más apropiado ya que se determina con base en los factores propios del lugar, el caudal máximo se calcula por medio de la siguiente expresión, fórmula racional:

$$Q = \frac{CIA}{3,6}K$$

Donde:

Q = caudal (m<sup>3</sup>/s)

C = coeficiente de escorrentía

I = intensidad de lluvia (mm/h)

A = área tributaria de la cuenca (Ha)

- Coeficiente de escorrentía

Tabla V. **Valores indicativos del coeficiente de escorrentía C**

Uso del suelo	Pendiente del terreno	Capacidad de infiltración del suelo		
		Alto (suelos arenosos)	Medio (suelos francos)	Bajo (suelos arcillosos)
Tierra agrícola	< 5%	0,30	0,50	0,60
	5 – 10%	0,40	0,60	0,70
	10 – 30%	0,50	0,70	0,80
Potreros	< 5%	0,10	0,30	0,40
	5 – 10%	0,15	0,35	0,55
	10 – 30%	0,20	0,40	0,60
Bosques	< 5%	0,10	0,30	0,40
	5 – 10%	0,25	0,35	0,50
	10 – 30%	0,30	0,50	0,60

Fuente: National Engineering Handbook, Sec. 4: Hydrology, USDA. p.432.

Para el presente proyecto se utilizará una tierra agrícola con un nivel medio y con una pendiente del 5-10 %, el coeficiente de escorrentía será de 0,60.

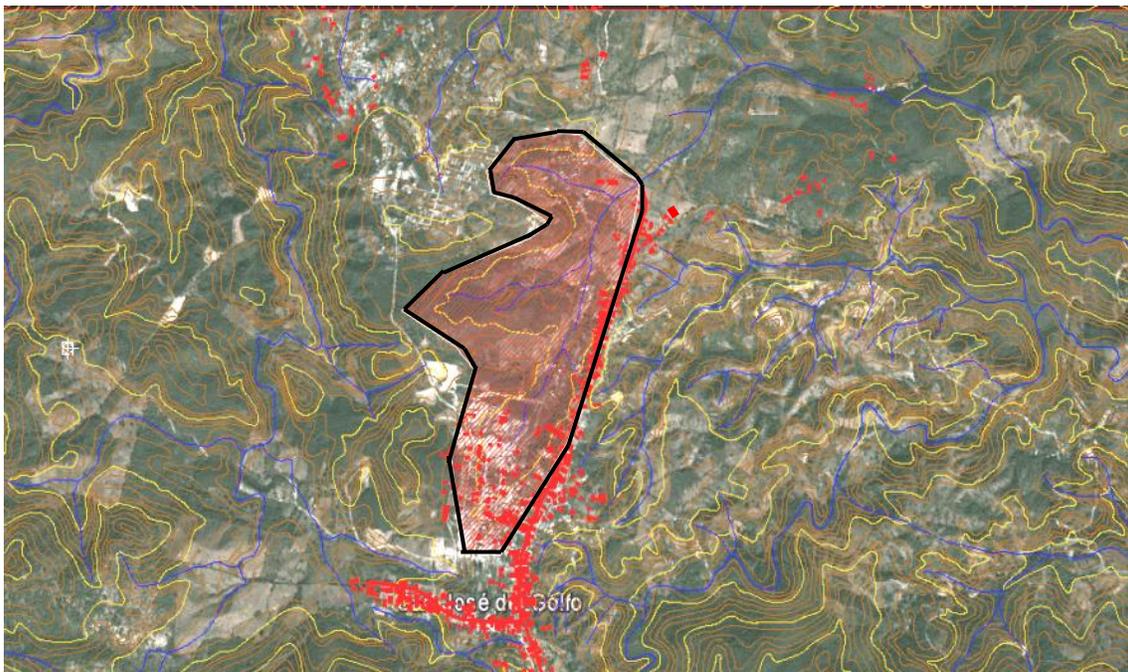
- Área tributaria de la cuenca

Es el área que contribuye a la escorrentía superficial de una cuenca y que se ve determinada por los puntos más altos que se encuentran rodeando a la misma.

Para determinar el área de la cuenca, se hizo uso de los planos topográficos escala 1:50 000 del Instituto Geográfico Nacional.

Se definió el área tributaria de la cuenca, mostrada en la figura 2; siendo esta de 633 505,31 m<sup>2</sup>, con una longitud del cauce del río al punto más lejano de 1,84 km, y una diferencia de altura de 40 metros.

Figura 2. Área tributaria de la cuenca



Fuente: Mapas topográficos Guatemala, San José del Golfo. 1:10 000 – IGN.

- Tiempo de concentración

El tiempo de concentración del área tributaria puede estimarse mediante fórmulas que se basan en parámetros morfométricos de las cuencas o con base en aspectos hidráulicos de las corrientes. Una de las fórmulas utilizadas en el medio es la de Kirpich, que usa el desnivel y longitud del cauce del río.

$$t_c = \frac{3L^{1,15}}{154 H^{0,38}}$$

Donde:

$t_c$  = tiempo de concentración (s)

L = longitud del cauce desde la cabecera de la cuenca tributaria (m)

H = diferencia de altura (m)

$$t_c = \frac{3(1\ 840)^{1,15}}{154 (40)^{0,38}} = 27,25\ s$$

- Intensidad de lluvia

La metodología para la deducción de intensidad de lluvia, consiste en el método estándar de cálculo recomendado por el Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH), según se investigó en el informe técnico No 4-88 (Método Estándar para el cálculo de curvas de duración-intensidad de frecuencia)

El período de retorno a utilizar es de 50 años y se utiliza la fórmula:

$$itr = \frac{A}{(B + t)^n} * R2$$

A, B, n y R2 son parámetros proporcionados por el INSIVUMEH, para el cálculo de intensidad de lluvia en el Área Metropolitana, se tomarán para el proyecto períodos de retorno de 5, 10, 30, 50 y 100 años; que normalmente se utilizan para calcular la crecida máxima en un puente.

La estación que se tomó de referencia es la denominada INSIVUMEH que se encuentra en la ciudad capital. Los tiempos de concentración a tomar son de 5, 20 y 60 minutos.

Tabla VI. **Parámetros de A, B n y R2**

	<b>PERÍODO DE RETORNO</b>				
	<b>2 años</b>	<b>10 años</b>	<b>30 años</b>	<b>50 años</b>	<b>100 años</b>
<b>A=</b>	1970	1345	815	900	890
<b>B=</b>	15	9	2	2	2
<b>n=</b>	0,958	0,791	0,65	0,66	0,649
<b>R2=</b>	0,989	0,982	0,973	0,981	0,981

Fuente: informe de intensidades de lluvia según el INSIVUMEH.

Donde:

I = intensidad de lluvia (mm)

A,B,n = parámetros de ajustes

Intensidad de lluvia para un período de retorno de 50 años:

$$i_{tr} = \frac{900}{(2 + 27,25)^{0,66}} * 0,981 = 95,12 \text{ mm}$$

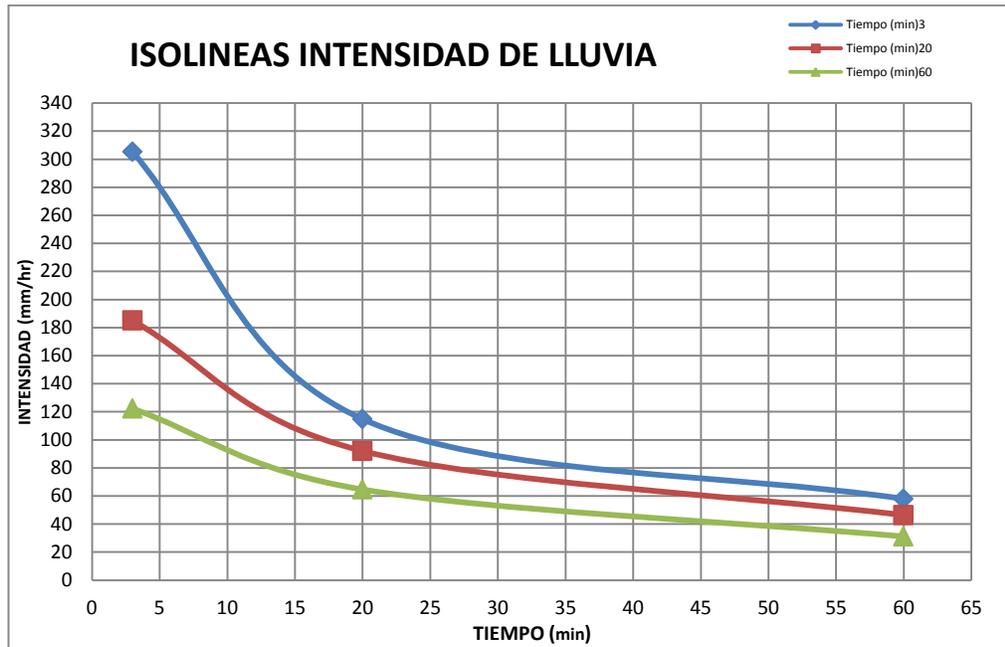
Los valores a utilizar para hallar la intensidad de lluvia, que se muestran en la siguiente tabla, serán los proporcionados por el INSIVUMEH correspondientes a dicha estación meteorológica; debido a que se encuentra ubicada en el departamento de Guatemala, lugar en donde se sitúa el presente proyecto.

Tabla VII. **Valores de intensidades de lluvia para la estación del municipio de Guatemala con las tasas de retorno indicadas**

<b>Período de retorno</b>	<b>5 años</b>	<b>10 años</b>	<b>50 años</b>	
<b>Valores estimados a partir de los mapas de isolíneas</b>				
<b>Tiempo (min)</b>	3	122,21	185,01	305,20
<b>Tiempo (min)</b>	20	64,63	92,06	114,79
<b>Tiempo (min)</b>	60	31,14	46,38	57,93

Fuente: elaboración propia.

Figura 3. Gráfico tiempo vs intensidad de lluvia



Fuente: elaboración propia.

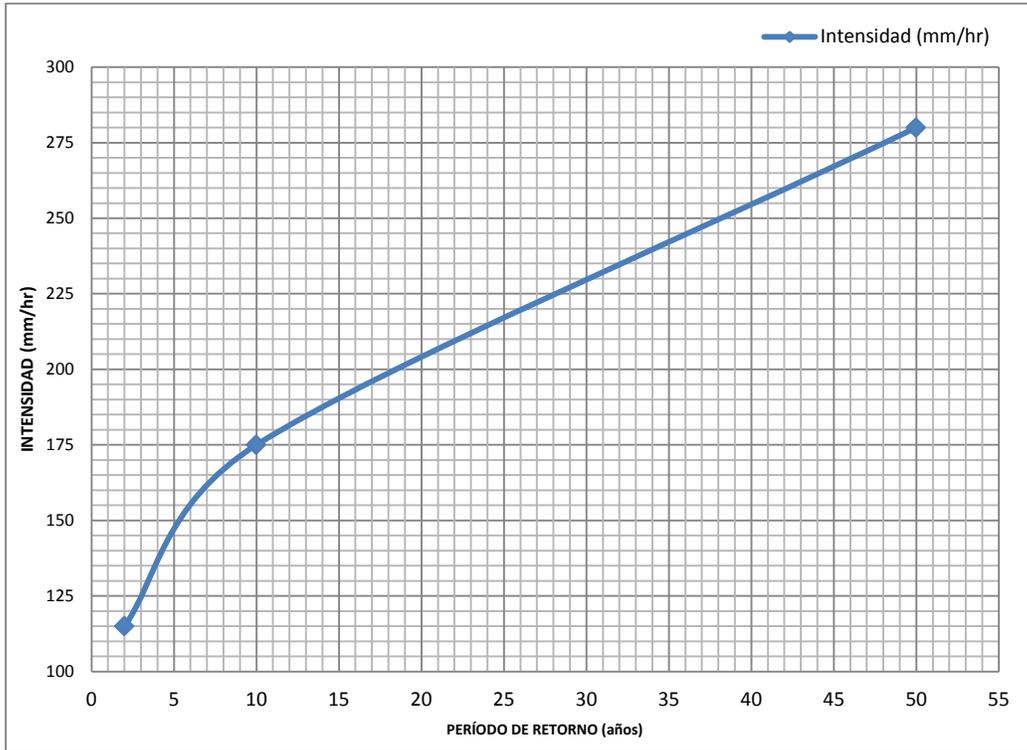
Para un tiempo concentrado de 5 minutos se obtienen los valores, que se interceptan con las gráficas de isóneas.

Tabla VIII. Valores de intensidades de lluvia, para el período de retorno

Período retorno (años)	2	10	50
Intensidad (mm/hr)	115	175	280

Fuente: informe de intensidades de lluvia según el INSIVUMEH.

Figura 4. Gráfico período de retorno vs intensidad de lluvia



Fuente: elaboración propia.

- Cálculo del caudal de la cuenca

Con la fórmula  $Q = CIA/3,6$  se calculó el caudal para el período de diseño de 50 años, donde el coeficiente de rugosidad del río, la intensidad de lluvia (i) se obtuvieron anteriormente, y el área de la cuenca, por medio de los mapas del Instituto Geográfico Nacional.

$$Q = \frac{CIA}{3,6}$$

$$Q = \frac{0,6 \cdot 95,12 \cdot 0,63}{3,6}$$

$$Q = 10,03 \text{ m}^3/\text{s}$$

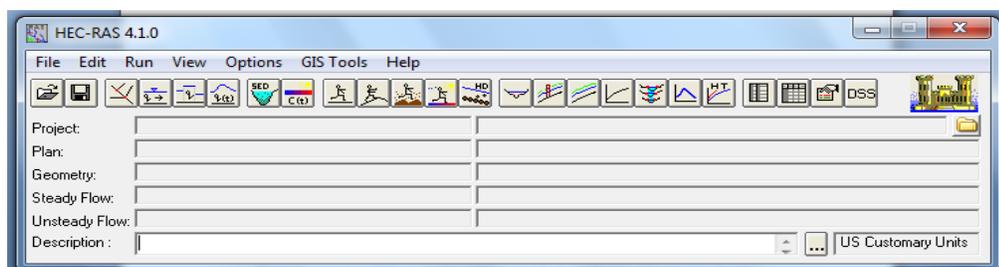
Obteniendo los datos que interesan para determinar cuál será la crecida máxima extraordinaria, se calculó con el programa HEC-RAS, el cual ayuda a establecer hasta donde llegaría el agua si el caudal alcanzara un cierto valor hasta donde se puede colocar la altura del puente según los parámetros mencionados y también si serán inundadas en áreas próximas, y en que extensión.

Para un caudal determinado, dependerá de la forma del cauce, de la pendiente y de la naturaleza (tipo de materiales, presencia de vegetación, etc.). El programa sirve como una herramienta para el diseño ya que se pueden hacer modelamientos numéricos de una manera simple e intuitiva.

Las fases de trabajo son las siguientes:

- Creación de un nuevo proyecto

Figura 5. Creación de un nuevo proyecto



Fuente: elaboración propia, con programa de HEC-RAS.

Para el funcionamiento de HEC-RAS se deben aportar dos tipos de datos fundamentales:

- Datos geométricos
- Datos de caudales y condiciones de contorno

Los datos geométricos fundamentales son diversas secciones transversales a lo largo del cauce, considerado dichas secciones se introducen mediante la cota de varios puntos; de este modo, mediante la cota de dos secciones contiguas, separadas por una distancia conocida, el modelo calcula la pendiente de ese tramo. En este caso utilizando la topografía de las curvas de nivel y se tomaron las referencias del corte cada 20 metros, con las respectivas secciones transversales indicando la sección en estudio, obteniendo la geometría del cauce.

El dato del caudal ya fue determinado con el método racional, el cual tiene un valor de 10,03 metros cúbicos por segundo y las condiciones de contorno son especificadas al programa; HEC-RAS necesita esta información en cada tramo para establecer el nivel del agua inicial en ambos extremos del tramo del río: aguas arriba y/o aguas abajo.

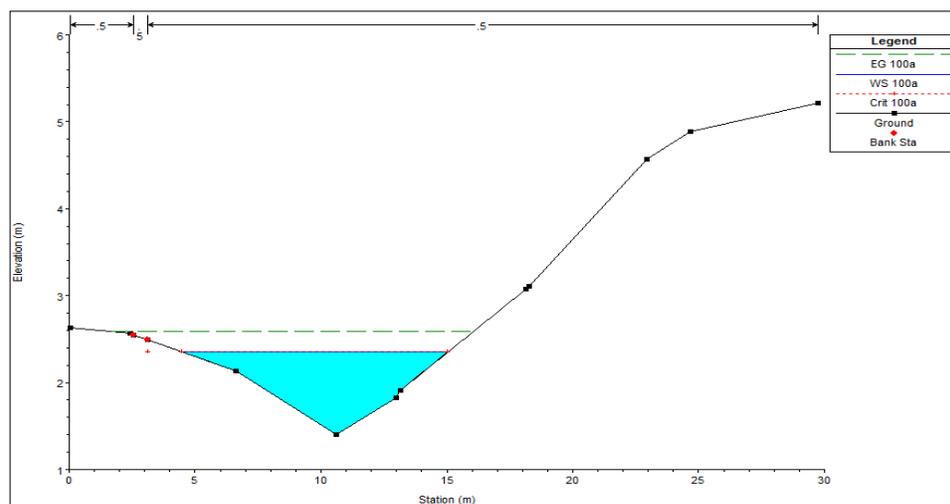
- Ejecución del modelo

Si se han preparado diversas geometrías (tramos y secciones) y varios caudales, aquí se puede elegir con cuáles de ellos ejecutar los cálculos. En este caso se utilizó un tramo y varias secciones transversales espaciadas a una distancia variada.

Se ejecutó el modelo y si no se obtienen mensajes de error se pueden observar los resultados.

Con los datos obtenidos del programa se puede hacer una visualización de la crecida máxima alcanzada con el caudal de diseño establecido, para un período de retorno de 100 años (ver figura 6).

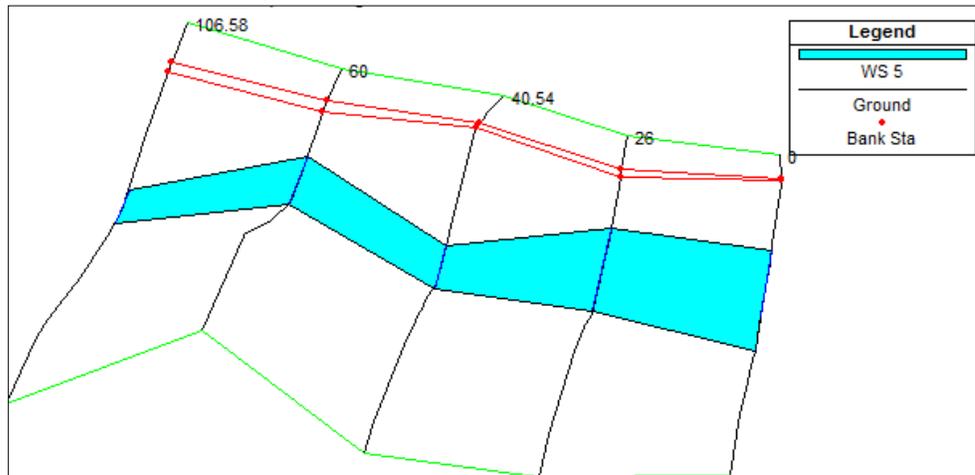
Figura 6. **Estimación de crecida máxima**



Fuente: elaboración propia, con programa de HEC-RAS.

Con las herramientas que presenta el programa también se puede realizar una visualización en tres dimensiones del comportamiento del caudal de diseño en el tramo analizado (ver figura 7).

Figura 7. **Comportamiento del caudal de diseño en tramo analizado**



Fuente: elaboración propia, con programa de HEC-RAS.

Con los datos obtenidos se encontró que la máxima altura alcanzada por el caudal de diseño (también llamada crecida máxima extraordinaria) es de 2,60 metros medidos desde la parte más baja del lecho del río. Por lo tanto, determinada la altura de la crecida máxima y con la topografía del terreno en la ubicación del puente, se determinó que la altura medida desde el espejo del agua de la crecida máxima hasta la base de la viga es de 2,90 metros.

### 3.8. **Análisis de suelos**

Los estudios geotécnicos comprenderán:

- Ensayos de campo en suelos y/o rocas.
- Ensayos de laboratorio en muestras de suelo y/o roca extraídas de la zona.
- Descripción de las condiciones del suelo.
- Definición de tipos y profundidades de cimentación adecuados.

Es necesario conocer las características del suelo, con el objetivo de determinar la dimensión de la cimentación que se utilizará para soportar la superestructura y asegurar que toda la estructura no sufra asentamientos considerables que la hagan inestable, desde el punto de vista de resistencia y compresibilidad.

Se debe explorar el suelo, hasta encontrar un estrato adecuado para ubicar la cimentación del puente y determinar el valor soporte del mismo, así como también determinar el peso del suelo, que provoca fuerzas de empuje en la cimentación, de manera que se pueda analizar la estabilidad de la misma.

El suelo encontrado en esta área es un suelo arcilla limosa color café; para evaluar la calidad y el valor soporte del suelo, se realizó una excavación a las laderas del río a una profundidad de 2,00 metros, donde se obtuvo una muestra inalterada de 1 pie cúbico de volumen, muestra a la que se le aplicó parafina para el transporte hacia el laboratorio de suelos de la facultad de ingeniería, en donde se sometió al ensayo de compresión triaxial; mediante la prueba de no consolidado y no drenado (ver apéndice 2), para obtener los parámetros de corte, siendo éstos los siguientes:

- Ángulo de fricción interna  $\theta = 26,27^\circ$
- Cohesión  $c' = 16,39 \text{ T/m}^2$
- Descripción de suelo= arcilla limosa color café
- Densidad seca =  $1,20 \text{ ton/m}^3$

Para el cálculo del valor soporte del suelo se utilizó la ecuación general de capacidad de carga, según Meyerhof.

$$q_u = c' N_c F_{cs} F_{cd} F_{ci} + q N_q F_{qs} F_{qd} F_{qi} * \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma F_{\gamma s} F_{\gamma d} F_{\gamma i}$$

Donde:

$q$  = esfuerzo efectivo al nivel de desplante de la cimentación (ton/m<sup>2</sup>)

$c'$  = cohesión del suelo (ton/m<sup>2</sup>)

$\gamma$  = peso específico del suelo (ton/m<sup>2</sup>)

$B$  = ancho de la cimentación

$F_{cs} F_{cd} F_{ci}$  = factores de forma

$F_{qs} F_{qd} F_{qi}$  = factores de profundidad

$N_c N_q N_\gamma$  = factores de capacidad de carga

$F$  = factor de seguridad

- Factores de capacidad de carga de carga

$$N_q = \tan^2 \left( 45 + \frac{\theta'}{2} \right) e^{\pi \tan \theta'}$$

$$N_q = \tan^2 \left( 45 + \frac{17,51}{2} \right) e^{\pi \tan 17,51}$$

$$N_q = 3,67$$

$$N_c = N_q - 1 \cot \theta'$$

$$N_c = 3,67 - 1 \cot 17,51$$

$$N_c = 8,48$$

$$N_\gamma = 2 N_q + 1 \tan \theta'$$

$$N_\gamma = 2 \cdot 3,67 + 1 \tan 17,51$$

$$N_\gamma = 2,95$$

Factores de forma

$$F_{cs} = 1 + \frac{B}{L} \frac{N_q}{N_c}$$

Donde:

L = longitud de la cimentación (L>B)

$$F_{cs} = 1 + \frac{4,10}{6,47} \frac{3,67}{8,48}$$
$$F_{cs} = 1,28$$

$$F_{qs} = 1 + \frac{B}{L} \tan \phi'$$
$$F_{qs} = 1 + \frac{4,10}{6,47} \tan 17,51$$
$$F_{qs} = 1,20$$

$$F_{\gamma s} = 1 - 0,40 \frac{B}{L}$$
$$F_{\gamma s} = 1 - 0,40 \frac{4,10}{6,47}$$
$$F_{\gamma s} = 0,75$$

- Factores de profundidad

$$F_{cd} = 1 + (0,4) \tan^{-1} \frac{D_f}{B}$$

$$F_{cd} = 1 + (0,4) \tan^{-1} \frac{5,00}{4,10}$$

$$F_{cd} = 1,35$$

$$F_{qd} = 1 + 2 \tan \phi' \left[ 1 - \frac{\sin \phi'}{2} \tan^{-1} \frac{D_f}{B} \right]$$

$$F_{qd} = 1 + 2 \tan 17,51 \left[ 1 - \frac{\sin 17,51}{2} \cdot 0,88 \right]$$

$$F_{qd} = 1,27$$

Entonces:

$$q_u = 10,93 \cdot 8,48 \cdot 1,28 \cdot 1,35 \cdot 1 + 1,4 \cdot 5 \cdot 3,67 \cdot 1,20 \cdot 1,27 \cdot 1 + \frac{1}{2} \cdot 4,1 \cdot 1,4 \cdot 2,95 \cdot 0,75 \cdot 1 \cdot 1$$

$$q_u = 204,58 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2}$$

Determinando la capacidad de carga última admisible neta:

$$q_{u_{\text{neta}}} = q_u - q$$

$$q = \gamma \cdot D_f$$

$$q_{u_{\text{neta}}} = 204,58 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2} - 1,4 \cdot 5$$

$$q_{u_{\text{neta}}} = \frac{q_u - q}{FS}$$

$$q_{u_{\text{neta}}} = \frac{197,58 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2}}{6} = 32,94 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2}$$

Se utilizó el factor de seguridad de 6 debido a que probablemente estuvo la muestra de suelo alterada por factores como el transporte de la muestra al laboratorio, a no estar cubierta totalmente con parafina o quizá a que se sustrajo muy a la ladera del río.

Por lo tanto se adopta un valor de soporte ( $V_s$ ) = 32,94 ton/m<sup>2</sup>

### 3.9. Especificaciones de diseño

El diseño del puente se realizará con base en las Normas AASHTO y a los requisitos para concreto estructural recomendados por el ACI.

El concreto a utilizar tendrá una resistencia a la compresión a los 28 días de 281 kg/cm<sup>2</sup> (4 000 psi); el acero de refuerzo será de varillas de acero corrugadas con una resistencia a la fluencia de 4 200 kg/cm<sup>2</sup> (grado 60). Los parámetros de diseño utilizados se muestran en la tabla X.

El recubrimiento para la losa y diafragmas será de 5 cm, para vigas de 7 cm y para la cortina y viga de apoyo de 8 cm; de acuerdo a lo recomendado por el ACI.

Tabla IX. **Parámetros de diseño de puente vehicular**

<b>Descripción</b>	<b>Valor</b>
Luz libre	18,00 m
Ancho de rodadura	4,60 m
Ancho de acera	0,70
Carga viva AASHTO	HS – 20 - 44
Peso específico concreto armado	2 400 kg/m <sup>3</sup>

Continuación de la tabla IX.

Peso específico concreto ciclópeo	2 500 kg/m <sup>3</sup>
Peso específico del suelo	1,20 ton/m <sup>3</sup>
Valor soporte del suelo	32,93 ton/m <sup>2</sup>
F'c	281 kg/m <sup>2</sup>
Fy	4 200 kg/m <sup>2</sup>

Fuente: elaboración propia.

### **3.10. Predimensionamiento de los elementos estructurales**

El proceso de diseño es un mecanismo iterativo el cual consiste en ir perfeccionando una propuesta de elementos inicial, hasta llegar a una propuesta óptima.

#### **3.10.1. Losa**

Este es básicamente el piso del puente. Soporta directamente las cargas dinámicas (tráfico) y por medio de las armaduras transmite sus tensiones a los estribos, que a su vez las hacen llegar a los cimientos, donde se disipan en la roca o terreno circundantes.

La función principal de una losa es distribuir las cargas transversal y longitudinalmente en toda la longitud del puente.

Se debe determinar cómo trabaja la losa armada y en este caso trabaja en una sola dirección, con el refuerzo principal perpendicular a la dirección del tránsito.

Especificaciones:

- Según AASHTO LRFD 9.7.1.1, la altura de un tablero de hormigón, deberá ser mayor o igual que 175 milímetros ( $t_s$ ).
- Los recubrimientos mínimos para la cama superior y la cama inferior son de 50 milímetros y 25 milímetros respectivamente según AASHTO LRFD 5.12.3.

### **3.10.2. Ancho del puente**

Artículo 3.6.1 de AASHTO: Carril de tráfico. La carga de camión o la carga de vía ocupan un ancho de carril de 10 pies (3,05 m).

Entonces para efectos de diseño y contemplando la sección de la carretera existente, se determinó un ancho de carril de 4,60 metros.

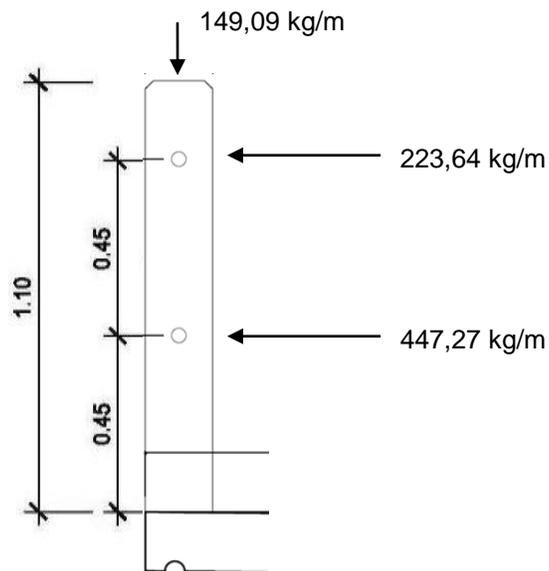
### **3.11. Diseño de barandales**

Según la AASHTO 2.7.1 los postes y pasamanos se diseñan con las cargas descritas en la figura que se muestra a continuación. La función primordial es la protección de los peatones, soportados por postes de concreto reforzados. AASHTO recomienda para el diseño de los postes una carga vertical de 100 lb/pie (149 kg/m), y una carga horizontal de 300 lb/pie (447 kg/m), que son producto de los peatones que circulan por la acera. Según AASHTO sección 13.8.1 la mínima altura de las barandas para peatones debe ser 1 060 milímetros medidos a partir de la cara superior de la acera.

Una acera peatonal puede estar separada de la calzada adyacente mediante una baranda combinada como se muestra en la figura 8. Las barandas deben ser especificadas de tal forma que sean seguras, económicas y estéticas. Las soluciones mixtas de barandas de metal más concreto satisfacen generalmente estos requisitos.

Los barandales tendrán una separación de 2,00 metros, por lo tanto se colocarán 9 postes en todo el largo del puente de 18 metros de longitud.

Figura 8. **Diagrama de cargas y punto de aplicación para diseño de barandal**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCad.

- Diseño de pasamanos

Este se diseñará como una viga continua y se tomará la carga no mayor de 447,27 kg/m (300 lb/pie), en el cual se colocarán tubos estándar de  $\varnothing$  2" HG.

$$\varnothing_{\text{ext}} = 2,375" ; \varnothing_{\text{int}} = 2,067" ; I_{\text{inercia}} = 0,665 \text{ plg}^4$$

$$C = \frac{\varnothing_{\text{ext}}}{2} = 1,187"$$

- Módulo de sección

$$S = \frac{I_{\text{inercia}}}{C} = \frac{0,665}{1,1875} = 0,56 \text{ plgs}^3$$

Análisis de resistencia de tubo

$$Mu = S * f$$

Donde:

$$f = 20\,000 \text{ lb/plg}^2$$

$$Mu = 0,56 * 20\,000 = 11,200 \text{ Lbs} - \text{pg} = 933,33 \text{ Lbs} - \text{pie}$$

Por ser tramos continuos se utiliza:

$$Mu = \frac{W * L^2}{10}$$

Despejando L se tiene:

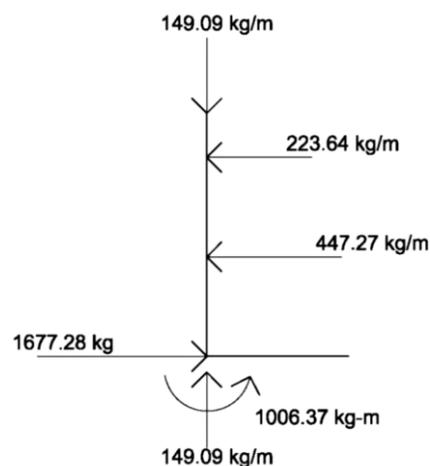
$$L = \frac{10 * Mu}{W} = \frac{10 * 933,33 \text{ lb} - \text{pie}}{300 \text{ lb/pie}} = 5,58 \text{ pie} \cong 1,7 \text{ m}$$

Los postes se colocarán a cada 2 m para que sea una distribución uniforme y estarán unidos por dos tubos de  $\varnothing 2''$  HG.

### 3.12. Diseño de postes

Se colocarán postes de concreto reforzado donde cada uno se diseñará como una columna a flexo-compresión, es decir que actúa sobre ella una carga axial más un momento flexionante, de acuerdo al diagrama de cuerpo libre de cargas actuantes que se muestra en la figura 8. Estos serán de concreto armado de sección 0,17 metros por 0,17 metros.

Figura 9. Diagrama de cargas para diseño de postes



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCad.

Se seguirá el procedimiento del ACI-318'05 para el diseño de columna a flexo-compresión, calculando primero la esbeltez, para clasificar la columna.

Análisis de columna corta rectangular con carga axial:

Se revisará la esbeltez:

$$Es = \frac{K * lu}{r} < 22$$

Donde:

E = esbeltez de la columna

K = factor de longitud efectiva de la columna

Lu = luz de la columna

r = radio de giro (0,30 h)

Datos:

K = 1 (por estar empotrado solo en un extremo)

lu = 1,10 m

$$Es = \frac{1 * 1,10}{0,3 * 0,17} = 21,56 < 22$$

Al ser la esbeltez menor de 22, implica que se analizará como columna corta.

Según ACI:

El área de acero longitudinal debe ser como mínimo el 1 por ciento del  $A_g$ , por lo tanto:

$$A_g = 0,17m * 0,17m = 289 \text{ cm}^2$$

$$A_{Smin} = 0,01 * A_g$$

$$A_{Smin} = 0,01 * 289$$

$$A_{Smin} = 2,89 \text{ cm}^2$$

El área de acero longitudinal máximo es el 6 % del  $A_g$ , por lo tanto:

$$A_{Smáx} = 0,06 * A_g$$

$$A_{Smáx} = 0,06 * 289$$

$$A_{Smáx} = 17,34 \text{ cm}^2$$

El acero propuesto ( $A_s$ ) es de 4 varillas No.5, lo que da un área de acero igual a 7,924 centímetros cuadrados.

Se debe chequear el área de acero propuesto con el área de acero mínimo y máximo:

$$A_{Smin} < A_s < A_{Smáx}$$

Determinando la resistencia nominal máxima de carga axial  $P_{n(max)}$  :

Datos:

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

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

$$A_g = 289 \text{ cm}^2$$

$$A_{st} = 7,924 \text{ cm}^2$$

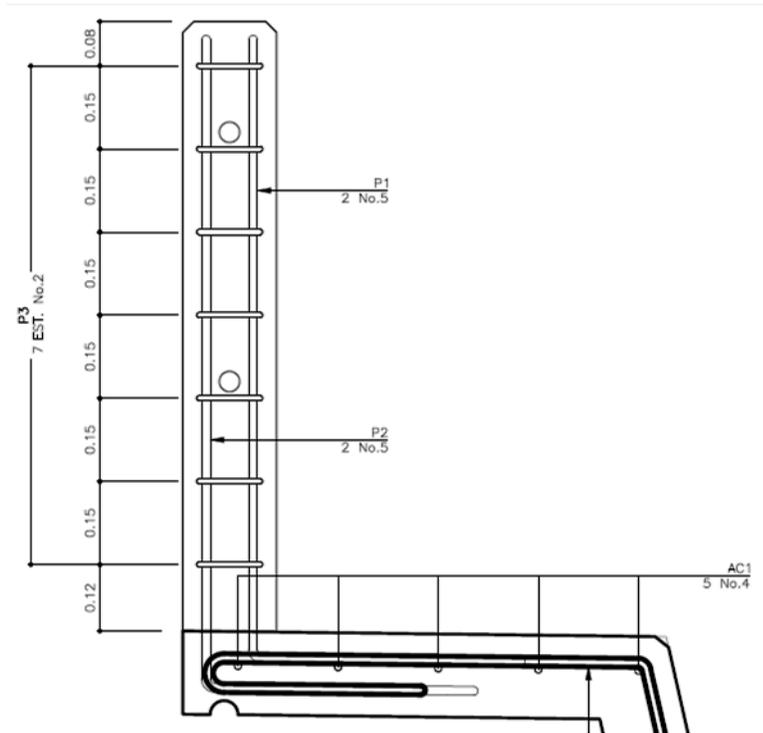
$$P_{n(max)} = 0,8 \cdot 0,85 \cdot f'_c \cdot A_g - A_{st} + A_{st} \cdot f_y$$

$$P_{n \text{ máx}} = 0,8 \cdot 0,85 \cdot 281 \cdot 289 - 7,924 + 7,924 \cdot 2810$$

$$P_{n \text{ máx}} = 71\,521,15 \text{ kg}$$

Utilizar 4 No.5 y estribos No.3 @ 0,15 metros.

Figura 10. Armadura del barandal



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCad.

### 3.13. Diseño de diafragmas

Los diafragmas son elementos que proveen rigidez a la superestructura del puente. Se colocarán en cada extremo de las vigas y en el punto de máximo momento positivo para luces mayores a 40 pies (12,10 m).

Para el diseño de los diafragmas se tomará en cuenta la sección 5.13.2.2 de las Normas AASTHO LRFD:

- Si la luz es mayor a 40 pies (12,19 metros), se deben colocar diafragmas en el punto medio o en los tercios de la luz.

- Serán colocados diafragmas en los extremos de las vigas T y de las vigas rectangulares, a menos que otros medios sean suministrados, para resistir cargas laterales y mantener la geometría de la sección.
- El ancho normal y mínimo para diafragmas interiores y exteriores será de 30 centímetros. Por la zona en la cual se encuentra ubicado el puente, se usará un recubrimiento mínimo de 5 centímetros, según tabla 5.12.3-1 del AASHTO LRFD.
- El alto del diafragma interior deberá ser  $\frac{3}{4}$  de la altura de la viga principal y no menor que 50 centímetros.
- El alto del diafragma exterior deberá ser  $\frac{1}{2}$  de la altura de la viga principal y no menor que 50 centímetros.

### 3.14. Diafragma externo

La altura del diafragma exterior deberá ser  $\frac{1}{2}$  de la altura de la viga principal; se determina de la siguiente manera:

$$H = \frac{1}{2} H_{\text{viga principal}}$$

$$H = \frac{1}{2} * 125 \text{ cm} = 62,50 \text{ cm} \approx 65 \text{ cm}$$

La base no debe ser menor a 0,30 metros.  $b = 30 \text{ cm}$

Los diafragmas exteriores no soportan cargas, por lo que diseñan con acero mínimo en ambas camas.

- Acero de refuerzo
  - Refuerzo longitudinal:

Para el diseño del refuerzo longitudinal se tomará en cuenta lo indicado en el código ACI 318-05, específicamente en la sección 21.3.2.1, que considera lo siguiente:

- Cualquier sección de un elemento sometido a flexión, para el refuerzo tanto superior como inferior, debe colocarse área de acero mínima.
- La cuantía de refuerzo no debe de exceder 0,025.
- Al menos dos barras deben disponerse en forma continua tanto en la parte superior como en la parte inferior.

Determinando el área de acero:

$$A_{S\text{mín}} = \frac{14,1}{f_y} * b * d$$

Datos:

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

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

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

$$\text{rec.} = 5 \text{ cm}$$

$$d = H - \text{rec} = 65 - 5 = 60 \text{ cms.}$$

$$A_{S\text{mín}} = \frac{14,1}{2\,810} * 30 * 60$$

$$A_{S\text{mín}} = 9,03 \text{ cm}^2$$

Colocar 4 No.6 en la cama superior e inferior.

Se debe de colocar acero intermedio (refuerzo adicional) cuando la separación entre la cama inferior y superior excede de 30 centímetros, se necesitan 5,29 centímetros cuadrados de acero por cada metro de alto.

Refuerzo adicional:

$$A_{S\text{refuerzo}} = 5,29 * 0,65$$

$$A_{S\text{refuerzo}} = 3,44 \text{ cm}^2$$

Utilizar 2 varillas No. 5.

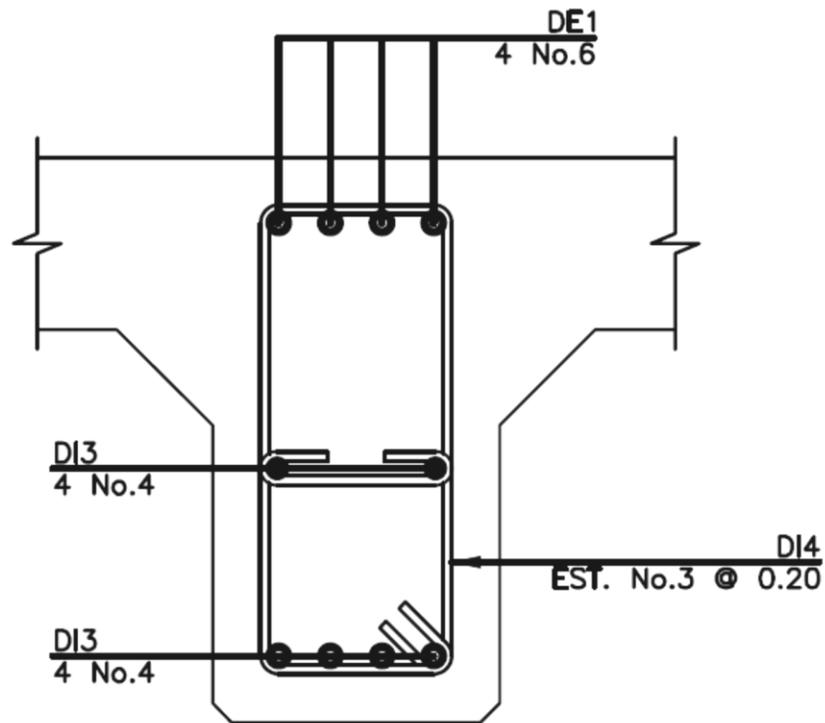
El refuerzo transversal, se coloca diámetro mínimo a  $S_{\text{max}} = d/2$ :

$$S_{\text{ref.transversal}} = \frac{d}{2} \leq 30 \text{ cm máximo}$$

$$S_{\text{ref.transversal}} = \frac{60}{2} = 30 \text{ cm}$$

Utilizar estribos No. 3 G40 @ 0,20 m.

Figura 11. **Detalle armado de diafragma externo**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCad.

### 3.15. **Diafragma interno**

La altura del diafragma interno se aconseja que sea de  $\frac{3}{4}$  de la altura de las vigas y un ancho usual de 30 cms.

$$H = \frac{3}{4} H_{\text{viga principal}} = \frac{3}{4} * 125 \text{ cm} = 93,75 \text{ cm} \approx 95 \text{ cms}$$

$$H = 95 \text{ cms}$$

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

$$d = H - \text{rec} = 95 - 5 = 90 \text{ cms.}$$

Refuerzo As min

$$A_{S_{\min}} = \frac{14,1}{f_y} bd$$
$$A_{S_{\min}} = \frac{14,1}{2810} * 30 * 90$$

$$A_{S_{\min}} = 13,55 \text{ cm}^2$$

Utilizar 3 No.8 G40 corridos en cama superior e inferior.

Para calcular el área de acero del refuerzo adicional, se recomienda adicionar 0,25 plgs<sup>2</sup> por cada pie de alto.

$$A_{S_{\text{ref.adicional}}} = 5,29 * 0,95 = 5,03$$

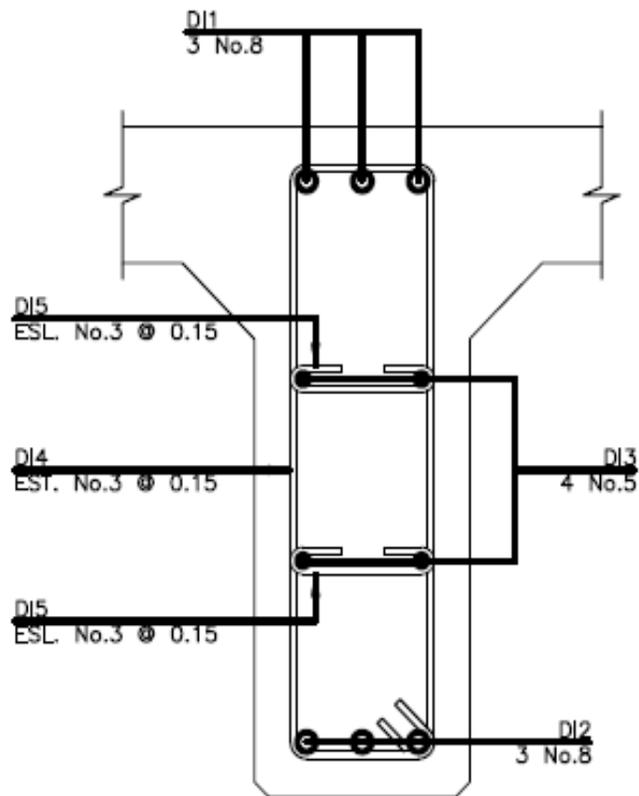
Utilizar 4 No.5 G40 corridos refuerzo adicional.

El refuerzo transversal, se coloca diámetro mínimo a  $S_{\max} = d/2$

$$S_{\text{ref.transversal}} = \frac{d}{2} \leq 30 \text{ cm máximo}$$
$$S_{\text{ref.transversal}} = \frac{90}{2} = 45 \text{ cm}$$

Utilizar estribos No.3 G40 @ 0,20 m.

Figura 12. **Detalle armado de diafragma interno**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCad.

### 3.16. **Cálculo de la losa**

Este es básicamente el piso del puente. Soporta directamente las cargas dinámicas (tráfico) y por medio de las armaduras transmite las tensiones a los estribos, que a la vez las hacen llegar a los cimientos, donde se disipan en la roca o terreno circundantes.

La función principal de una losa es distribuir las cargas transversal y longitudinalmente en toda la longitud del puente.

Se debe determinar cómo trabaja la losa armada y en este caso la losa trabaja en una sola dirección, con el refuerzo principal perpendicular a la dirección del tránsito.

### 3.16.1. Cálculo del espesor de losa

Según AASHTO 8.9.2, para losas continuas con refuerzo principal perpendicular a la dirección del tránsito, el espesor (t) se determina mediante la fórmula:

$$t_s = 0,10 + \frac{S}{30} \geq 0,175 \text{ m}$$

Donde:

$t_s$  = Espesor mínimo (mm)

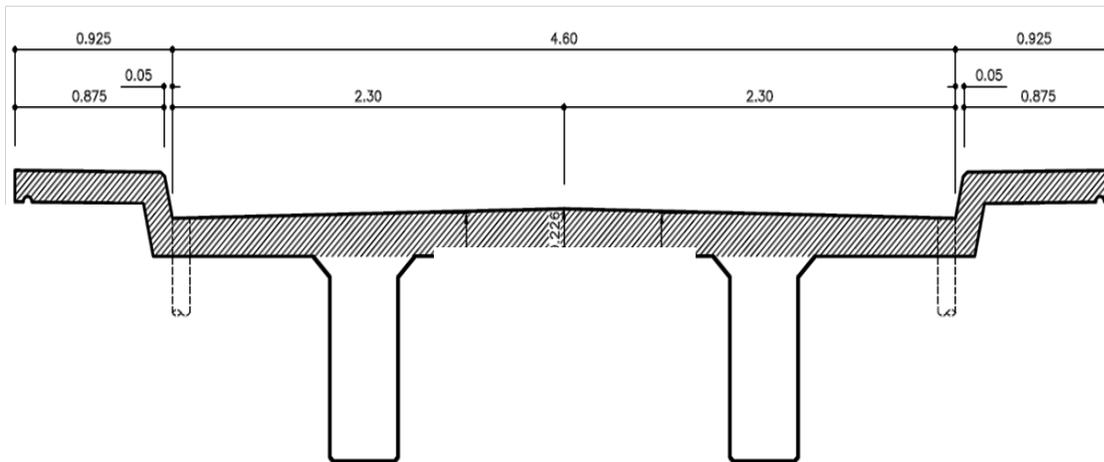
S = luz libre entre vigas (mm)

Determinando  $t_s$  =

$$t_s = 0,10 + \frac{1,95}{30} = 0,165 \text{ m}$$

El espesor mínimo a utilizarse es de 0,16 m, se observa que si cumple, en el diseño de esta losa se utilizará un espesor de 0,18 m.

Figura 13. **Sección transversal de la losa**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCad.

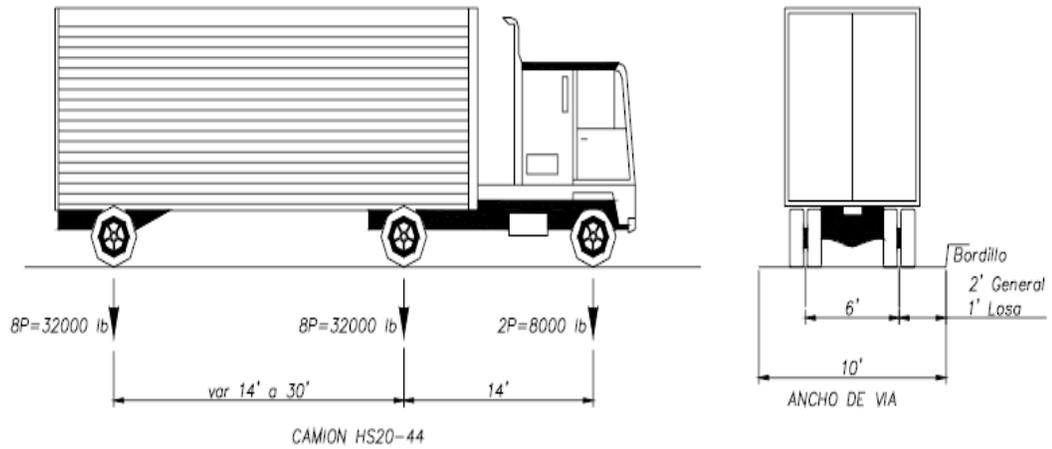
### 3.16.2. **Carga muerta**

Peso propio de losa = $W_L = (2\,400\text{ kg/m}^3) (1\text{ m}) (0,18\text{ m}) =$	432 kg/m
Barandales = $(2\,400\text{ kg/m}^3) (0,17\text{ m} * 0,17\text{ m} * 1,10) =$	36,76 kg/m
Tubo HG 2" =	<u>12,22 kg/m</u>
	480,98 kg/m

### 3.16.3. **Carga viva más impacto**

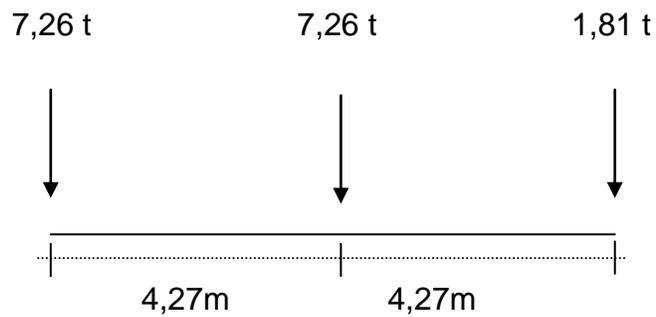
Se calcula el impacto según AASHTO 3.8.2.1 donde está especificado como un porcentaje de la carga viva y este debe ser menor o igual al 30 %. En este proyecto se utilizará un camión HS-20-44.

Figura 14. **Camión HS-20-44**



Fuente: Especificaciones Estándar AASHTO para Puentes de Carreteras.

Figura 15. **Carga por líneas de ruedas**



Fuente: elaboración propia.

- Factor de impacto para el diseño de la losa:

$$I = \frac{16}{40 + L}$$

Donde:

L = luz libre entre vigas

$$I = \frac{16}{40 + 1,95} = 0,38$$

Como 38 % > 30 %, se utiliza el valor de impacto como 30 %.

- Carga de la rueda trasera e intermedia más impacto:

$$1,30 * 7,26 = 9,44 \text{ t}$$

- Carga de la rueda delantera más impacto:

$$1,30 * 1,81 = 2,35 \text{ t}$$

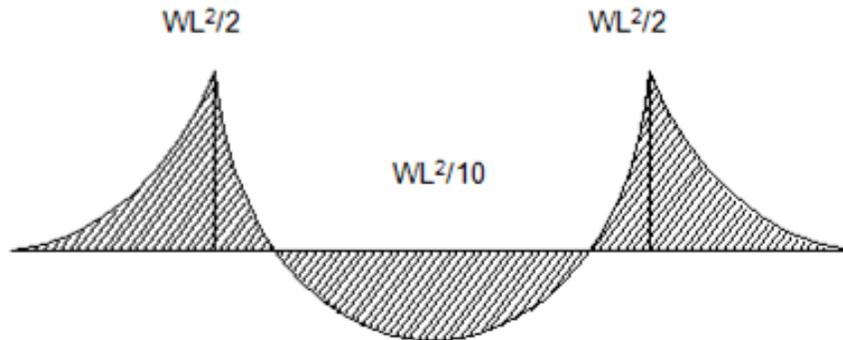
#### **3.16.4. Cálculo de momentos**

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

##### **3.16.4.1. Momentos debido a la carga muerta**

Son momentos causados por la acción de las cargas permanentes del puente.

Figura 16. **Diagrama de momentos**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCad.

### 3.16.4.2. **Momento flector para voladizos**

$$M_{cm} = \frac{WL^2}{2}$$

$$M_{cm} = \frac{480 \cdot 2,05^2}{2} = 2\,021,14 \text{ kg} \cdot \text{m} \quad \rightarrow \quad 2,02 \text{ t} \cdot \text{m}$$

### 3.16.4.3. **Momento flector para losa entre vigas**

$$M_{cm} = \frac{WL^2}{10}$$

$$M_{cm} = \frac{480,98 \cdot 2,35^2}{10} = 265,08 \text{ kg} \cdot \text{m} \quad \rightarrow \quad 0,27 \text{ t} \cdot \text{m}$$

#### 3.16.4.4. Momento flector por carga viva

Momento flector por carga viva en las luces interiores de la losa. Para losas con refuerzo principal perpendicular al tráfico se toma la formula siguiente:

$$M_L = \frac{0,8 P S + 0,6}{9,8}$$

Donde:

P = carga viva sin impacto

S = luz de diseño

$$M_L = \frac{0,8 \cdot 7,26 \cdot 1,95 + 0,6}{9,8}$$

$$M_L = 1,51 \text{ t.m /m}$$

Factor de impacto I

$$I = \frac{16}{40 + L}$$

Donde:

L = longitud de la losa a centro de las vigas

$$I = \frac{16}{40 + 2,35} = 0,38$$

Como 38 % > 30 %, se utiliza el valor de impacto como 30 %.

### 3.16.4.5. Momento flector por carga viva en el voladizo

Caso: refuerzo perpendicular al tráfico.

$$E = 0,8 X + 1,1$$

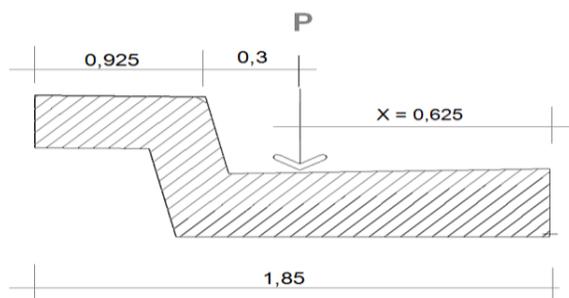
Donde:

X = distancia desde la carga hasta el punto de soporte

Para el diseño de las losas la línea de rueda debe localizarse a 0,30 m de la cara del guarda rueda o del andén.

Factor de impacto: para el cálculo de momentos debidos al camión, el valor de L es la longitud de la luz o para voladizos de distancia desde el punto de evaluación hasta el eje más alejado.

Figura 17. Ancho de distribución de cargas en voladizo



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCad.

Sustituyendo en E:

$$E = 0,8 \cdot 0,625 + 1,1$$

$$E = 1,6 \text{ m}$$

Momento por metro de losa

$$M = \frac{P}{E} x$$

$$M = \frac{7,26}{1,6} \cdot 0,89 = 4,04 \text{ t} \cdot \text{m/m}$$

#### 3.16.4.6. Momentos flectores últimos

- Grupo de carga I – Resistencia última

$$M_U = 1,3(M_D + 1,67 M_{(L+I)})$$

- En las luces interiores y el apoyo central

$$M_D = 0,27 \text{ t} \cdot \text{m /m}; \quad M_L = 1,51 \text{ t} \cdot \text{m /m}$$

$$M_U = 1,3 \cdot 0,27 + 1,67 \cdot 1,3 \cdot 1,51$$

$$M_U = 4,61 \text{ t} \cdot \text{m /m}$$

- En el voladizo

$$M_D = 2,02 \text{ t.m /m}; \quad M_L = 4,04 \text{ t.m /m}$$

$$M_U = 1,3 \cdot 2,02 + 1,67 \cdot 1,3 \cdot 4,04$$

$$M_U = 14,03 \text{ t.m /m}$$

### 3.16.5. Cálculo del peralte efectivo

El peralte efectivo se calcula de la siguiente manera:

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

$$d = 18 - 2,5 - \frac{1}{2} \cdot (1,27) = 14,9 \text{ cm}$$

### 3.16.6. Obtención de la armadura para la losa del puente

- Cálculo de acero de refuerzo

El acero de refuerzo se calculará de la siguiente manera:

$$A_s = b d - \frac{M_u}{0,003825 \cdot f'_c} * \frac{0,85 f'_c}{f_y}$$

Donde:

$$\Phi = 0,85$$

$$M_u = 14 \, 028,09 \text{ kg-m}$$

$$f'c = 281 \text{ kg/cm}^2$$

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

$$d = 14,9 \text{ cm}$$

$$As = 100 * 14,9 - \frac{100 * 14,9^2 - \frac{14028,09}{0,003825 * 281} * \frac{100}{281}}{4200} * \frac{0,85 * 281}{4200}$$

$$As = 30,34 \text{ cm}^2$$

- Área de acero mínimo

$$As_{min} = \frac{14,1}{fy} * bd$$

$$As_{min} = \frac{14,1}{4200} * 100 * 14,9$$

$$As_{min} = 5 \text{ cm}^2$$

- Área de acero máximo

$$As_{max} = 0,0278 bd$$

$$As_{max} = 0,0278 * 100 * 14,9$$

$$As_{max} = 41,42 \text{ cm}^2$$

$$As_{min} < As < As_{max}$$

$$5 < 30,34 < 41,42$$

Se usará varilla no.5

$$S = \frac{\Phi_{\text{Área No.5}}}{A_s} * 100$$

$$S = \frac{1,98}{30,34} * 100$$

$$S = 6,53$$

Acero de refuerzo = utilizar varillas No.5 @0,15 m, arriba y abajo, perpendicular al tráfico.

- Cálculo del área de acero por longitud

Para encontrar el área de acero ( $A_s$ ) según la AASHTO, recomienda que se calcule mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Along} = \frac{2,20}{S} \leq 0,67$$

Siendo S= luz libre entre vigas en pies. S = 6,40 pies (1,95m)

$$\text{Along} = \frac{2,20}{6,40} = 0,85$$

Como excedió, se tomará 0,67

$$A_{\text{min}} = 5 \text{ cm}^2 * 0,67 = 3,35 \text{ cm}^2$$

Usando varillas No.4

$$S = \frac{1,27}{3,35} * 100 = 38 \text{ cms}$$

Usando varillas No.4 @ 0,35 m

- Cálculo del área de acero por temperatura

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

Donde:

t (espesor de losa) = 0,18 m

$$A_{s \text{ temp}} = 0,002 * 100 * 18$$

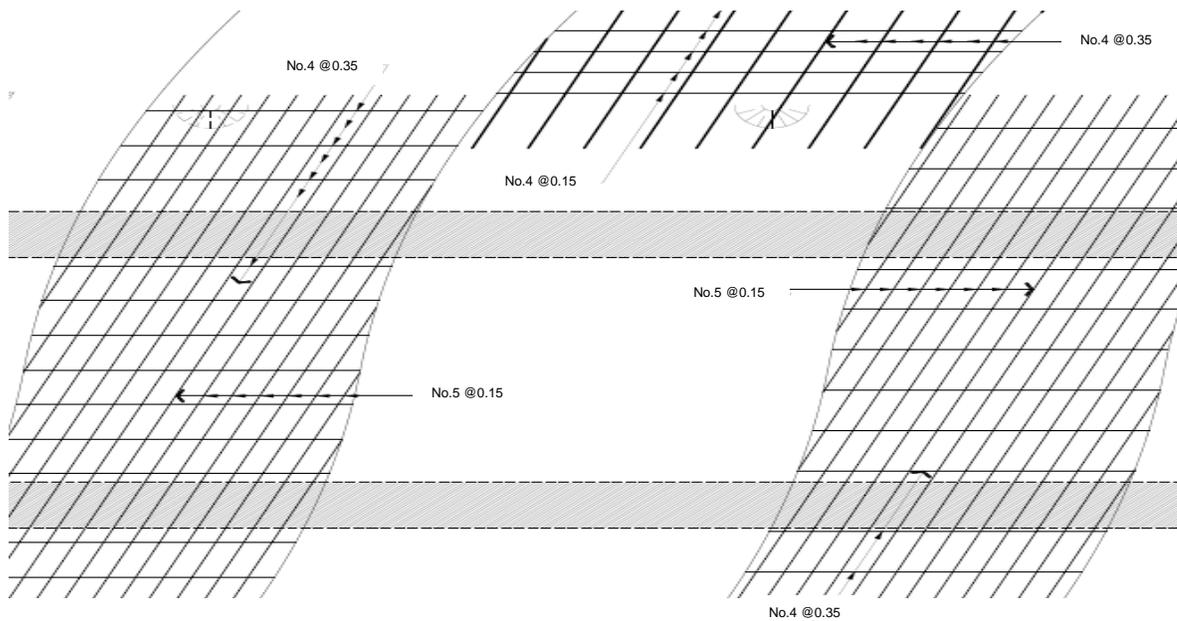
$$A_{s \text{ temp}} = 3,6 \text{ cm}^2$$

Usando varillas no. 4

$$S = \frac{1,27}{3,6} * 100 = 35,27 \text{ cm}$$

Utilizar varillas No.4 @ 0,35 m.

Figura 18. Armado de losa



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCad.

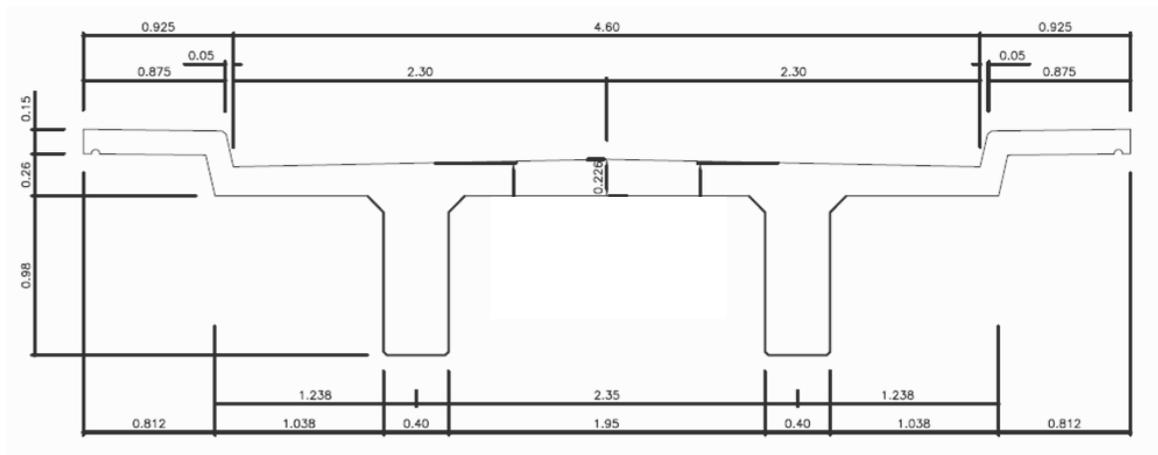
### 3.17. Diseño de viga

Las vigas son elementos estructurales sometidos principalmente a esfuerzos de flexión. Para no realizar revisión por deflexión, se toma un peralte no menor a  $L/16$  y la base no deberá ser menor que el peralte entre 3,5 para no revisar por alabeo.

Las vigas principales son los elementos estructurales más importantes de la superestructura, ya que estas transmiten cargas externas transversales hacia los apoyos, tanto carga muerta como carga viva, que provocan momentos flexionantes y fuerzas cortantes.

El espaciamiento entre vigas queda a criterio del diseñador. Una práctica muy usual es espaciar a 10 o 12 pies. Para el diseño de este proyecto se contará con dos vigas principales con iguales dimensiones para la superestructura del puente, la sección de las vigas se obtiene con base en la luz del puente. En las superestructuras simplemente apoyadas de luces iguales o menores a 25,00 metros, la carga que produce mayores efectos es la carga del camión y no la carga de pista, por lo que para este análisis no fue tomada en cuenta.

Figura 19. **Sección transversal de superestructura**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCad.

- Predimensionamiento de vigas

$$H = \frac{L}{16}$$

$$H = \frac{18}{16} = 1,125 \text{ m}$$

$$B = \frac{1,125}{3,5} = 0,32 \text{ m}$$

En este caso, para tener espacio suficiente para colocar el acero de refuerzo, se usará una base de 0,40 m y una altura de 1,18 m.

- Integración de cargas

#### Carga muerta

Peso de la losa =  $0,40 \times 2,4 = 0,96 \text{ t/m}$

Peso de viga =  $0,43 \times 2,4 = 1,00 \text{ t/m}$

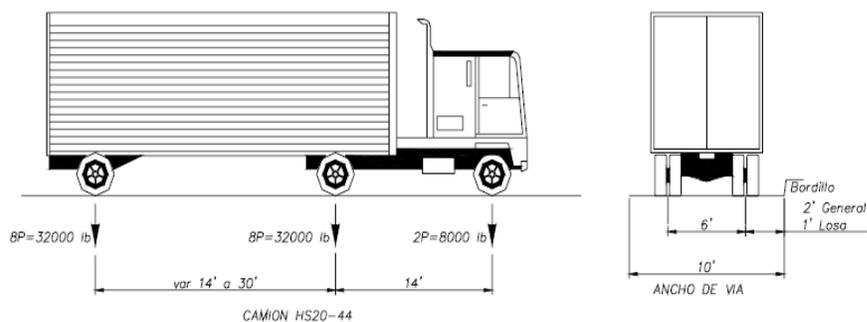
Peso de la acera =  $0,15 \times 2,4 = 0,36 \text{ t/m}$

Peso del barandal =  $0,016 \times 2,4 = \underline{0,04 \text{ t/m}}$   
2,36 t/m

Peso puntual del diafragma = 0,36 t

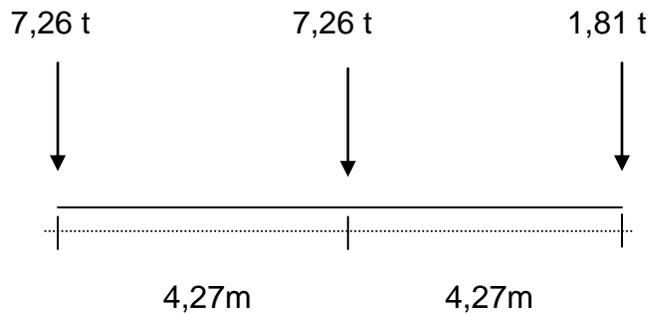
- Carga viva, línea de ruedas

Figura 20. **Camión utilizado para el diseño, HS20-44**



Fuente: especificaciones estándar AASHTO para puentes de carreteras.

Figura 21. **Carga por línea de ejes del camión en la viga**



Fuente: elaboración propia.

- Factor de impacto

$$I = \frac{16}{40 + L} = \frac{16}{40 + 18} = 0,27 = 27 \%$$

L = 18 m. (Luz de cálculo de la viga, a eje de apoyo).

- Carga de la rueda trasera e intermedia más impacto:

$$1,27 \times 7,26 = 9,22t$$

- Carga de la rueda delantera más impacto:

$$1,27 \times 1,81 = 2,30 t$$

### 3.17.1. Determinación del factor de rueda para la viga

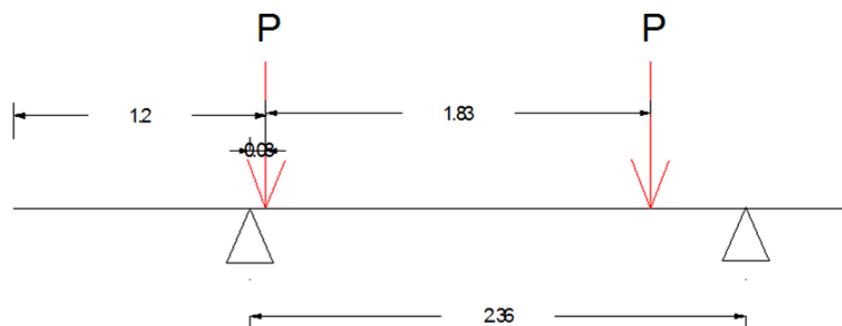
Para la determinación de las solicitaciones por carga viva se distingue el factor de rueda (F.R.) para la fuerza cortante de aquel correspondiente al momento flector.

- Factor de rueda por la fuerza cortante

Para calcular el cortante en los extremos de las vigas, la distribución lateral de las cargas de ruedas debe ser la que resulte de suponer la losa actuando como viga siempre entre las vigas portantes. Para otras posiciones de la carga en la luz, la distribución lateral de las cargas para cortante se determina de la misma forma que para momento. No debe hacerse distribución de las cargas concentradas a lo largo del eje de la viga.

El procedimiento para calcular el factor de rueda a cortante, suponiendo la losa simplemente apoyada entre las vigas, es conocido como el método del brazo de palanca.

Figura 22. Posición de las ruedas sobre la losa



Fuente: elaboración propia.

$$\begin{aligned}\Sigma M_a &= 0 \\ R_b &= 0,81P\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma F_y &= 0 \\ R_a &= 1,19P\end{aligned}$$

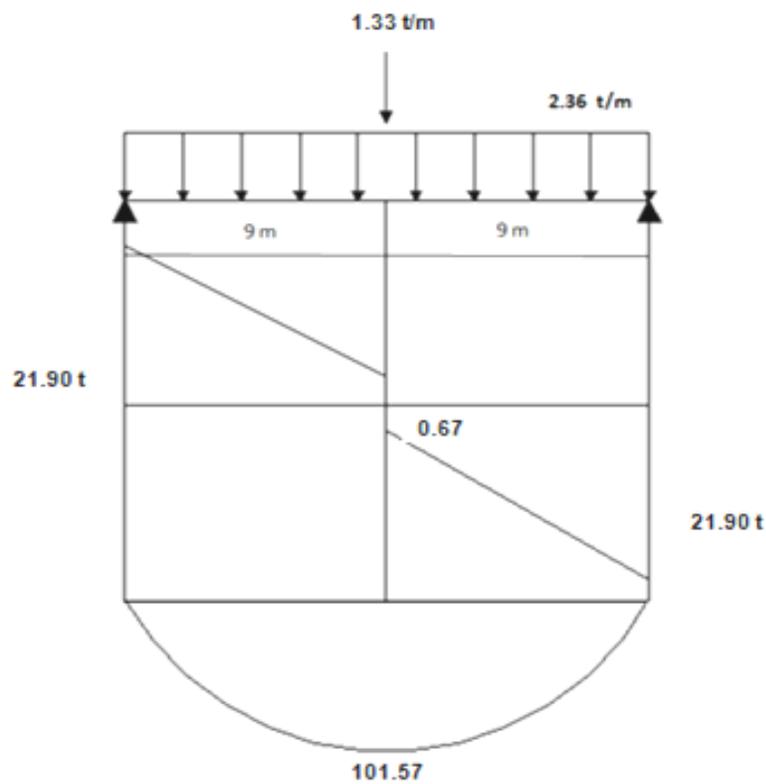
Se utilizará un factor de rueda de 1,19.

- Momento último

Peso del diafragma:  $0,30 \times 0,95 \times 1,95 \times 2,4 = 1,33 \text{ t}$

- Determinación de la fuerza cortante y el momento flector en la viga

Figura 23. **Momentos flectores por carga muerta**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCad.

- Momento flector y fuerza cortante debidos a la carga muerta.

$$M_D = 21,90x - \frac{2,36x^2}{2}; (0 \leq x \leq 9)$$

- Fuerza cortante debida a la carga muerta:

$$V_D = 21,90 - 2,36x; (0 \leq x \leq 9)$$

- Momento máximo por carga viva

$$\text{Factor de impacto} = I = \frac{16}{40+L} = \frac{16}{40+18} = 0,27$$

Rueda trasera e intermedia más impacto más factor de rueda

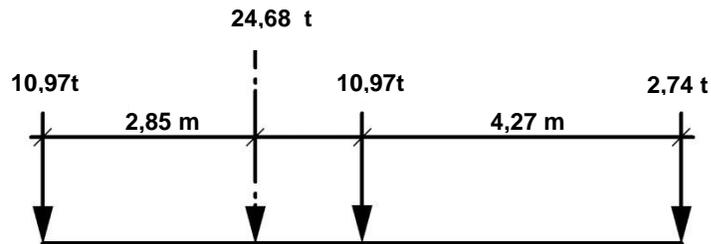
$$= 7,26 \times 1,27 \times 1,19 = 10,97 \text{ t}$$

Rueda delantera más impacto y por el factor de rueda

$$= 1,81 \times 1,27 \times 1,19 = 2,74 \text{ t}$$

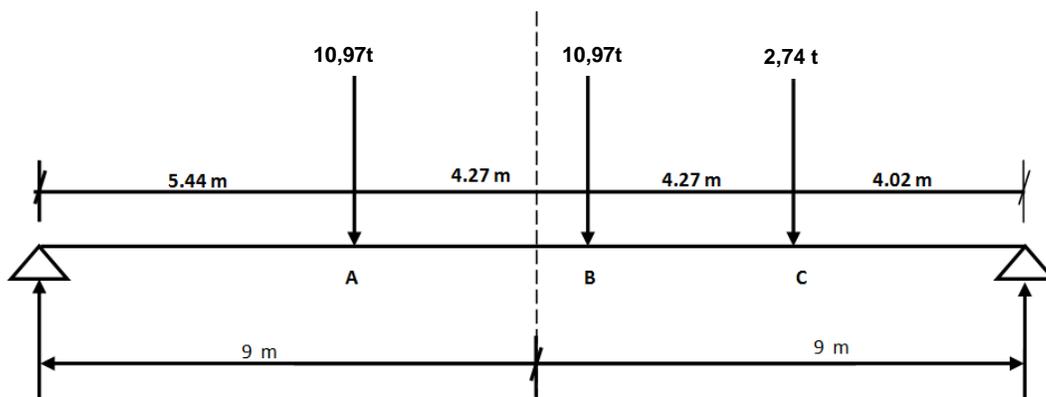
Posición del tren de carga del camión HS20-44 que produce el máximo momento flector bajo la rueda intermedia.

Figura 24. **Posición del tren de carga del camión HS 20-44**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCad.

Figura 25. **Posición del tren de carga del camión HS 20-44 a lo largo del puente**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCad.

$$\Sigma F_y = 0$$

$$R_b = 24,5 - R_a ; R_b = 7,27 t$$

$$\Sigma MR_b = 0$$

$$R_a = 17,23 t$$

$$M_B = 17,23 \cdot 9,71 - 10,97 \cdot 4,27 = 130,17 \text{ t} \cdot \text{m}$$

- Obtención del momento último en el centro de la luz de la viga exterior

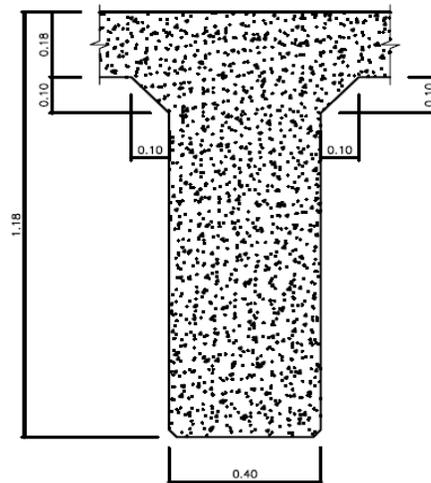
$$M_D = 101,52 \text{ t} \cdot \text{m}; M_L = 130,17 \text{ t} \cdot \text{m}$$

$$M_U = 1,3(M_D + 1,25 M_{I+L})$$

$$M_U = 1,3 \cdot 101,52 + 1,27 \cdot 130,17 = 346,89 \text{ t} \cdot \text{m}$$

- Diseño a flexión de la viga

Figura 26. **Sección transversal de viga**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCad.

Altura efectiva de la viga:

$$d = 1,18 - 0,15$$

$$d = 1,03 \text{ m}$$

### 3.17.2. Determinación de las dimensiones de la viga T

El ancho de placa, efectivo como ala de una viga, no debe exceder  $\frac{1}{4}$  de la luz de la viga. El ala efectiva que se proyecta hacia cada lado del alma no debe exceder de:

6 veces el espesor de la losa:

$$6t = 6 * 0,18 = 1,08 \text{ m}$$

La mitad de la distancia hasta la viga siguiente:

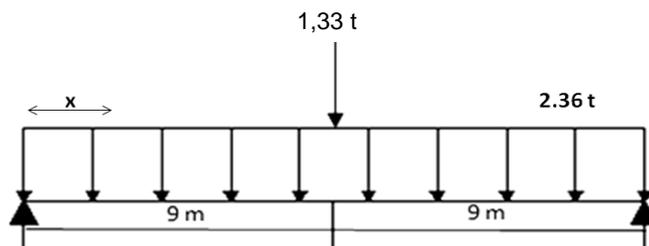
$$\frac{1,66}{2} = 0,83 \text{ m}$$

$$b_f = 2 * 1,08 + 0,40 = 2,56 \text{ m}$$

$$b_f = 2,55 \text{ m}$$

- Cálculo del momento flector por líneas de influencia.

Figura 27. **Momento flector por líneas de influencia**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCad.

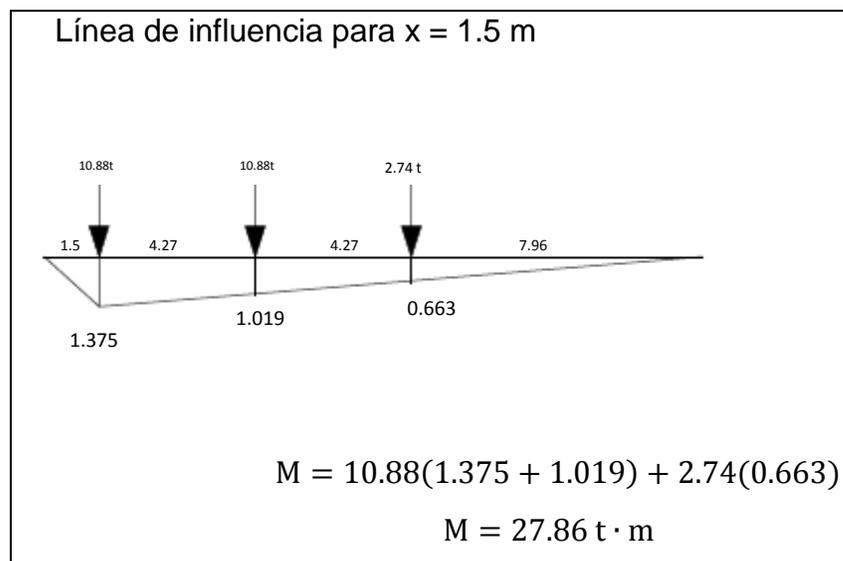
$$M_D x = 21,9 x - \frac{2,36 x^2}{2} ; \quad 0 < x < 9$$

$$V_D x = 21,9 - 2,36x ; \quad (0 < x < 9)$$

### 3.17.3. Momento flector debido a la carga viva en diferentes secciones de la viga interior

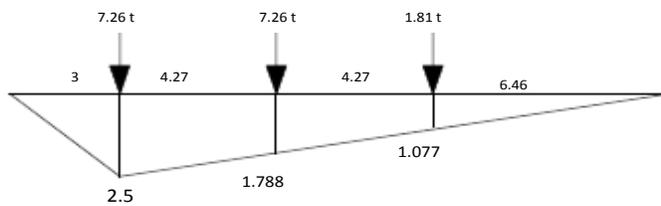
El máximo momento flector en secciones tomadas arbitrariamente cada 1,5 m y producido por el camión HS-20-44, se obtiene de la definición de línea de influencia.

Figura 28. **Cálculo del máximo momento flector por medio de líneas de influencia**



Continuación de la figura 28.

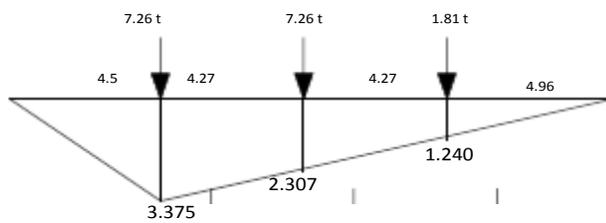
Línea de influencia para  $x = 3$  m



$$M = 7.26(2.5 + 1.788) + 1.81(1.077)$$

$$M = 33.08 \text{ t} \cdot \text{m}$$

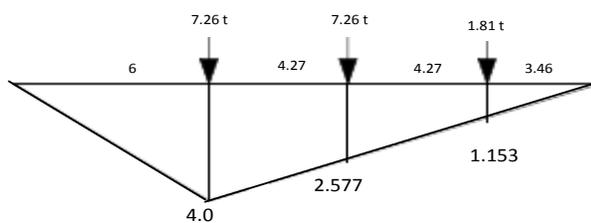
Línea de influencia para  $x = 4.5$  m



$$M = 7.26(3.375 + 2.307) + 1.81(1.240)$$

$$M = 43.496 \text{ t} \cdot \text{m}$$

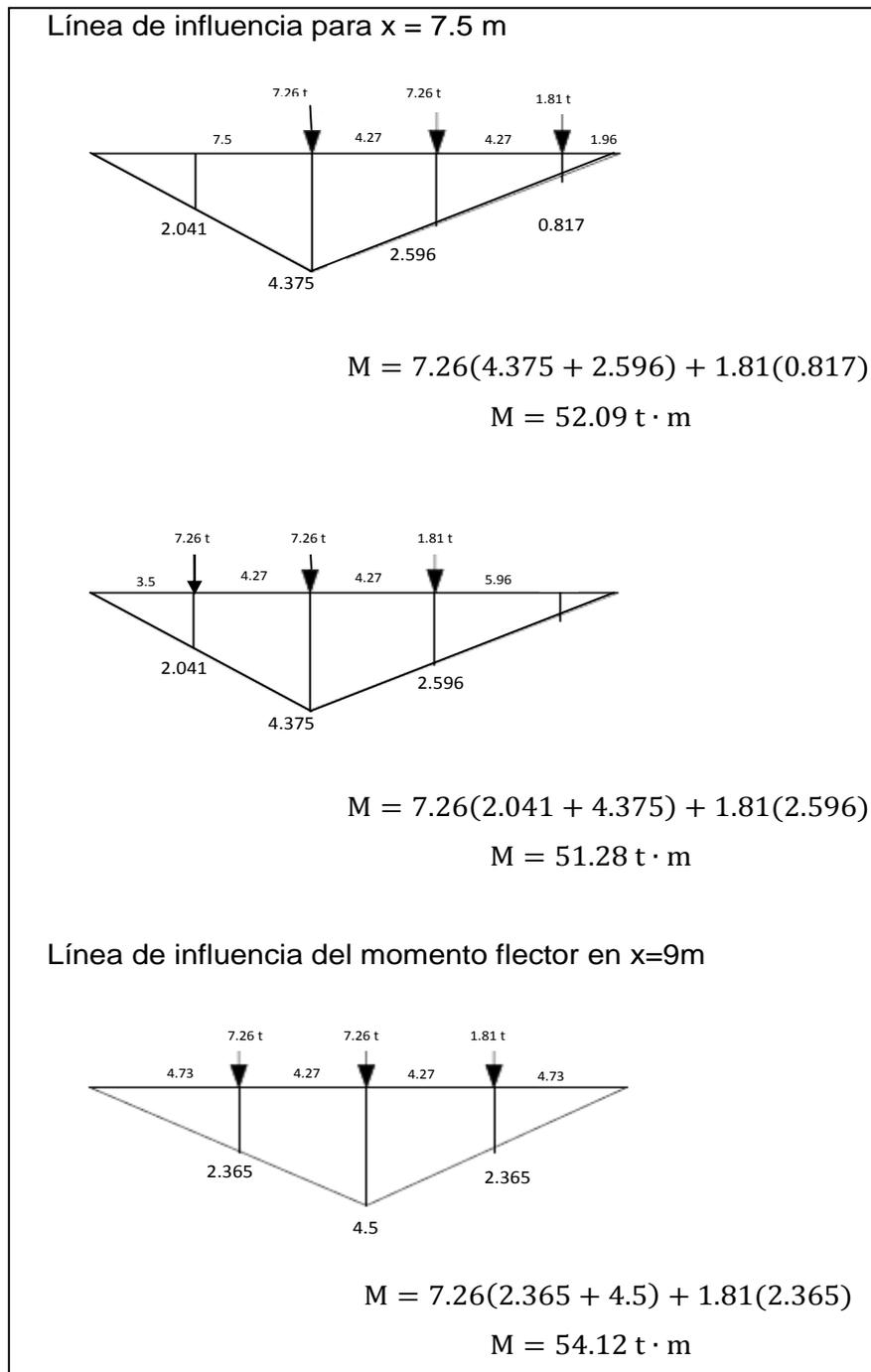
Línea de influencia para  $x = 6$  m



$$M = 7.26(4 + 2.577) + 1.81(1.153)$$

$$M = 49.83 \text{ t} \cdot \text{m}$$

Continuación de la figura 28.

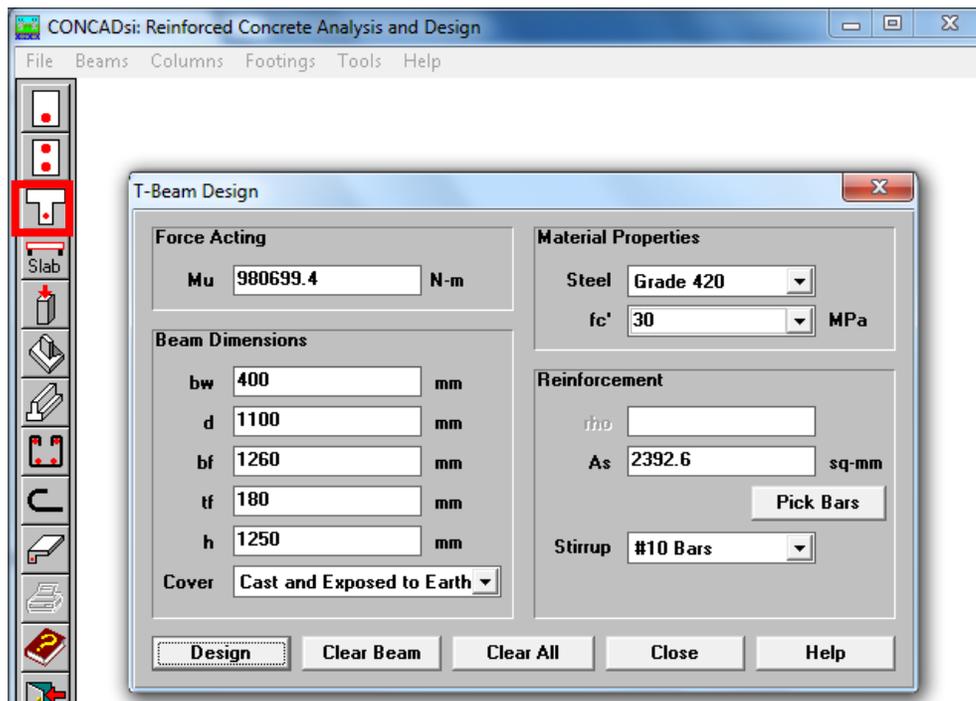


Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCad.

### 3.17.4. Cálculo del acero de refuerzo

Para el cálculo del acero de la viga se utilizó un programa que trabaja con factores como: dimensiones de la viga, el momento flector máximo que ejercen las cargas y según las barras sugeridas por la AASHTO para cada sección, y así predeterminará el área de acero.

Figura 29. Cálculo de acero para la viga



Fuente: elaboración propia, con programa de CONCAD.

La tabla siguiente muestra la variación del momento flector y de la armadura en la viga interior en secciones tomadas arbitrariamente cada 1,5 m.

Tabla X. **Variación del momento flector a cada 1,5 m.**

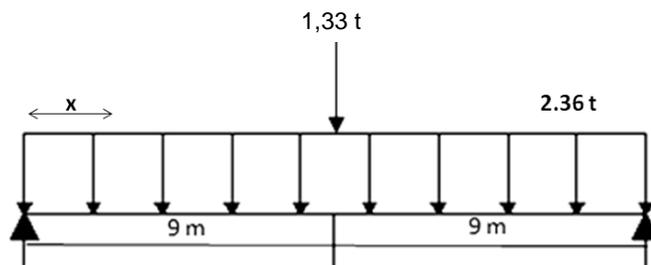
X (m)	1,5	3	4,5	6	7,5	7,5	9	unidad
<b>M<sub>D</sub></b>	30,20	55,08	74,66	88,92	97,88	97,88	101,52	t.m
<b>M<sub>(+L)</sub></b>	28,10	50,03	65,78	75,37	78,78	77,56	81,86	t.m
<b>M<sub>U</sub></b>	99,74	179,29	238,64	277,81	296,75	294,23	308,20	t.m
<b>Mu en N-m</b>	980699,4	1762879,4	2346539,9	2731680,8	2917875,3	2893112,8	3030430,3	N-m
<b>A<sub>s</sub></b>	2375,08	4293,64	5739,78	6701,02	7167,75	7331,59	7450,53	cm <sup>2</sup>
<b>Refuerzo No.8</b>	5	9	12	14	14	14	15	Barras #8

Fuente: elaboración propia.

### 3.17.5. Diseño a corte en diferentes secciones de la viga

- Variación de la fuerza cortante debido a la carga muerta en la viga.

Figura 30. **Diagrama de corte producido por la carga muerta**

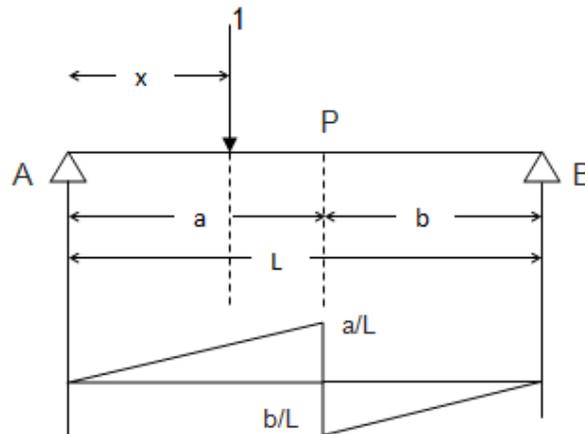


Fuente: elaboración propia.

$$V_D x = 21,9 - 2,36x ; (0 < x < 9)$$

Para determinar la posición del tren de cargas que produce la máxima fuerza cortante en una sección se recurre a la definición de línea de influencia.

Figura 31. **Línea de influencia de la fuerza cortante en el punto P**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCad.

Rueda trasera sobre el apoyo más el impacto, más el factor de rueda para la fuerza cortante:

$$C = 7,26 \times 1,30 \times 1,19 = 11,23$$

Rueda intermedia más el impacto, más el factor de rueda para la fuerza cortante:

$$C = 7,26 \times 1,30 \times 1,19 = 11,23$$

Rueda delantera más el impacto, más el factor de rueda para la fuerza cortante:

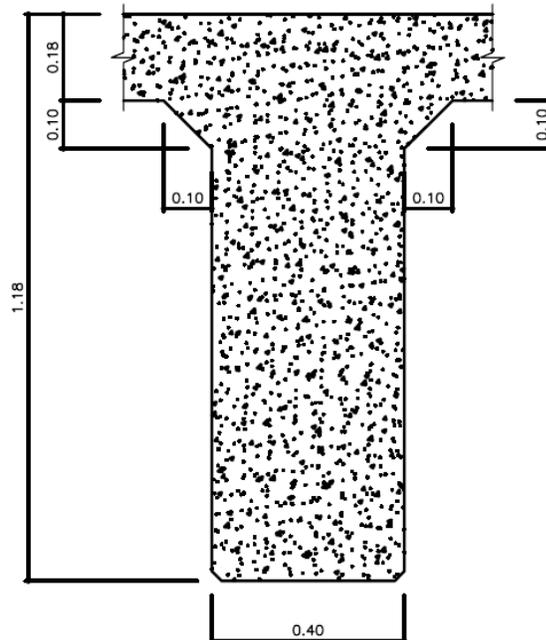
$$C = 1,81 \times 1,30 \times 1,19 = 4,30$$

La fuerza cortante por carga viva se obtiene recurriendo a la línea de influencia de la fuerza cortante en secciones de la viga, tomadas arbitrariamente cada 1,5 metros.

Sustituyendo las cargas de la línea de ruedas, incluidos el factor de impacto y el factor de rueda, se obtiene:

$$\begin{aligned}
 X = 0 & \rightarrow V_{L+I} = 11,23 \cdot 1 + 0,763 + 4,30 \cdot 0,525 = 22,05 \text{ t} \\
 X = 1,5 & \rightarrow V_{L+I} = 11,23 \cdot 0,917 + 0,846 + 4,30 \cdot 0,442 = 21,69 \text{ t} \\
 X = 3 & \rightarrow V_{L+I} = 11,23 \cdot 0,833 + 0,596 + 4,30 \cdot 0,359 = 18,30 \text{ t} \\
 X = 4,5 & \rightarrow V_{L+I} = 11,23 \cdot 0,75 + 0,527 + 4,30 \cdot 0,275 = 15,52 \text{ t} \\
 X = 6 & \rightarrow V_{L+I} = 11,23 \cdot 0,667 + 0,429 + 4,30 \cdot 0,192 = 13,13 \text{ t} \\
 X = 7,5 & \rightarrow V_{L+I} = 11,23 \cdot 0,583 + 0,346 + 4,30 \cdot 0,108 = 10,90 \text{ t} \\
 X = 9 & \rightarrow V_{L+I} = 11,23 \cdot 0,5 + 0,263 + 4,30 \cdot 0,026 = 8,68 \text{ t}
 \end{aligned}$$

Figura 32. **Sección efectiva que resiste la acción de los esfuerzos cortantes**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCad.

Fuerza cortante resistida por el concreto  $V_c$ :

$$V_c = v_c b_w d$$

$$V_c = 0,53 \overline{210} * 40 * 103 = 31\ 643,47 \text{ kg}$$

$$V_c = 31\ 643,47 \text{ kg} \rightarrow 31,64 \text{ t}$$

Fuerza cortante resistida por el acero  $V_s$ :

$$V_s = V_N - V_c$$

$$V_s = \frac{V_N}{\phi} - V_c$$

Donde:  $\phi=0,85$

$$V_s = \frac{V_N}{0,95} - 33,79$$

Separación S entre estribos:

$$S = \frac{A_v f_y}{v_s b_w}$$

Estribos No.4 de dos ramas

$$A_v = 2 * 1,27E^4 = 2,54E^4 \text{ m}^2$$

$$S = \frac{2 * 1,27E^4 * 4\ 200 * 1,1}{V_s} = \frac{11,73}{V_s}$$

El cuadro siguiente indica la variación de la fuerza cortante y la separación de los estribos No.4 en secciones escogidas arbitrariamente cada 1,5 m.

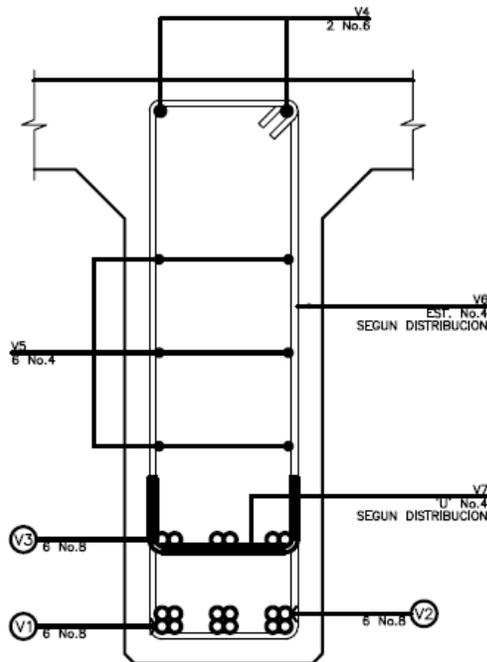
Fuerza cortante última:  $V_u = 1,3 (V_D + V_{(L+I)})$

Figura 33. **Variación de fuerza cortante**

X (m)	0	1,5	3	4,5	6	7,5	9	Unidad
$V_D$	21,90	18,36	14,82	11,28	7,74	4,20	0,66	t
$V_{(L+I)}$	22,05	21,69	18,3	15,52	13,13	10,9	8,68	t
$V_u$	76,34	70,96	59,00	48,36	38,57	29,12	19,70	t
$V_s$	118,89	108,12	84,20	62,93	43,34	24,46	5,61	t
<b>Separación</b>	0,097	0,108	0,139	0,186	0,271	0,480	2,089	m

Fuente: elaboración propia.

Figura 34. **Sección en el centro de la luz**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCad.

### 3.18. Diseño de la subestructura

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

#### 3.18.1. Cortina

Sirve para detener el relleno en sentido longitudinal, se considera empotrado a la viga de apoyo, el alto depende de la altura de la viga principal del puente.

Predimensionamiento de cortina; la cortina se diseñará a flexión y corte. Sobre esta actúan fuerzas de empuje de tierra (E), fuerza de sismo (S), fuerza longitudinal (FL), la cortina debe diseñarse para tener un equivalente líquido de 2 pies de alto, con una presión de  $480 \text{ kg/m}^3$ , según especificación AASHTO1.1.19.

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

$$H_{\text{cortina}} = H_{\text{viga principal}} = 1,18\text{m}$$

- Cálculo de la fuerza de sismo

$$S_{\text{sismo}} = 0,12 * W$$

W = Peso de la viga de apoyo + cortina

$$W = [(2\ 400 * 0,30 * 1,18) + (2\ 400 * 0,40 * 0,70)] = 1\ 521,60 \text{ kg}$$

$$S_{\text{sismo}} = 0,12 * W$$

$$S_{\text{sismo}} = 0,12 * (1\ 536,00 \text{ kg}) = 182,59 \text{ kg}$$

- Cálculo de la fuerza longitudinal

Esta será producida por las llantas del camión en el terrapleno apiroche, la cual es transmitida a la cortina de la siguiente manera, según AASHTO 2.9.1:

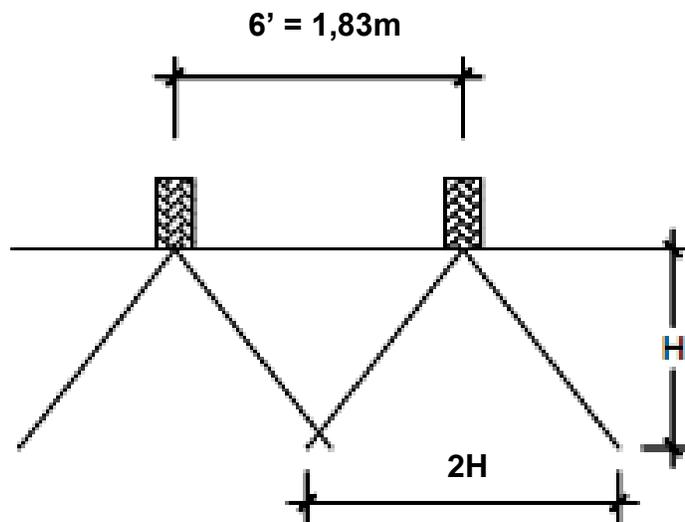
$$FL = 0,05 * \frac{P}{2H}$$

P= peso del camión = 7 257,48 kg (16 000 lb)

H = altura de cortina = 1,20 m

$$FL = 0,05 * \frac{7\ 257,48}{2 \cdot 1,20} = 151,20 \text{ kg}$$

Figura 35. Diagrama de distribución de fuerza longitudinal



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCad.

- Cálculo fuerza debido al empuje de tierra

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

$E_s$  = empuje de la tierra sobre la cortina

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

$$E_s = \frac{P_{suelo}}{2}$$

$$E_s = \frac{480 (1,20 \times 0,6)}{2}$$

$$E_s = 434,40$$

$$E_{sob} = P_{suelo} * H_{cortina}$$

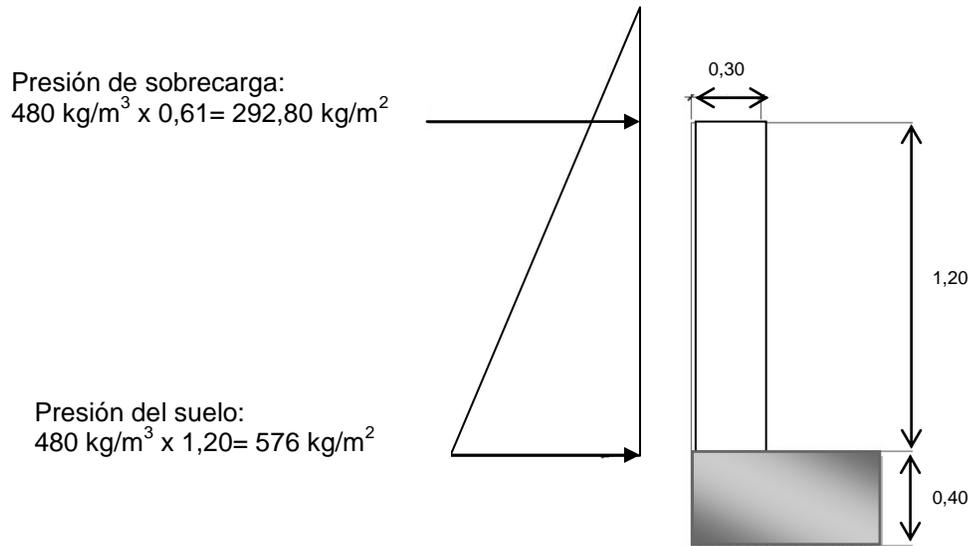
$$E_{sob} = 480 * 0,61 * 1,20$$

$$E_{sob} = 351,36$$

$$E = 434,40 + 351,76 = 785,76$$

En el siguiente diagrama se determina la ubicación de los puntos de aplicación de las presiones que actúan sobre la cortina.

Figura 36. Diagrama de presiones sobre la cortina



Fuente: elaboración propia.

El empuje se deberá calcular como el empuje de la sobrecarga calculado a 2 pies a lo largo de todo el alto de la misma, más el empuje del suelo en la base ( $P_s$ ) de la cortina al centro de la misma.

- Cálculo de momentos

$$M_{E_{sob}} = E_{sob} * \text{centroide de figura}$$

$$M_{E_{sob}} = 351,36 * \frac{1,20}{2}$$

$$M_{E_{sob}} = 210,82 \text{ kg} - \text{m}$$

$$M_{Es} = E_s * \text{centroide de figura}$$

$$M_{Es} = 434,40 * \frac{1,20}{3}$$

$$M_{Es} = 173,76 \text{ kg} - \text{m}$$

$$M_s = S_{\text{sismo}} * \text{centroide de la figura}$$

$$M_s = 184,32 * \frac{1,20}{2}$$

$$M_s = 110,59 \text{ kg} - \text{m}$$

$$M_{FL} = FL * \text{centroide de figura}$$

$$M_{FL} = 151,20 * 1,20 + 1,83\text{m}$$

$$M_{FL} = 458,14 \text{ kg} - \text{m/m}$$

- Combinación de cargas para momentos

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

$$\text{Grupo III} = 1,3 (M_{Esob} + M_{Es} + M_{FL})$$

$$\text{Grupo VII} = 1,3 (M_{Esob} + M_{Es} + M_s)$$

$M_{Esob}$  = momento debido a la sobrecarga de 2' aplicada al centro de la cortina.

$M_{Es}$  = momento debido a la carga del suelo aplicada a un tercio de la cortina.

$M_{FL}$  = momento debido a la fuerza longitudinal aplicada en toda la cortina.

$M_s$  = momento a la fuerza de sismo aplicada al centro de la cortina.

$$\text{Grupo III} = 1,3 (210,82 + 173,76 + 458,14)$$

$$\text{Grupo III} = 1\ 095,53 \text{ kg-m}$$

$$\text{Grupo VII} = 1,3 (210,82 + 173,76 + 110,59)$$

$$\text{Grupo VII} = 643,72 \text{ kg-m}$$

Se toma el mayor

- Cálculo del refuerzo por flexión en cortina

$$M_u = 1\,095,53 \text{ kg-m}$$

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

$$d = 24 \text{ cm}$$

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

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

Para calcular el área de acero ( $A_s$ ) se utiliza la siguiente ecuación:

$$A_s = b d - \frac{b d^2 - \frac{M_u * b}{0,00325 * f'_c} * 0,85 \frac{f'_c}{F_y}}{1}$$

$$A_s = (100 * 24) - \frac{100 * 24^2 - \frac{643,72 * 100}{0,00325 * 210} * 0,85 \frac{210}{2810}}{1}$$

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

Para calcular el área de acero mínimo ( $A_{s_{\min}}$ ) se utiliza la siguiente ecuación:

$$A_{s_{\min}} = \frac{14,1}{F_y} * b * d$$

$$A_{s_{\min}} = \frac{14,1}{2\,810} * 100 * 24$$

$$A_{s_{\min}} = 12,04 \text{ cm}^2$$

Para calcular el área de acero máximo ( $A_{s_{\max}}$ ) se utiliza la siguiente ecuación:

$$A_{s_{\min}} = 0,5 * \rho_{\text{bal}} * b * d$$

$$\rho_{\text{bal}} = \frac{\beta_1 * 0,85 * \epsilon_c * f'_c * E_s}{\epsilon_c * E_s + F_y F_y}$$

$$\rho_{\text{bal}} = \frac{0,85 * 0,85 * 0,003 * 210 * 2,02E^6}{0,003 * 2,03E^6 + 2810 \ 2810}$$

$$\rho_{\text{bal}} = 0,0369$$

$$A_{s_{\max}} = 0,5 * \rho_{\text{bal}} * b * d$$

$$A_{s_{\max}} = 0,5 * 0,0369 * 100 * 24$$

$$A_{s_{\max}} = 44,28 \text{ cm}^2$$

Como  $A_s < A_{s_{\min}} < A_{s_{\max}}$ ; entonces se utiliza  $A_{s_{\min}} = 12,04 \text{ cm}^2$

Utilizando varillas No.4 ( $A_v = 1,27 \text{ cm}^2$ ), se tiene:

$$12,04 / 1,27 = 9,48$$

Espaciamiento:

$$S = 100 / 9,48 = 10,55 \text{ cm}$$

Se utilizará varillas no.4 @ 0,10 m

- Combinación de cargas para corte

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

$$\text{Grupo III} = 1,3 (785,76 + 151,20)$$

$$\text{Grupo III} = 1\,218,05 \text{ kg}$$

$$\text{Grupo VII} = 1,3*(785,76 + 184,32)$$

$$\text{Grupo VII} = 1\,261,10 \text{ kg}$$

Se toma el mayor.

- Corte que resiste el concreto

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

$$V_c = 0,85 * 0,53 \sqrt{210 * 100} * 24$$

$$V_c = 15\,668,08 \text{ kg}$$

Debido a que el  $V_c > V_{m\acute{a}x}$ , el concreto resiste el cortante. Se colocará refuerzo mínimo al cortante.

- Espaciamiento entre varillas (S) No.4

$A_s$  = área de acero requerido

$A_{\text{varilla}}$  = área de la varilla a utilizar

S = espaciamiento

$$S = \frac{A_{\text{varilla}} * 100}{A_s}$$

$$S = \frac{1,27 * 100}{6,02} = 21,00 \text{ cms} \cong 0,20 \text{ m}$$

Utilizar varillas No.4 G40 @ 0,20 m, colocar en ambas caras de la cortina, refuerzo por corte.

### 3.18.2. Viga de apoyo

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

El predimensionamiento de la viga de apoyo irá a todo lo largo del estribo, se recomienda colocar para el armado acero mínimo. La viga de apoyo deberá tener una altura igual o mayor que 0,40 m. Se chequeará por aplastamiento y se deberá colocar refuerzo por corte refuerzo mínimo y espaciamiento máximo.

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

$$b_{\text{mínima}} = 0,02 * 18,00 = 0,36 \text{ m} < 0,40 \text{ m entonces se utilizará } 0,40 \text{ m.}$$

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

$$b_{\text{total}} = 0,40 + 0,30 = 0,70 \text{ m}$$

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

Para calcular el área de acero mínimo ( $A_s$  mín) se utiliza la siguiente ecuación:

$$A_{s_{\text{min}}} = \frac{14,1}{F_y} * b * d$$

$$A_{s_{\text{min}}} = \frac{14,1}{2810} * 40 * 36$$

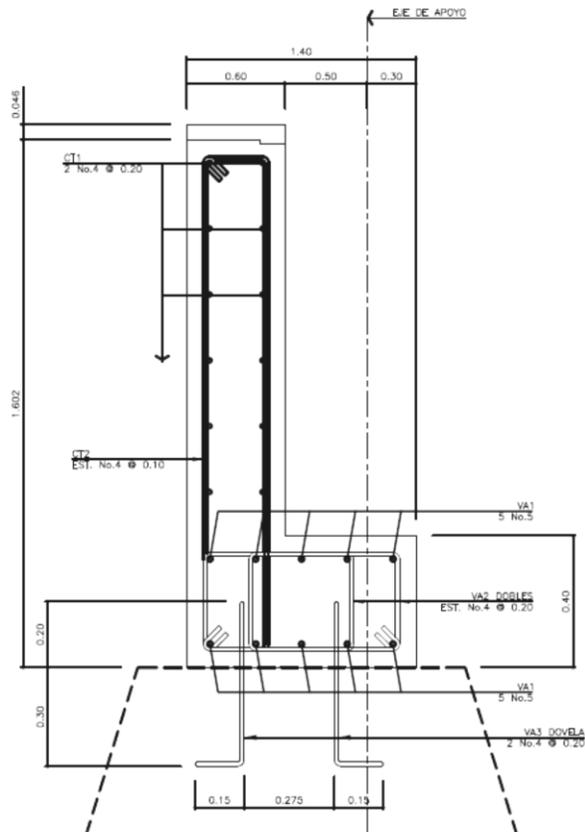
$$A_{s_{\min}} = 7,30 \text{ cm}^2; \text{ equivalente a 5 No. 5}$$

Utilizar 5 No. 5 G40 @0.10 m corridos en ambas camas de la viga de apoyo.

El refuerzo por corte se deberá colocar refuerzo mínimo y espaciamiento máximo pero no menos de  $H/2$ , esto sólo por seguridad.

Utilizar estribos No. 3 G40 @ 0,20 m

Figura 37. **Detalle de cortina y viga de apoyo**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCad.

### 3.18.3. Estribo

Elemento cuya función es transmitir las cargas de la superestructura hacia el suelo. También tiene por función contener la carga del relleno circundante. El tipo de estribo por diseñar en este proyecto corresponde a un muro de gravedad de concreto ciclópeo. Consiste en asumir una sección del muro, con ello se verifica el volteo, deslizamiento y presiones.

Peso específico concreto = 2 400 kg/m<sup>3</sup>

Peso específico del suelo = 1 200 kg/m<sup>3</sup>

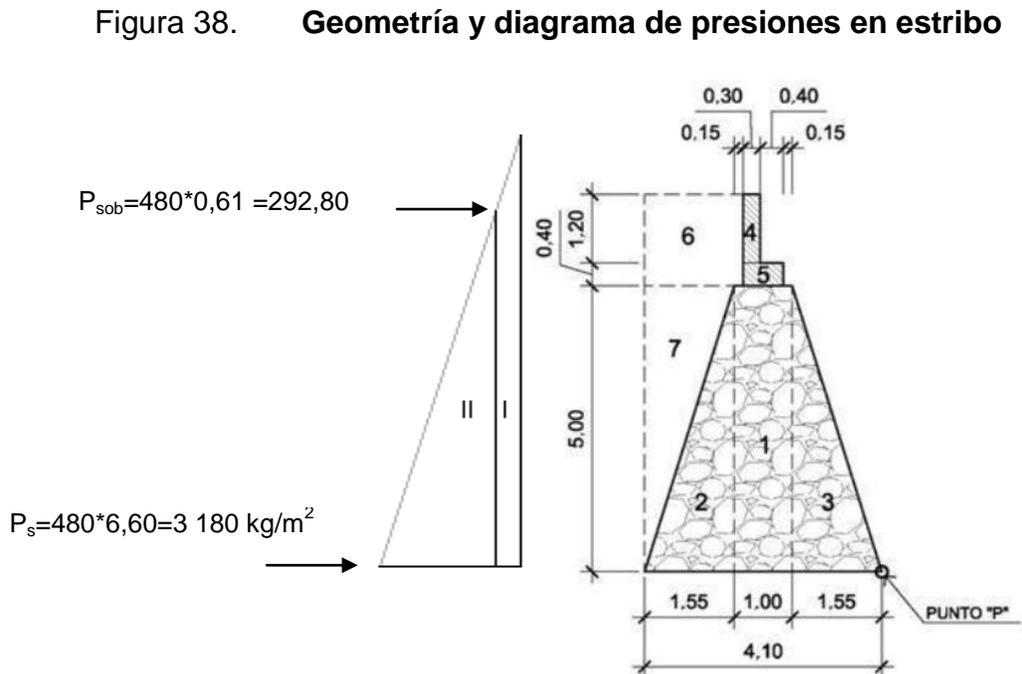
Peso específico concreto ciclópeo = 2 700 kg/m<sup>3</sup>

Valor soporte = 32 930 kg /m<sup>2</sup>

Base = 4,10 m

Altura total = 6,60 m

Eqv. Líquido = 480 kg/m<sup>3</sup>



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCad.

## Revisión del estribo sin superestructura

- Momento de volteo (MV)

El momento de volteo se origina debido a la presión que ejerce el suelo sobre la estructura.

$P_{sob.}$  = presión de sobre carga del suelo

$P_s$  = presión del suelo

$$P_{sob.} = 480 * 0,61 = 292,80 \text{ kg/m}^2$$

$$P_s = E_{quív.} * H_{total}$$

$$P_s = 480 * 6,60 = 3 168,00 \text{ kg}$$

$$E_{sob.} = 292,80 * 6,60 = 1 932,48 \text{ kg}$$

$$E_s = 3 168 * (6,60/2) = 10 454,40 \text{ kg}$$

$$M_{Esob} = E_{sob.} * \text{centroide de figura}$$

$$M_{Esob} = 1 932,48 * (6,60/2) = 6 377,18 \text{ kg-m}$$

$$M_{Es} = E_s * \text{centroide de figura}$$

$$M_{Es} = 10 454,40 * (6,60/3) = 22 999,68 \text{ kg-m}$$

Tabla XI. **Momentos del volteo sin superestructura**

Sección	H(m)	Pres. (kg/m <sup>2</sup> )	Empuje (kg)	Brazo (m)	Momento (kg-m)
I	3,30	3 168,00	10 454,40	2,20	22 999,68
II	6,60	292,80	1 932,48	3,30	6 377,18
			$\Sigma = 12 368,88$ (Ev)		$\Sigma = 29 376,86$ (Mv)

Fuente: elaboración propia.

- Momento estabilizante (ME)

Este momento es el que es producido por el peso propio de la estructura y el relleno.

Tabla XII. **Momento estabilizante sin estructura**

Sección	A(m <sup>3</sup> )	P esp. (kg/m <sup>3</sup> )	Peso (kg)	Brazo (m)	Momento (kg-m)
1	5,000	2 700	13 500,00	2,05	27 675,00
2	3,875	2 700	10 462,50	3,07	32 119,88
3	3,875	2 700	10 462,50	1,03	10 776,38
4	0,360	2 400	864,00	2,25	1 944,00
5	0,280	2 400	672,00	2,05	1 377,60
6	2,720	1 200	3 264,00	3,25	10 608,00
7	3,875	1 200	4 650,00	3,58	16 647,00
			Σ= 43875,00 (We)		Σ= 101 141,86 (Me)

Fuente: elaboración propia.

- Volteo

$$\text{Volteo} = \frac{M_E}{M_V} > 1,50$$

$$\text{Volteo} = \frac{101\ 141,86}{29\ 376,86}$$

$$\text{Volteo} = 3,44 > 1,50$$

- Deslizamiento

$$\text{deslizamiento} = 0,5 * \frac{W_e}{E_v} > 1,50$$

$$\text{deslizamiento} = 0,5 * \frac{43\,875,00}{12\,368,88}$$

$$\text{deslizamiento} = 1,77 > 1,50$$

- Presiones

Para realizar este análisis, se debe de determinar la excentricidad que existe y que es la distancia del centro del estribo al punto en que la resultante de la fuerzas que actúan se intersectan.

Un estribo se puede dimensionar, de tal forma que, la resultante del propio peso y el empuje de tierras se intersecten con la base a distancias iguales de cada lado.

Se debe tomar en cuenta el principio del tercio medio. Cuando la resultante de las cargas se intersecta con la base a una distancia determinada desde el borde de la base(a), una parte del terreno está sometida a esfuerzos de compresión; la distancia a la que ocurre esto es igual a 3\*a.

Donde:

a = distancia a la que se intersecta la resultante de la carga con la base.

A = área

e = excentricidad = b/2 – a

b = base de estribo

$$a = \frac{M_E - M_V}{W_E}$$

$$a = \frac{112\,504,11 - 29\,376,86}{47\,172,50}$$

$$a = 1,76$$

Si  $3a$  es menor a la base, la porción de tierra que se encuentra a compresión tiene efecto dentro del área del estribo, por lo que se debe de verificar que la distancia igual a  $3*a$  quede fuera de la base del estribo.

$$3a > b$$

$$3(1,76) > 4,10$$

$$5,28 > 4,10$$

Encontrando presiones en el suelo

$$e = (b/2) - a$$

$$e = (4,10/2) - 1,76$$

$$e = 0,19$$

Las presiones se verifican de la siguiente forma:

$$\text{presión} = \frac{W_E}{A} * \left( 1 \pm 6 * \frac{e}{b} \right)$$

$$\text{presión} = \frac{47\,172,50}{4,10 * 1,00} * \left( 1 \pm 6 * \frac{0,19}{4,10} \right)$$

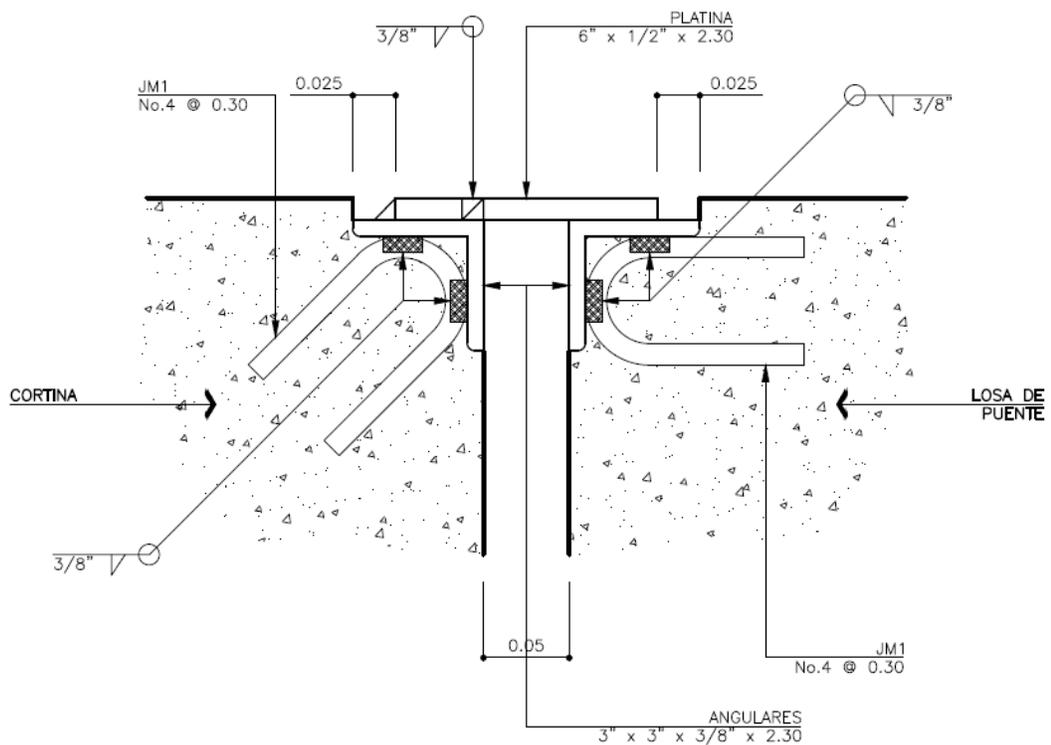
$$\text{presión}_{\text{máxima}} = 16\,388,30 \text{ kg/m}^2 < 24\,900 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{presión}_{\text{mínima}} = 6\,622,70 \text{ kg/m}^2$$

### 3.18.4. Juntas

Las juntas de dilatación son dispositivos que permiten los movimientos relativos entre dos partes de una estructura. Los tipos de juntas y las interrupciones superficiales del pavimento deben considerar además el confort de los usuarios.

Figura 39. Detalle de juntas



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCad.

### 3.18.5. Apoyos

Se colocaran apoyos elastoméricos, cuya finalidad es transmitir cargas y acomodar movimientos entre el puente y la estructura de apoyo.

### 3.18.6. Diseño de apoyo elastomérico (neopreno)

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

Reacciones en cada apoyo de la viga:

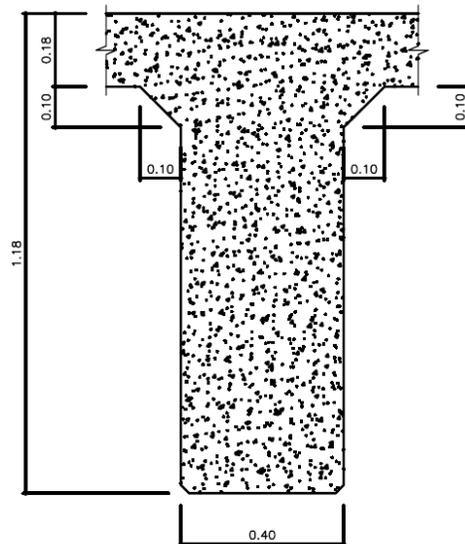
Carga muerta: 21,24 t

Carga viva sin impacto: 7,26 t

Reacción de diseño: 28,50 t

Sección transversal de la viga:

Figura 40. **Sección transversal de la viga**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCad.

Determinando el corrimiento máximo por temperatura ( $\Delta L_1$ ):

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

Donde:

$$L = 18.00 \text{ m}$$

$$\alpha = 2 \times 10^{-3}$$

$$\Delta t = 23^\circ\text{C}$$

$$\Delta L_1 = \frac{18}{2} * 2 \times 10^{-3} * 23$$

$$\Delta L_1 = 0,414 \text{ cm}$$

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

Entonces:

$$\Delta = 1,20 * 4,14 = 4,968 \text{ mm}$$

Evaluación de la altura del apoyo elastomérico

El apoyo debe diseñarse para  $h_{rt} > 2\Delta_s$

Donde:

$h_{rt}$  = espesor total del elastómero del apoyo en cm, e igual a  $\sum h_{rt}$

Por consiguiente  $h_{rt} > 2 \times 4,968 = 9,936 \text{ mm}$

Se supone un apoyo elastomérico con un espesor total de 44 milímetros con cuatro capas de refuerzo de acero de 1 mm de espesor, cada una.

Evaluación del factor de forma S del apoyo elastomérico, el factor de forma viene dado por la siguiente ecuación:

$$S = \frac{LW}{2h_{rt} L + W}$$

Donde:

W = dimensión total del apoyo rectangular paralela al eje transversal

L = dimensión total del apoyo rectangular paralela al eje longitudinal

Hri = espesor de la capa i del elastómero

Se supone un apoyo elastomérico compuesto de 3 capas interiores de 10 milímetros de espesor cada una, separadas entre sí por una lámina de 1 milímetro de espesor, las capas exteriores tienen una altura de 5 milímetros.

El apoyo de la viga tiene un espesor de 400 milímetros, en consecuencia se supone un ancho W del apoyo elastomérico de 400 milímetros, sustituyendo en S se obtiene.

$$S = \frac{L 400}{2 * 10 L + 400}$$

$$S = \frac{20L}{L + 400}$$

Evaluación del esfuerzo de compresión:

El esfuerzo promedio a compresión en cualquier capa del elastómero debe cumplir la siguiente ecuación:

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

Donde:

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

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

$\beta$  = factor de modificación que tiene un valor de 1 para capas internas de apoyos reforzados y 1,4 para capas de cubierta y 1,8 para apoyos simples

Se supone un apoyo elastomérico de dureza 60 en la escala de dureza Shore A. Los valores del módulo cortante para un elastómero de dureza 60 varían entre  $9,10 \text{ kg/cm}^2$  y  $14 \text{ kg/cm}^2$  se tomará un valor  $G = 10 \text{ kg/cm}^2$ .

Se supone además que  $\beta = 1$

Entonces:

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

$$S = \frac{\sigma_{c,TL} \beta}{G}$$

$$S = \frac{70 * 1}{10} = 7 \text{ Factor de forma}$$

Sustituyendo:

$$7 = \frac{20 L}{L + 400}, \quad \text{despejando } L$$

$$L = 215.38 \text{ mm}$$

Se toma una longitud  $L = 300 \text{ mm}$

Las dimensiones propuestas para el apoyo elastomérico son:

$W = 300 \text{ mm}$

$L = 300 \text{ mm}$

$H_{ri} = 10 \text{ mm}$

Diseño propuesto del apoyo elastomérico:

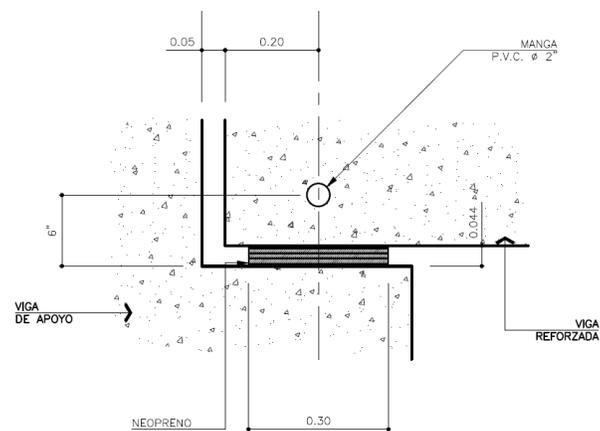
Dos capas exteriores de 5 mm

Tres capas interiores de 10 mm

Cuatro láminas de refuerzo en acero:  $4 \times 1 = 4 \text{ mm}$

Espesor total del apoyo: 44 mm

Figura 41. **Apoyo elastomérico**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCad.

Esfuerzo efectivo a compresión sobre el apoyo elastomérico:

$$\sigma = \frac{P_{\text{servicio}}}{\text{area}}$$

$$\sigma = \frac{28\,500}{30 * 30} = 31,67 \text{ kg/cm}^2 < 70 \text{ kg/cm}^2, \text{ cumple}$$

### **3.19. Estudio de Impacto Ambiental**

Según el artículo 8 del decreto 68-86 para todo proyecto, obra, industria o cualquier otra actividad que por las características pueda producir deterioro a los recursos naturales renovables o no, al ambiente, o introducir modificaciones nocivas o notorias al paisaje y a los recursos culturales del patrimonio nacional, será necesario previamente al desarrollo un estudio de Evaluación del Impacto Ambiental, realizado por técnicos en la materia y aprobado por la Comisión del Medio Ambiente.

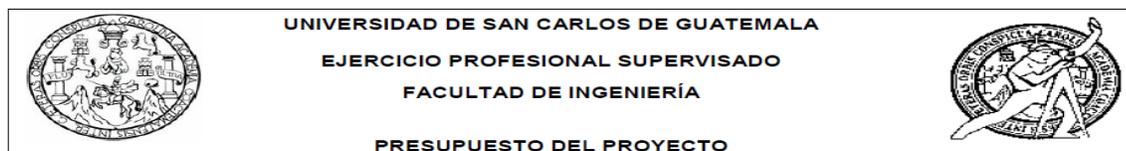
El funcionario que omitiere exigir el estudio de Impacto Ambiental de conformidad con este Artículo será responsable personalmente por incumplimiento de deberes, así como el particular que omitiere cumplir con dicho estudio de Impacto Ambiental será sancionado con una multa de Q. 5 000,00 a Q.100 000,00. En caso de no cumplir con este requisito en el término de seis meses de haber sido multado, el negocio será clausurado en tanto no cumpla.

Por la envergadura del proyecto y consultas en el MARN, para le ejecución del proyecto se requerirá de un diagnóstico ambiental de bajo impacto el cual se adjunta el formulario. (Ver apéndice 3).

### 3.20. Presupuesto

El presupuesto se elaboró aplicando los criterios y renglones de las Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras y Puentes edición 2012.

Tabla XIII. Presupuesto del puente vehicular



**Proyecto:** Puente vehicular

**Ubicación:** Quebrada de los Coches, San José del Golfo, Guatemala

**Solicitante:** Municipalidad de San José del Golfo, Guatemala

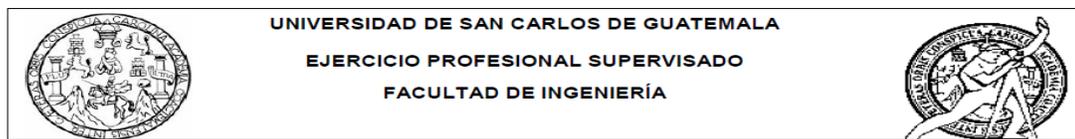
Item No	Item	Unit	Cantidades Estimadas	Precio Unitario	Costo Total
201,03	Retiro de estructuras, servicios existentes y obstáculos	global	1,00	Q 22 831,00	Q 22 831,00
20505(b)(1)	Excavación estructural para cimentación de estructuras (puentes)	m3	480,00	Q 413,44	Q 198 451,20
20511(b)	Relleno estructural para cimentación de estructuras (puentes)	m3	260,00	Q 210,82	Q 54 813,20
555,01	Concreto Ciclópeo	m3	164,48	Q 1 000,68	Q 164 591,85
55303(a) 28	Concreto 4000 psi	m3	34,06	Q 5 988,02	Q 203 951,96
55303(a) 35	Concreto 5000 psi	m3	15,07	Q 8 745,81	Q 131 799,36
552,01	Acero de refuerzo (grado 60) (Estribos 3/8" grado 40)	kg	6 988,45	Q 77,81	Q 543 771,29
55203(f)50	Acero estructural	kg	190,39	Q 156,85	Q 29 862,67
56103 ( c )	Neopreno	dm3	23,34	Q 2 765,55	Q 64 547,94
60203( c ) 4"	Tubo galvanizado de 4"	ml	6,00	Q 2 032,00	Q 12 192,00
60203( c ) 2"	Tubo galvanizado de 2"	ml	72,00	Q 124,30	Q 8 949,60
567,01	Barandales	ml	36,80	Q 922,17	Q 33 935,86
251,01	Zampeado	m3	80,00	Q 1 201,48	Q 96 118,40
<b>COSTO TOTAL</b>					<b>Q 1 565 816,33</b>

Fuente: elaboración propia.

### 3.21. Cronograma de ejecución

El puente vehicular se tiene previsto ejecutarse en un transcurso de 6 meses.

Tabla XIV. Cronograma de ejecución



**Proyecto:** Puente vehicular

**Ubicación:** Quebrada de los Coches, San José del Golfo, Guatemala

**Solicitante:** Municipalidad de San José del Golfo, Guatemala

No	DESCRIPCIÓN	% INVERSI	% ACUM	mes 1				mes 2				mes 3				mes 4				mes 5				mes 6				Avance Financiero		
				1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4			
1	Retiro de estructuras, servicios existentes	1,46 %	1,46 %	■	■	■	■																							Q 22 831,00
2	Excavación estructural para cimentación de estructuras	12,67 %	14,13 %					■	■	■	■																			Q 198 451,20
3	Relleno estructural para cimentación de estructuras	3,50 %	17,63 %									■	■	■	■															Q 54 813,20
4	Concreto Ciclópeo	10,51 %	28,14 %													■	■	■	■	■	■	■	■							Q 16 4591,85
5	Concreto 4000 psi	13,03 %	41,17 %													■	■	■	■	■	■	■	■							Q 203 951,96
6	Concreto 5000 psi	8,42 %	49,59 %													■	■	■	■	■	■	■	■							Q 131 799,36
7	Acero de refuerzo (grado 60) (Estribos 3/8" grado 40)	34,73 %	84,31 %													■	■	■	■	■	■	■	■							Q 543 771,29
8	Acero estructural	1,91 %	86,22 %													■	■	■	■	■	■	■	■							Q 29 862,67
9	Neopreno	4,12 %	90,34 %																					■	■	■	■			Q 64 547,94
10	Tubo galvanizado de 4"	0,78 %	91,12 %																					■	■	■	■			Q 12 192,00
11	Tubo galvanizado de 2"	0,57 %	91,69 %																					■	■	■	■			Q 8 949,60
12	Barandales	2,17 %	93,86 %																									■	■	Q 33 935,86
13	Zampeado	6,14 %	100,00 %																									■	■	Q 96 118,40
<b>TOTAL DEL PROYECTO</b>																														<b>Q 1 565 816,33</b>

Fuente: elaboración propia.



## CONCLUSIONES

1. Es necesaria la ampliación de la red de drenajes dentro de la comunidad, para que la calle principal del municipio de San José del Golfo se pueden pavimentar.
2. La salud de los habitantes no se vería afectada por las aguas residuales, ya que estas se eliminarían del sector, conduciéndose hacia la planta de tratamiento.
3. Para que los habitantes del municipio de San José del Golfo tengan un desarrollo urbanístico, es necesario la construcción de un puente vehicular, debido a que tendrían un mejor acceso los servicios como: comunicación, transporte, comercio, entre otras.
4. Al finalizar la ejecución del proyecto del puente vehicular no se tendrá un impacto ambiental significativo, por lo que se consideró el posible impacto únicamente durante la ejecución del proyecto
5. A través de un adecuado mantenimiento de los proyectos, se garantiza el servicio y la seguridad de los usuarios al transitar, evitando de esta manera, la interrupción de las actividades económicas y la pérdida de inversión en los proyectos.

6. Las necesidades de servicios básicos y de infraestructura en las comunidades son diversas y urgentes de resolver, esto será factible con el trabajo conjunto de la Municipalidad, comunidad y apoyo técnico; logrando de esta manera, reducir en el menor tiempo posible los problemas que afrontan los pobladores.

## RECOMENDACIONES

1. Los materiales a utilizar deberán de estar libres de elementos contaminantes, como la materia orgánica, químicos, arcillas y limos.
2. Es necesario aplicar las normas y especificaciones, de tal manera que los materiales se utilicen correctamente y en las dimensiones requeridas.
3. Es importante un supervisor calificado revise las instalaciones de la red de tuberías, así como el correcto ensamblaje, ya que, un mal empalme provocaría fugas sobre el suelo.
4. El diseño de la red de drenajes y del puente vehicular, se diseñaron para las comunidades en mención, pero puede ser utilizado como referencia para otras comunidades o proyectos similares.
5. Es importante que en la supervisión de las estructuras sea por personal calificado, ya que un desajuste en las medidas puede influir en la construcción del puente provocado fallas.



## BIBLIOGRAFÍA

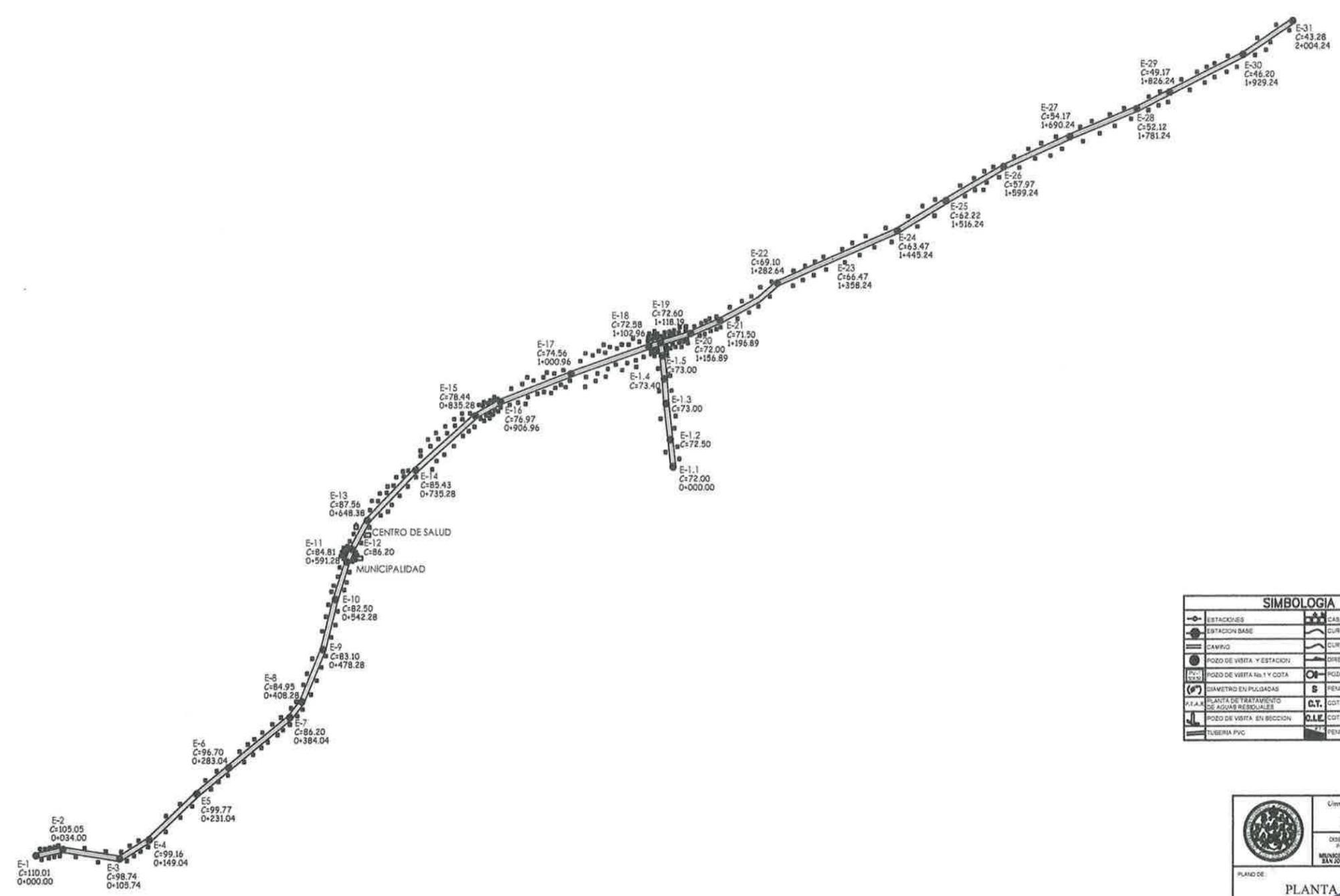
1. American Association of State Highway and Transportation Official. *Especificaciones para el diseño de puentes mediante el método de factores de carga y resistencia*. Washington, D.C.: ASHTO 2004. 700 p.
2. AROCHA R., Simon. *Cloacas y drenajes*, Caracas: Vega, 1983. 344 p.
3. CHARLES S. Simmons *Clasificación de Reconocimiento de los Suelos de la República de Guatemala*. Ministerio de Educación Pública “José de Pineda”. 1959. 1000 p.
4. Comité ACI 318 American Concrete Institute. *Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural (ACI 318S-08) y Comentario (ACI 318SR-08)*. Estados Unidos: s.e. 2008. 495 p.
5. CRESPO VILLALAZ, Carlos. *Mecánica de suelos y cimentaciones*. 5a ed. México: Limusa, 2004. 650 p.
6. DAS, Braja M. *Principios de ingeniería y cimentaciones*. 5a ed. Estados Unidos: Thomson, 1999. 768 p.
7. Dirección General de Caminos. Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda. República de Guatemala. *Especificaciones Generales para Construcción de Carreteras y Puentes*. Guatemala: MICIV, 2000. 807 p.

8. HERNANDEZ, Eliud. *Manual de análisis y diseño estructural utilizando el Programa ETABS v9*. Auspiciado por CSI Latinoamérica (Morrison Ingenieros), 2008. 222 p.
9. NOGUERA, Julio. *Apuntes de ingeniería sanitaria 2*, Trabajo de Graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2010. 62 p.
10. PANIAGUA, Martin. *Reglamentos generales para el diseño de alcantarillas y drenajes según EMPAGUA E INFOM*. República de Guatemala, 1989. 46 p.
11. *Structural Engineering Desing Provisions*. Uniform Building Code UBC. Vol. 2. Estados Unidos: s.e. 1997. 432 p.
12. VALLENCILLA B., Carlos Ramiro. *Manual de puentes de concreto reforzado*. Colombia: Bauen, 2006. 658 p.

## APÉNDICES







SIMBOLOGIA	
	ESTACIONES
	ESTACION BASE
	CAMBIO
	POZO DE VISITA Y ESTACION
	POZO DE VISITA No. 1 Y COTA
	DIAMETRO EN PULGADAS
	PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
	POZO DE VISITA EN SECCION
	TUBERIA PVC
	CASA, IGLESIA, ESCUELA
	CURVAS DE NIVEL PRINCIPALES
	CURVAS DE NIVEL SECUNDARIAS
	DIRECCION DEL FLUJO
	POZO DE VISITA IGUAL
	PENDIENTE
	C.T. COTA DEL TERRENO EN MT.
	C.L.E. COTA PVER DE ENTRADA EN MT.
	PENDIENTE DEL TERRENO

	Universidad de San Carlos de Guatemala Facultad de Ingeniería <b>UNIDAD DE ERS</b>	
	DISEÑO DEL SISTEMA DE DISEÑO SANITARIO Para El Casco Urbano de San José del Golfo MUNICIPIO: SAN JOSÉ DEL GOLFO DEPARTAMENTO: AUTONOMA	
PLANO DE:	<b>PLANTA GENERAL DE DENSIDAD DE VIVIENDAS</b>	ESCALA: 1:1000
EPHEMIA: MARIA DE LOS ANGELES BARRALES REYES	CALCULO TOPOGRAFICO: MARIA DE LOS ANGELES BARRALES REYES	HOJA No: 2
DIBUJO TOPOGRAFICO: MARIA DE LOS ANGELES BARRALES REYES	DISEÑO: MARIA DE LOS ANGELES BARRALES REYES	



SIMBOLOGIA	
	ESTACIONES
	ESTACION BASE
	CAMINO
	POZO DE VISITA Y ESTACION
	POZO DE VISITA No. 1 Y COTA
	DIAMETRO EN PULGADAS
	PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
	POZO DE VISITA EN SECCION
	TUBERIA PVC
	CASA, IGLESIA, ESCUELA
	CURVAS DE NIVEL PRINCIPALES
	CURVAS DE NIVEL SECUNDARIAS
	DIRECCION DEL FLUJO
	POZO DE VISITA FACIAL
	PENDIENTE
	C.T. COTA DEL TERRENO EN MT.
	C.I.E. COTA INVER DE ENTRADA EN MT.
	PENDIENTE DEL TERRENO

Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
**UNIDAD DE ERS**  
DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE SANITARIO  
Para el Casco Urbano de San José del Golfo.  
MUNICIPIO: SAN JOSÉ DEL GOLFO DEPARTAMENTO: GUATEMALA

SAN JOSÉ DEL GOLFO

PLANTA DE

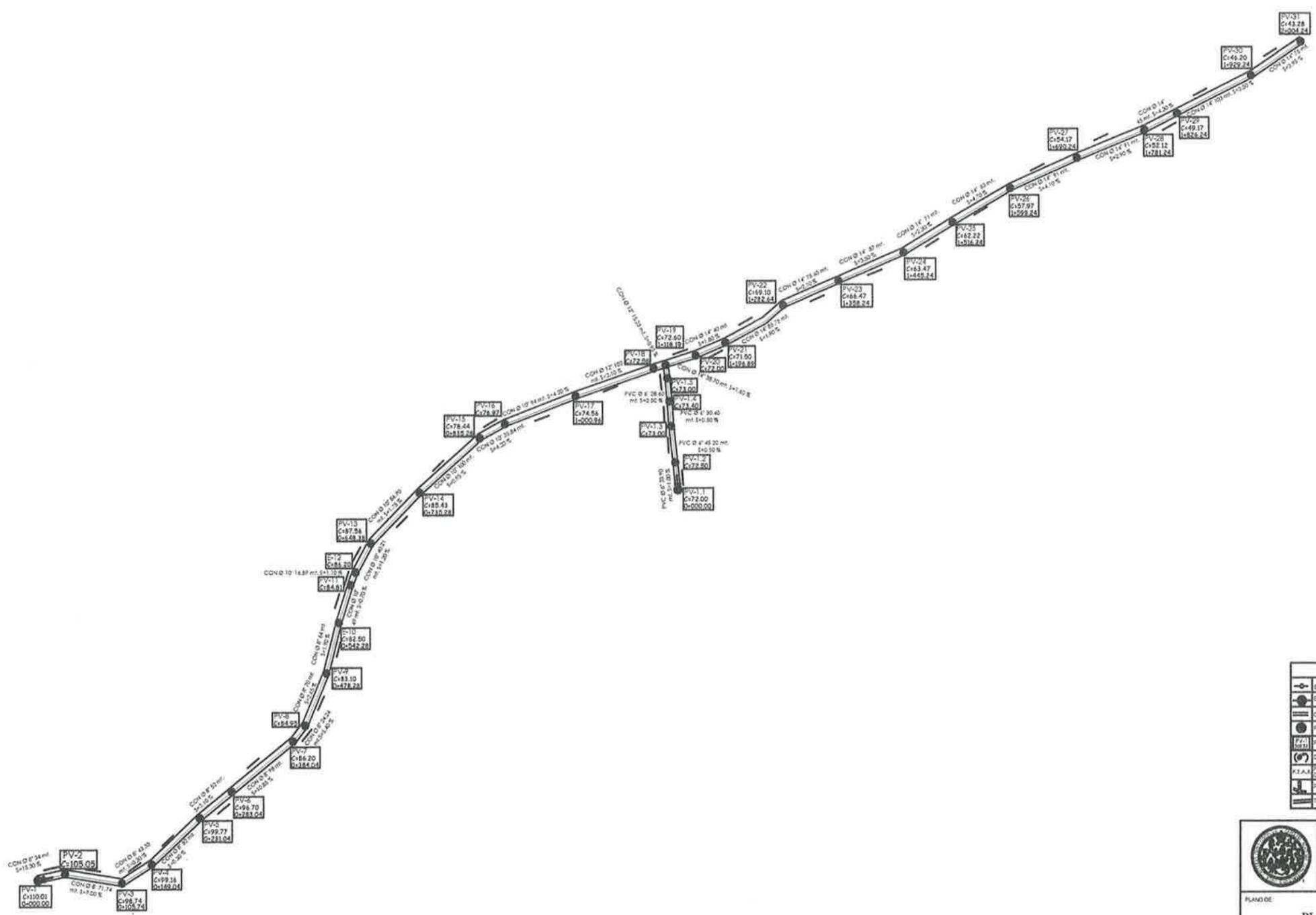
## PLANTA GENERAL DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

### CURVAS Y NIVEL

COORDINADOR: **UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

EPICETA: MARIA DE LOS ANGELES BARRALES REYES  
DISEÑO TOPOGRAFICO: MARIA DE LOS ANGELES BARRALES REYES  
DIBUJO: MARIA DE LOS ANGELES BARRALES REYES

CALCULO Y DISEÑO: MARIA DE LOS ANGELES BARRALES REYES  
FECHA: 11/03/2011  
LUGAR: Oficina de Prácticas de Ingeniería y ERS  
11



SIMBOLOGIA	
	ESTACIONES
	ESTACION BASE
	CAMINO
	POZO DE VISITA Y ESTACION
	POZO DE VISITA NAL Y COTA
	DIAMETRO EN PULOADAS
	PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
	POZO DE VISITA EN SECCION
	TUBERIA PVC
	CABA. IGLESIA, ESCUELA
	CURVAS DE NIVEL PRINCIPALES
	CURVAS DE NIVEL SECUNDARIAS
	DIRECCION DEL FLUJO
	POZO DE VISITA INICIAL
	PENDIENTE
	C.T. COTA DEL TERRENO EN MT.
	C.I.E. COTA INVER DE ENTRADA EN MT.
	PENDIENTE DEL TERRENO

Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
**UNIDAD DE ERS**

SAN JOSÉ DEL GOLFO

DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE SANITARIO  
Para El Casco Urbano de San José del Golfo.

MUNICIPIO: SAN JOSÉ DEL GOLFO    DEPARTAMENTO: GUATEMALA

---

PLANO DE: **PLANTA GENERAL DE SAN CARLOS DE GUATEMALA DE DRENAJE SANITARIO**

COORDINADOR: **ALBERTO CALLES**

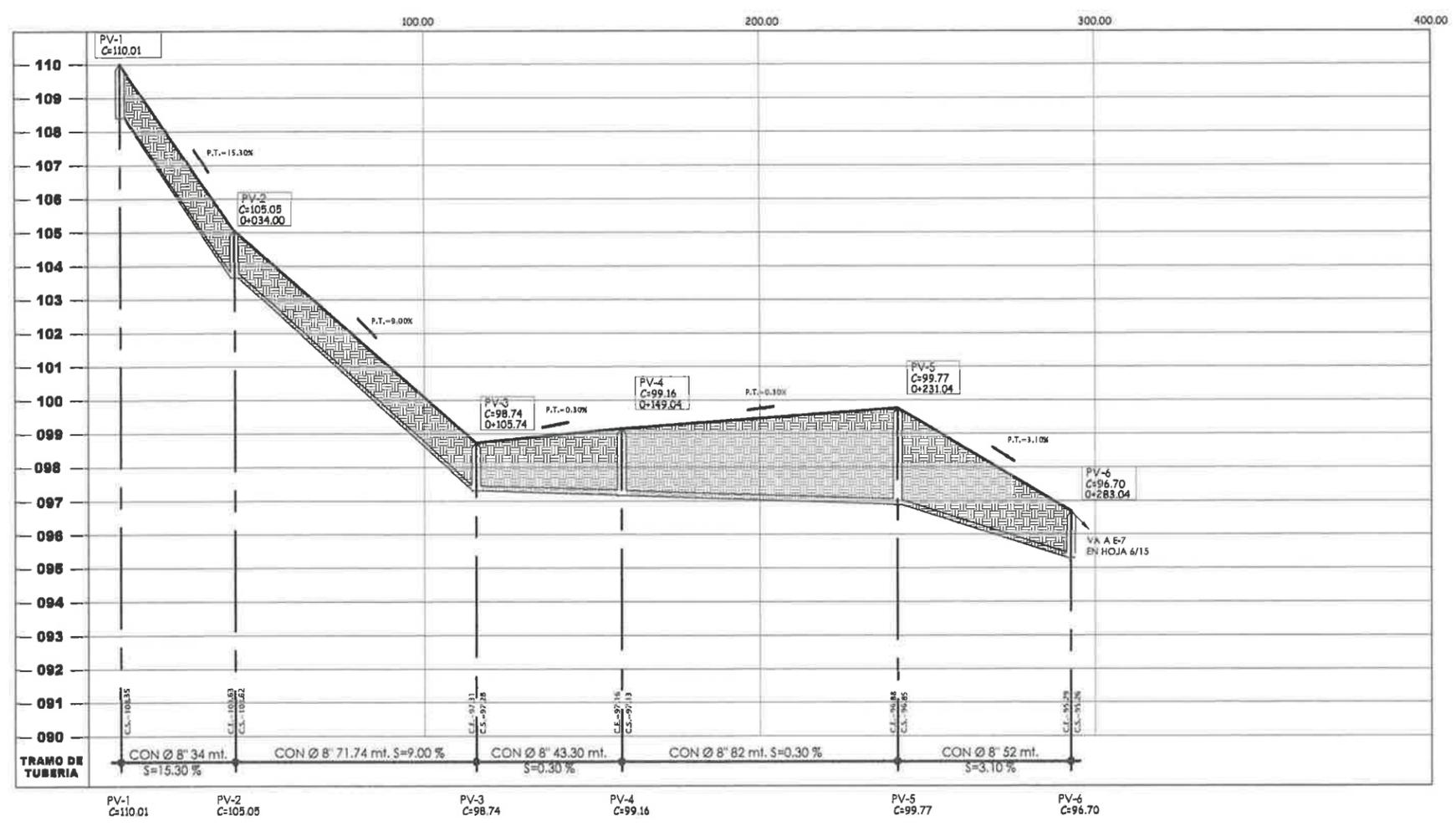
DISEÑO: **ARACELI PARRALES**

EPISTOLA: MARIA DE LOS ANGELES BARRALES REYES    CALCULO TOPOGRAFICO: MARIA DE LOS ANGELES BARRALES REYES

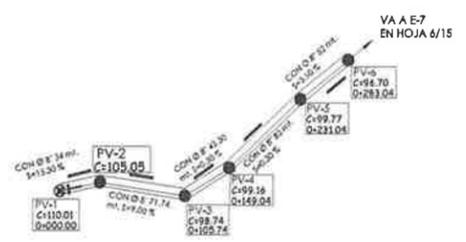
DIBUJO TOPOGRAFICO: MARIA DE LOS ANGELES BARRALES REYES    VERIFICACION: MARIA DE LOS ANGELES BARRALES REYES

DISEÑO: MARIA DE LOS ANGELES BARRALES REYES    TUBERIA PVC: 12.50 m, 1:1.50%





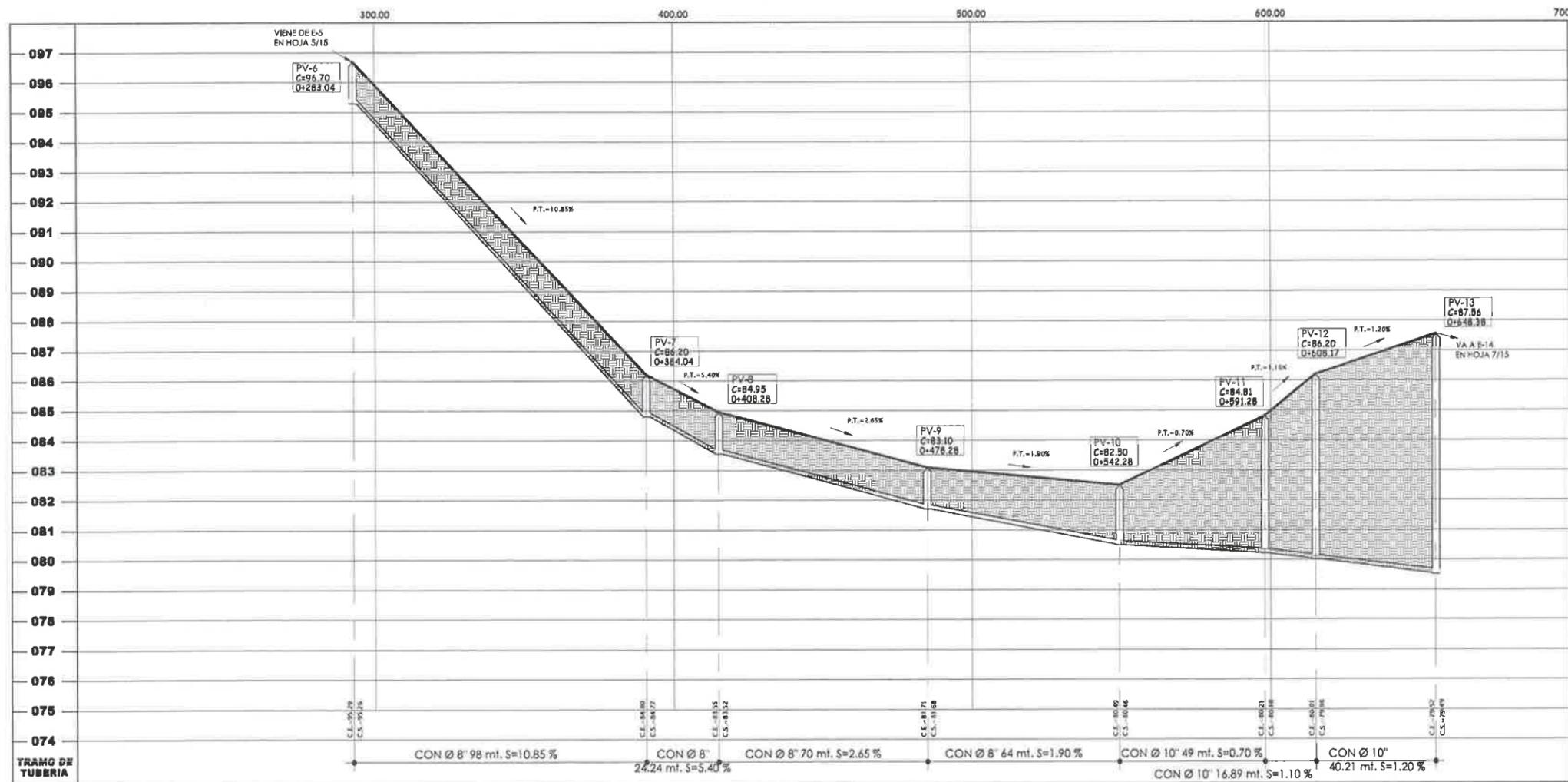
**PERFIL E-1 A E-6**  
 ESCALA HORIZONTAL: 1:750  
 ESCALA VERTICAL: 1:75



SIMBOLOGIA	
	ESTACIONES
	POZO DE VISITA N°1 Y COTA
	DIAMETRO EN PULGADAS
	PENDIENTE
	POZO DE VISITA INICIAL
	POZO DE VISITA EN RECCION
	TUBERIA PVC
	CASA, IGLESIA, ESCUELA
	CURVAS DE NIVEL PRINCIPALES
	CURVAS DE NIVEL SECUNDARIAS
	DIRECCION DEL FLUJO
	POZO DE VISITA INICIAL
	PENDIENTE
	C.T. COTA DEL TERRENO EN MT.
	C.I.E. COTA INVER DE ENTRADA EN MT.
	PENDIENTE DEL TERRENO

	Universidad de San Carlos de Guatemala Facultad de Ingeniería <b>UNIDAD DE EPS</b>	
	DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE SANITARIO Para El Casco Urbano de San José del Golfo MUNICIPIO: SAN JOSÉ DEL GOLFO DEPARTAMENTO: GUATEMALA	
PLANO DE:	<b>RED DRENAJE SANITARIO</b>	ESCALA:
EPIBETA: MARIA DE LOS ANGELES BARALES REYES	ACUO TOPOGRAFICO:	DISEÑADOR:
DIBUJO TOPOGRAFICO: MARIA DE LOS ANGELES BARALES REYES	DISEÑO TOPOGRAFICO: MARIA DE LOS ANGELES BARALES REYES	DISEÑO:
DISEÑO:	DISEÑO:	DISEÑO:

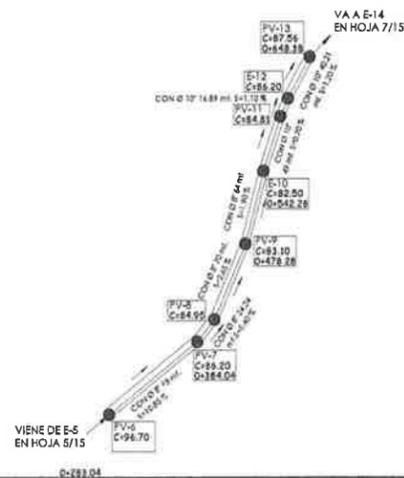
MARIA DE LOS ANGELES BARALES REYES  
 DISEÑADORA  
 JUNIO 2018



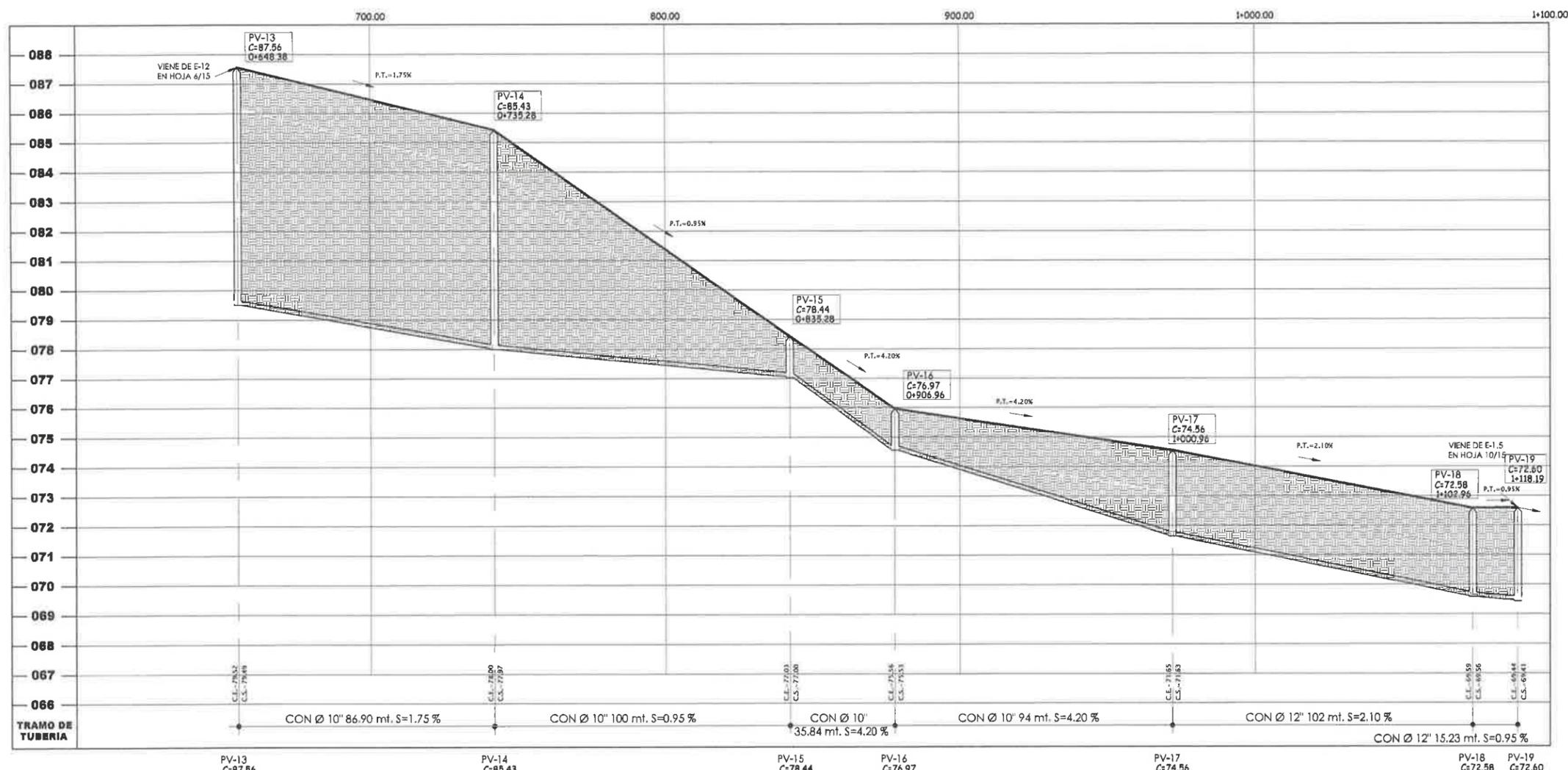
**PERFIL E-6 A E-13**

ESCALA HORIZONTAL: 1:750  
ESCALA VERTICAL: 1:75

PV-6 C=96.70    PV-7 C=86.20    PV-8 C=84.95    PV-9 C=83.10    PV-10 C=82.50    PV-11 C=84.81    PV-12 C=86.20    PV-13 C=87.56



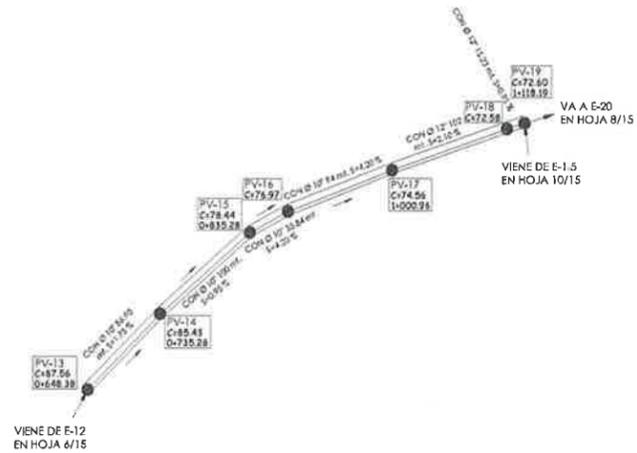
	Universidad de San Carlos de Guatemala Facultad de Ingeniería <b>UNIDAD DE EPS</b>	
	DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE SANITARIO Para el CANTÓN URSULA de San José del Golfo, MUNICIPIO DE SAN JOSÉ DEL GOLFO, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA	
PLANO DE <b>RED DRENAJE SANITARIO</b>		
<b>UNIDAD PERFIL</b>		
EPENISTA: MARIA DE LOS ANGELES BARRALES REYES	DISEÑO TOPOGRAFICO: MARIA DE LOS ANGELES BARRALES REYES	DISEÑO: MARIA DE LOS ANGELES BARRALES REYES



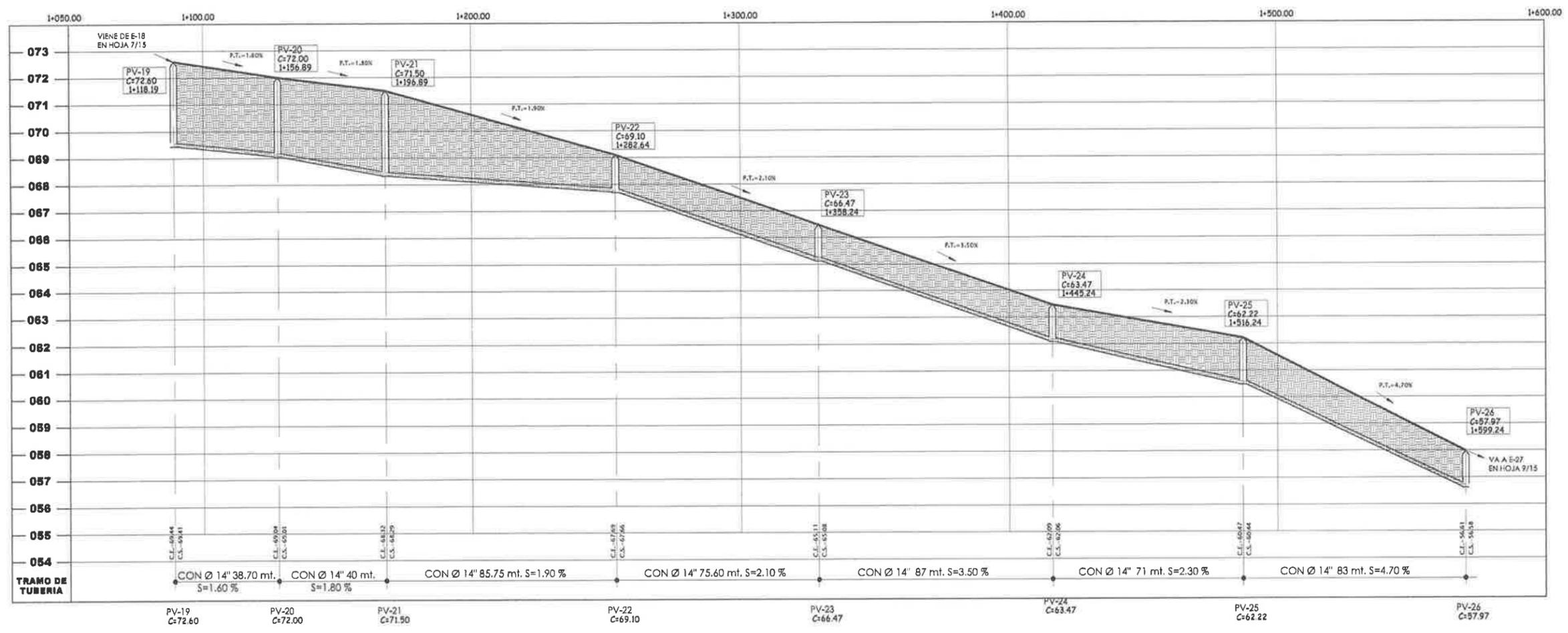
VA A E-20  
EN HOJA 8/15

**PERFIL E-13 A E-19**  
ESCALA HORIZONTAL: 1:750  
ESCALA VERTICAL: 1:75

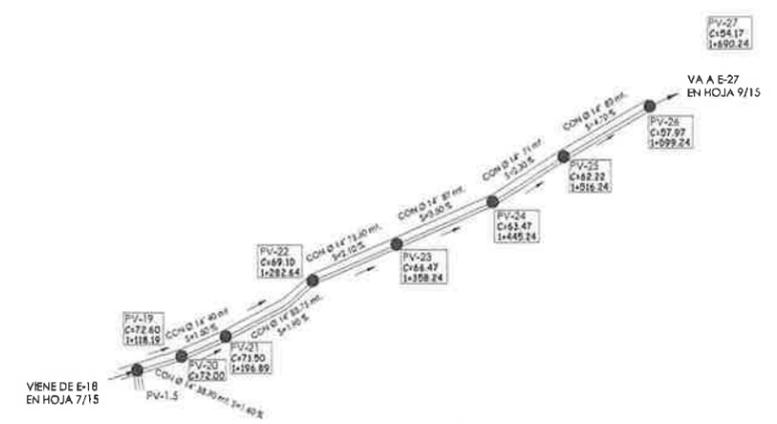
SIMBOLOGIA	
	ESTACIONES
	ESTACION BASE
	POZO DE VISITA Y ESTACION
	POZO DE VISITA No. 1 Y COTA
	PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
	POZO DE VISITA EN SECCION
	TUBERIA PVC
	CASA IGLESIA ESCUELA
	CURVAS DE NIVEL PRINCIPALES
	CURVAS DE NIVEL SECUNDARIAS
	DIRECCION DEL FLUJO
	POZO DE VISITA INICIAL
	DIAMETRO EN PULGADAS
	PENDIENTE
	C.T. COTA DEL TERRENO EN MT.
	C.I.E. COTA INVERT DE ENTRADA EN MT.
	PENDIENTE DEL TERRENO



**UNIDAD DE ERS**
  
 DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE SANITARIO
   
 Para El Casco Urbano de San José del Golfo
   
 MUNICIPIO: SAN JOSÉ DEL GOLFO DEPARTAMENTO: GUATEMALA
   
**RED DRENAJE SANITARIO**
  
 PLANTA PERIFERIA DE SAN JOSÉ DEL GOLFO
   
 COORDINADOR: **ING. JUAN CARLOS CASTELLANO**
  
 DISEÑO: **ING. JUAN CARLOS CASTELLANO**
  
 11



**PERFIL E-19 A E-26**  
 ESCALA HORIZONTAL: 1:250  
 ESCALA VERTICAL: 1:75



SIMBOLOGIA	
[Symbol]	ESTACIONES
[Symbol]	ESTACION BASE
[Symbol]	CAMINO
[Symbol]	POZO DE VISITA Y ESTACION
[Symbol]	POZO DE VISITA No 1 Y COTA
[Symbol]	DIAMETRO EN PULGADAS
[Symbol]	P.T.A.R
[Symbol]	POZO DE VISITA EN SECCION
[Symbol]	TUBERIA PVC
[Symbol]	CASA, IGLESIA, ESCUELA
[Symbol]	CURVAS DE NIVEL PRINCIPALES
[Symbol]	CURVAS DE NIVEL SECUNDARIAS
[Symbol]	DIRECCION DEL FLUJO
[Symbol]	POZO DE VISITA INICIAL
[Symbol]	FENDENTE
[Symbol]	C.T. COTA DEL TERRENO EN MT.
[Symbol]	C.I.E. COTA INVER DE ENTRADA EN MT.
[Symbol]	FENDENTE DEL TERRENO

**UNIDAD DE ERS**
  
 DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE SANITARIO
   
 Para El Cabecera Urbana de San José del Golfo
   
 MUNICIPIO: SAN JOSÉ DEL GOLFO DEPARTAMENTO: GUATEMALA

---

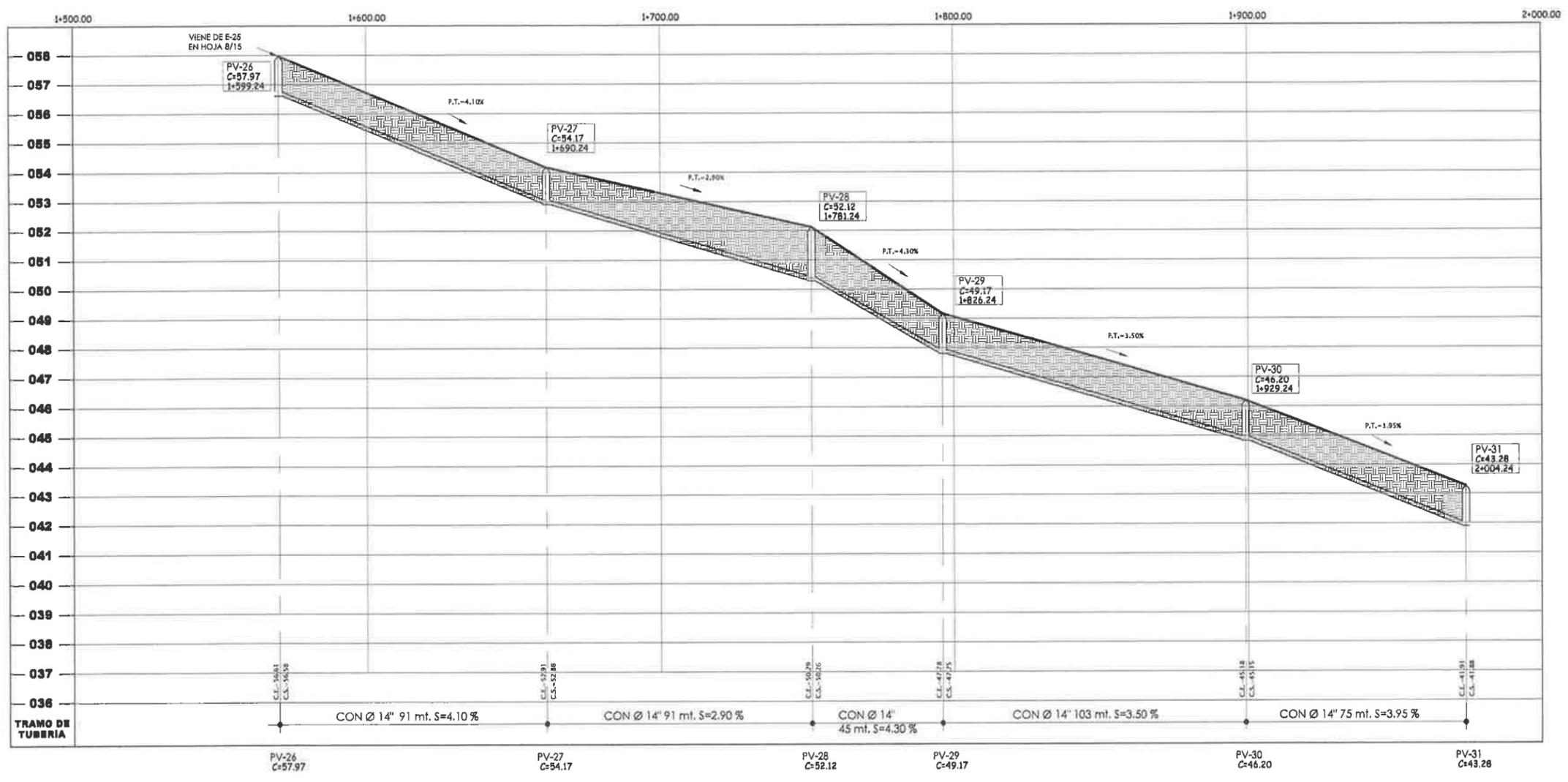
PLANO DE: **RED DRENAJE SANITARIO San Carlos de Guatemala**
  
 PLANTA PERFIL

---

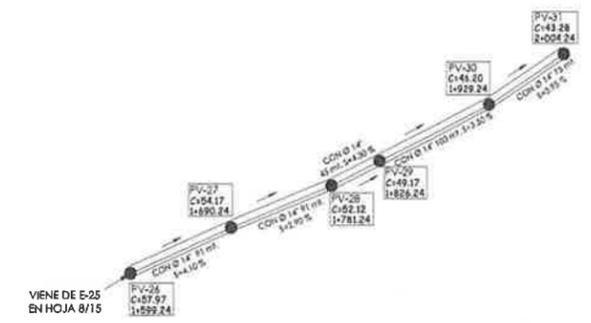
EPHEMISTA: MARIA DE LOS ANGELES BARALES REYES
   
 DISEÑO TOPOGRAFICO: MARIA DE LOS ANGELES BARALES REYES
   
 DISEÑO: MARIA DE LOS ANGELES BARALES REYES

CALCULO TOPOGRAFICO: MARIA DE LOS ANGELES BARALES REYES
   
 DISEÑO TOPOGRAFICO: MARIA DE LOS ANGELES BARALES REYES

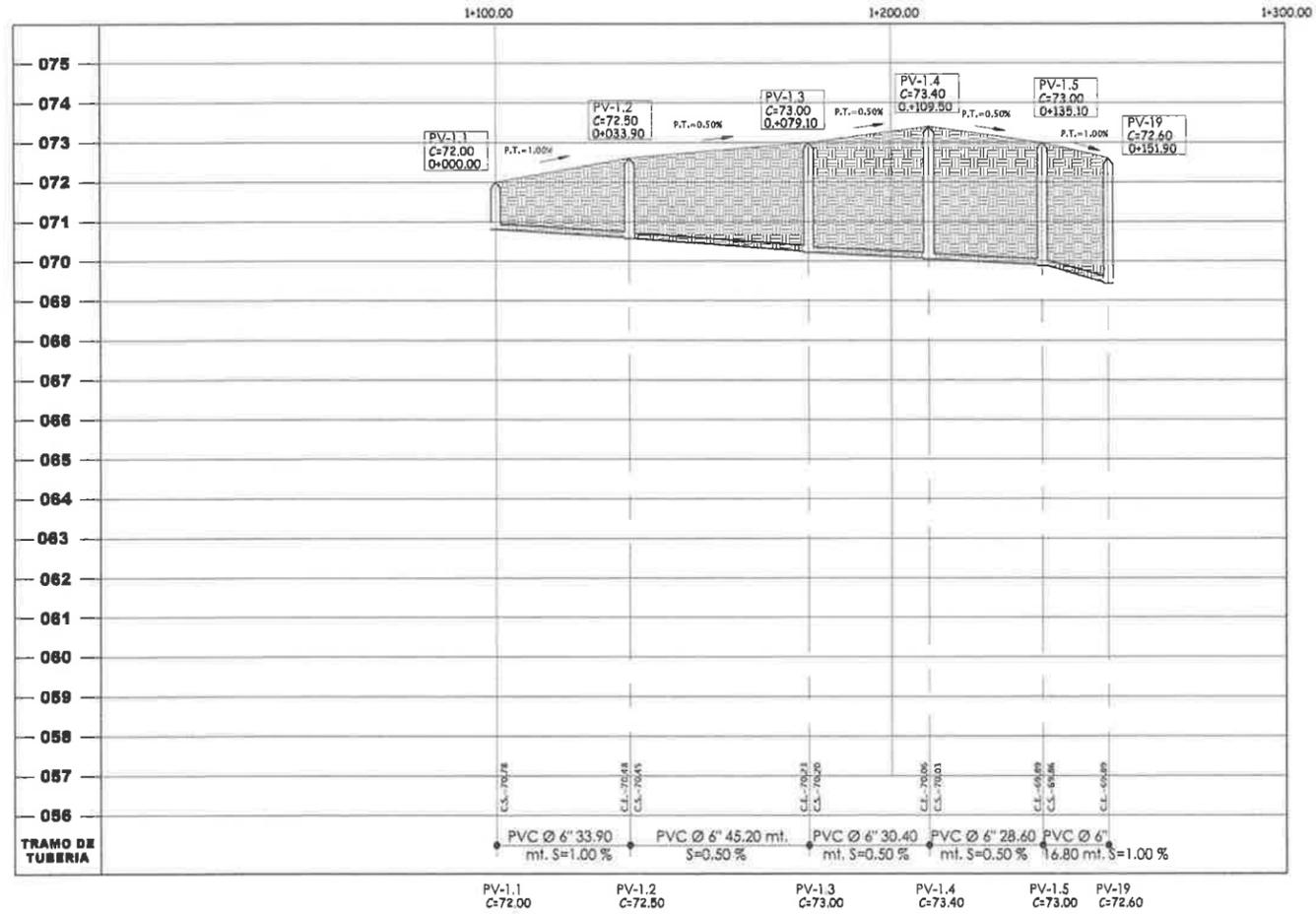
Ing. *[Signature]*
  
 Ing. *[Signature]*



**PERFIL E-26 A E-31**  
 ESCALA HORIZONTAL: 1:750  
 ESCALA VERTICAL: 1:75



	Universidad de San Carlos de Guatemala Facultad de Ingeniería <b>UNIDAD DE EPS</b>	
	DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE SANITARIO Para El Casco Urbano de San José del Golfo MUNICIPIO: SAN JOSÉ DEL GOLFO DEPARTAMENTO: GUATEMALA	
PLANO DE:	<b>RED DRENAJE SANITARIO</b>	ESCALA:
EPISTEMIA:	MARIA DE LOS ANGELES BARRALES REYES	FECHA:
DISEÑO TOPOGRAFICO:	MARIA DE LOS ANGELES BARRALES REYES	COORDINADOR (A): EPS
DISEÑO:	MARIA DE LOS ANGELES BARRALES REYES	INGENIERO EN EPS



**PERFIL E-1.1 A E-19**  
 ESCALA HORIZONTAL: 1:310  
 ESCALA VERTICAL: 1:75

SIMBOLOGIA			
[Symbol]	ESTACIONER	[Symbol]	CASA IGLESIA, ESCUELA
[Symbol]	ESTACION BARE	[Symbol]	CURVAS DE NIVEL PRINCIPALES
[Symbol]	CAMINO	[Symbol]	CURVAS DE NIVEL SECUNDARIAS
[Symbol]	POZO DE VISITA Y ESTACION	[Symbol]	DIRECCION DEL FLUJO
[Symbol]	POZO DE VISITA No 1 Y COTA	[Symbol]	POZO DE VISITA INICIAL
[Symbol]	DIAMETRO EN PLACARDAS	[Symbol]	PENDIENTE
[Symbol]	PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	[Symbol]	C.T. COTA DEL TERRENO EN MT.
[Symbol]	POZO DE VISITA EN SECCION	[Symbol]	C.T.E. COTA INVER DE ENTRADA EN MT.
[Symbol]	TUBERIA PVC	[Symbol]	PENDIENTE DEL TERRENO



Universidad de San Carlos de Guatemala  
 Facultad de Ingeniería  
**UNIDAD DE EPS**

DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE SANITARIO  
 Para El Casco Urbano de San José del Golfo.

MUNICIPIO: SAN JOSÉ DEL GOLFO    DEPARTAMENTO: SUSTANTIA

PLANO DE: **RED DRENAJE SANITARIO**    San Carlos de Guatemala  
 PLANTA PERFIL

COORDINADOR DE EPS: **ING. JUAN CARLOS TORRES**  
 FECHA: **10/11/2014**

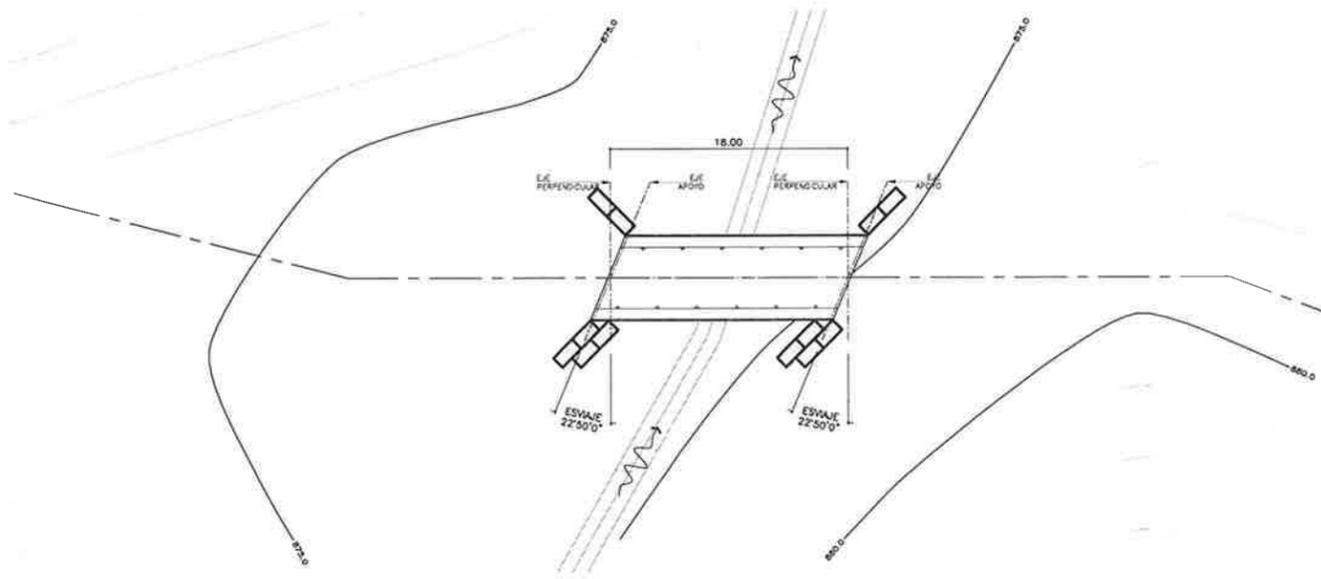
EPESISTA: MARIA DE LOS ANGELES BARRALES REYES  
 DIBUJO TOPOGRAFICO: MARIA DE LOS ANGELES BARRALES REYES  
 DISEÑO TOPOGRAFICO: MARIA DE LOS ANGELES BARRALES REYES  
 DISEÑO: MARIA DE LOS ANGELES BARRALES REYES

CALCULO TOPOGRAFICO: MARIA DE LOS ANGELES BARRALES REYES  
 DIBUJO TOPOGRAFICO: MARIA DE LOS ANGELES BARRALES REYES

INGENIERIA Y EPS

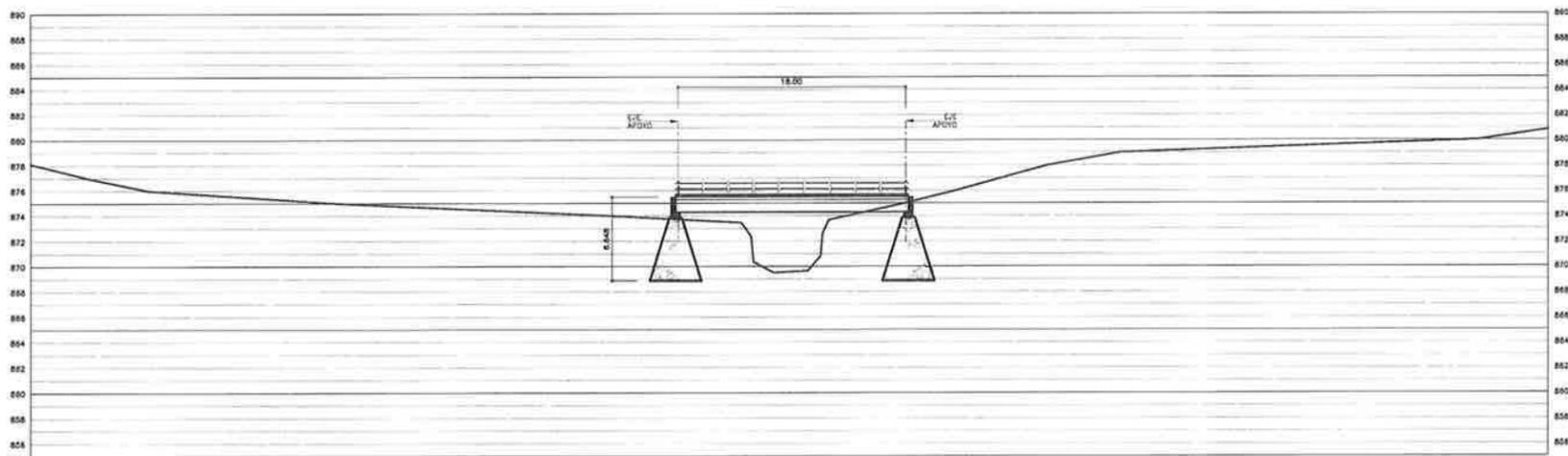
11





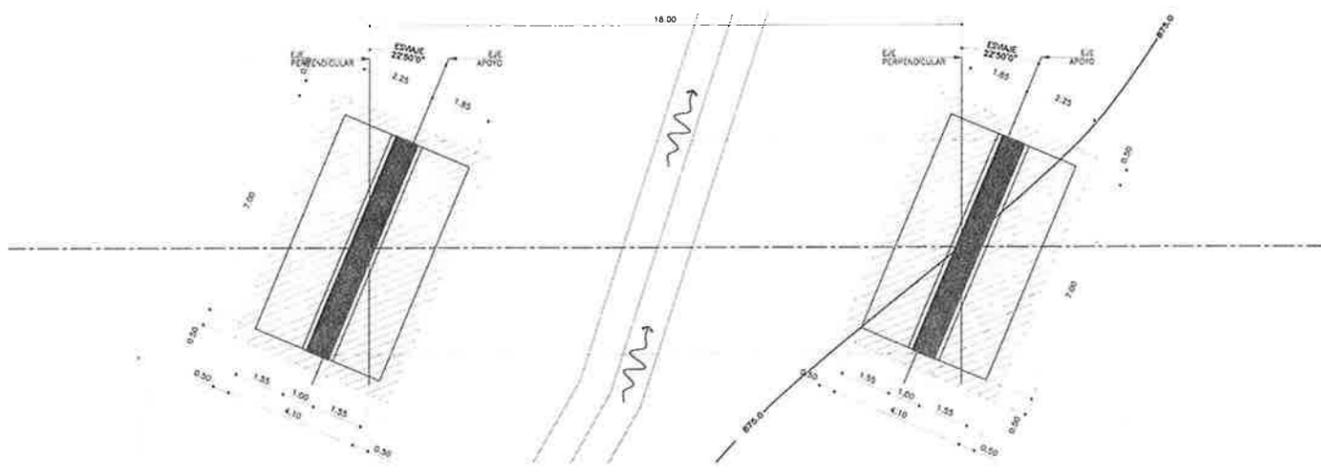
**PLANTA**  
PUENTE CHICAXAJ

ESCALA 1:250 **1** H1



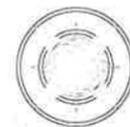
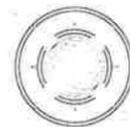
**PERFIL**  
PUENTE CHICAXAJ

ESCALA 1:250 **2** H1



**PLANTA DE EXCAVACION**  
PUENTE CHICAXAJ

ESCALA 1:100 **3** H1



**ESPECIFICACIONES**

**0.- DISEÑO:**  
"STANDARD SPECIFICATIONS HIGHWAY BRIDGES" DE LA AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS, (A.A.S.H.T.O.), DECIMOSEPTIMA EDICION, 2002.

**b.- CONSTRUCCION:**  
"ESPECIFICACIONES GENERALES PARA CONSTRUCCION DE CARRETERAS Y PUENTES" DE LA DIRECCION GENERAL DE CAMINOS, (ESP. D.G.C.), EDICION SEPTIEMBRE 2002.

**c.- CARGA VIVA:**  
HS-20-44 DE LA A.A.S.H.T.O.

**d.- CONCRETO:**  
SECCION 551.03 DE LAS ESPECIFICACIONES DE LA D.G.C.  
**d1.- CONCRETO CLASE 2500 (CICLOPEO):**  
ESPECIFICACION 555 DE D.G.C. PARA MUROS DE ESTRIPO SE USARA CONCRETO CICLOPEO CON ESFUERZO DE RUPURA A COMPRESION DE 17.5 MPa (2500 lb/pq2). LOS AGREGADOS A USAR DEBERAN SER CONFORME A ESPECIFICACION 551.04 (b) (1) Y LA PIEDRA NO MAYOR DE 30cms.  
**d2.- CONCRETO CLASE 9000:**  
PARA POSTES Y TORRES SIGUIENDO SE USARA CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA CON ESFUERZO DE RUPURA A COMPRESION DE 21 MPa (3000 lb/pq2) A LOS 28 DIAS. EL TAMAÑO MÁXIMO DEL AGREGADO GRUESO A USAR DEBERA SER CONFORME A LA ESPECIFICACION 551.04 (b) (1).  
**d3.- CONCRETO CLASE 4000:**  
PARA LAS VIGAS DE APOYO, LOSA, DIAFRAGMAS Y VIGAS REFORZADAS DE PUENTE SE USARA CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA CON ESFUERZO DE RUPURA A COMPRESION DE 28 MPa (4000 lb/pq2) A LOS 28 DIAS. EL TAMAÑO MÁXIMO DEL AGREGADO GRUESO A USAR DEBERA SER CONFORME A LA ESPECIFICACION 551.04 (b) (1).

**e.- ACERO DE REFUERZO:**  
SECCION 552.03 (a) (1), ESPECIFICACIONES DE D.G.C. SE USARA ACERO DE REFUERZO GRADO 60, EN FORMA DE BARRAS CORRUGADAS, DE ACUERDO CON LAS ULTIMAS ESPECIFICACIONES 831-83 DE LA A.A.S.H.T.O. Y A815-8117 DE LA A.S.T.M. (AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS).

**VARIOS**

**f.- REQUERIMIENTOS:**  
SALVO QUE SE INDIQUE OTRA COSA SE USARA EL SIGUIENTE REQUERIMIENTO EN LAS BARRAS DE REFUERZO PARA LOSAS EXPUUESTAS AL TRAFICO 4cms. EN LA SUPERFICIE DE RODADURA Y 2.5cms. EN LOS DEMAS LADOS. EN LA SUPERFICIE DE RODADURA CUANDO VA REUBIERA DE ASFALTO, PARA CORTINAS, COLUMNAS, VIGAS REFORZADAS Y DIAFRAGMAS 8cms. PARA PILOTES SE USARA 8cms. EL REQUERIMIENTO SE MEDIRA ENTRE EL ROSTRO DE LA BARRA Y LA SUPERFICIE DEL CONCRETO.

**g.- BIELAS:**  
TODAS LAS ARISTAS EXPUESTAS DEBERAN SER BIELADAS 2cms. A MENOS QUE SE INDIQUE OTRA COSA EN PLANOS.

**h.- FORMALETAS:**  
SE CONSTRUIRAN DE ACUERDO CON LA SECCION 558.11 ESPECIFICACION DE D.G.C.

**i.- TRASLAPES:**  
LOS TRASLAPES DEBERAN HACERSE SEGUN ESPECIFICACION 552.03 DE D.G.C. EN LA CUAL QUEDA ESTABLECIDA UNA LONGITUD DE DESARROLLO EN FUNCION DE LAS RESISTENCIAS DEL CONCRETO, EL ACERO Y EL AREA DE LA BARRA DE REFUERZO.

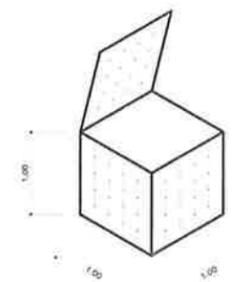
**j.- JUNTAS:**  
SE USARAN JUNTAS DE CONSTRUCCION SEGUN ESPECIFICACION 553.10, SOLO DONDE LO INDICAN LOS PLANOS O LOS AUTORES EL DISEÑO RESPECTIVO.

**k.- DIMENSIONAMIENTO:**  
TODAS LAS DIMENSIONES ESTAN DADAS EN METROS, SALVO INDICACION EN PLANOS.

**l.- DISEÑO ESTRUCTURAL:**  
CUALQUIER CAMBIO EN EL DISEÑO DE ESTOS PLANOS DEBE SER CONSULTADO AL INGENIERO ESTRUCTURAL RESPONSABLE DEL DESARROLLO DE LOS MUEBOS.

**RESUMEN DE MATERIALES**

MATERIAL	CANTIDAD NETA
CONC. CLASE 2500 PSI	15.07 m <sup>3</sup>
CONC. CLASE 4000 PSI	34.06 m <sup>3</sup>
CONC. CLASE 3000 PSI	0.47 m <sup>3</sup>
CONC. CICLOPEO	164.48 m <sup>3</sup>
BARRAS No. 3	75.20 kg
BARRAS No. 4	3,111.12 kg
BARRAS No. 5	2,231.70 kg
BARRAS No. 6	328.10 kg
BARRAS No. 8	1,935.84 kg
TOTAL DE REFUERZO	7,682.16 kg
EXCAVACION ESTRUCTURAL	450.00 m <sup>3</sup>
RELLENO ESTRUCTURAL	250.00 m <sup>3</sup>
ACERO ESTRUCTURAL	190.30 kg
BARANDALES	35.80 mts.
NEOPRENO	23.34 dm <sup>3</sup>
TUBO H2 4"	8.00 mts.
ZAMPEADO	80.00 m <sup>2</sup>



**DETALLE**  
GABIONES

SIN ESCALA **4** H1

PROYECTO: CONSTRUCCION DE PUENTE VEHICULAR "QUEBRADA LOS COCHES" SAN JOSE DEL GOLFO

Ubicación: San José del Golfo, Guatemala, Guatemala

Plano de: PLANTA + ELEVACION PLANTA EXCAVACION DE PUENTE

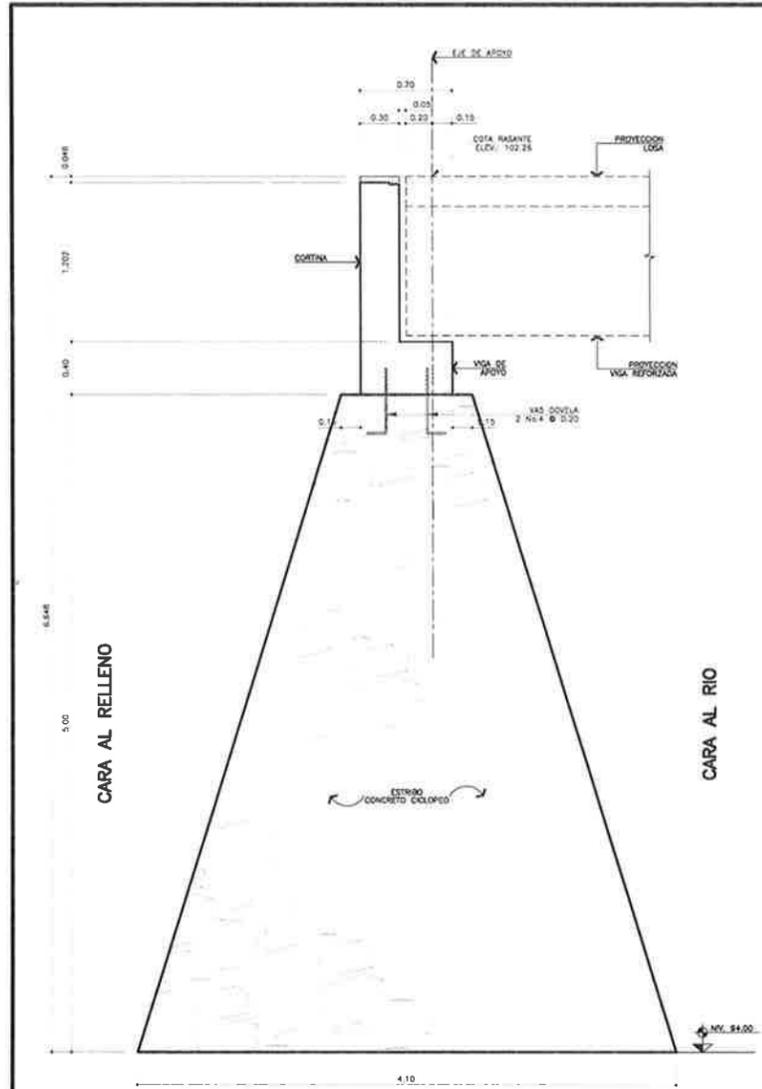
María de los Angeles Barrios (Autor) / María de los Angeles Barrios (Dibujante)

PERSONA(S) SUPERVISORIA(S) DE EPS

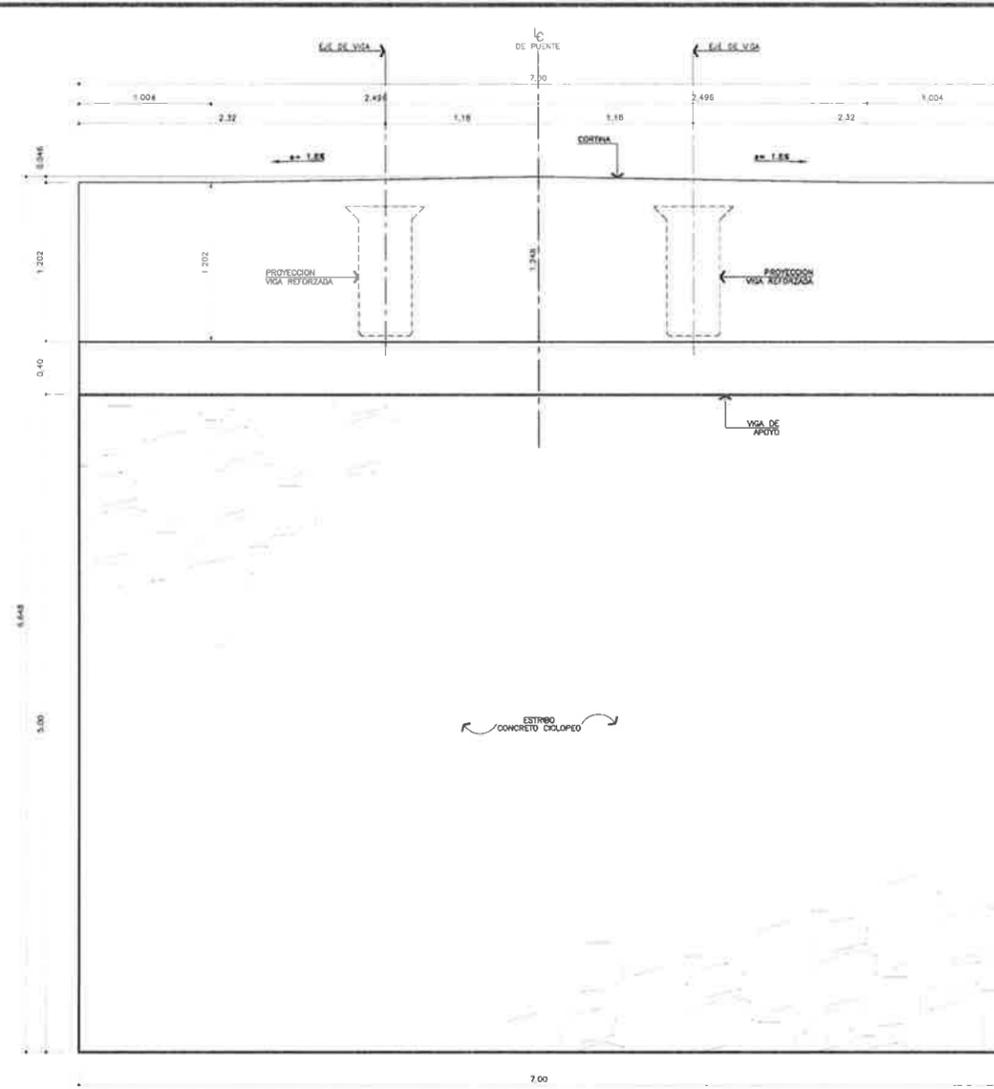
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS

Facultad de Ingeniería

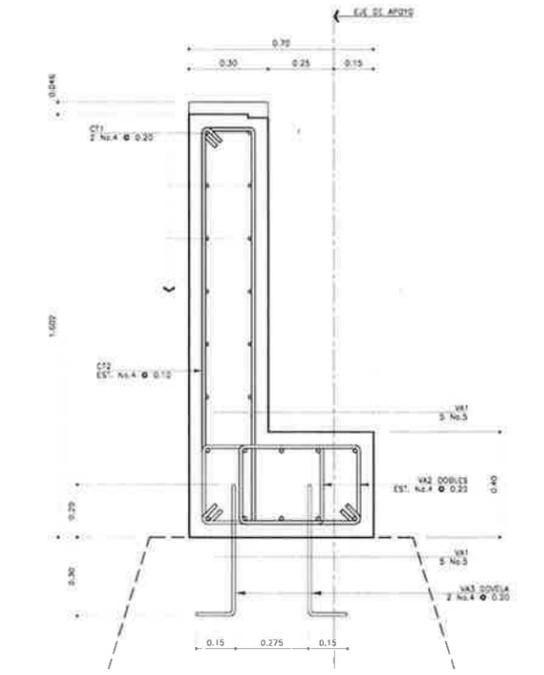
1 / 6



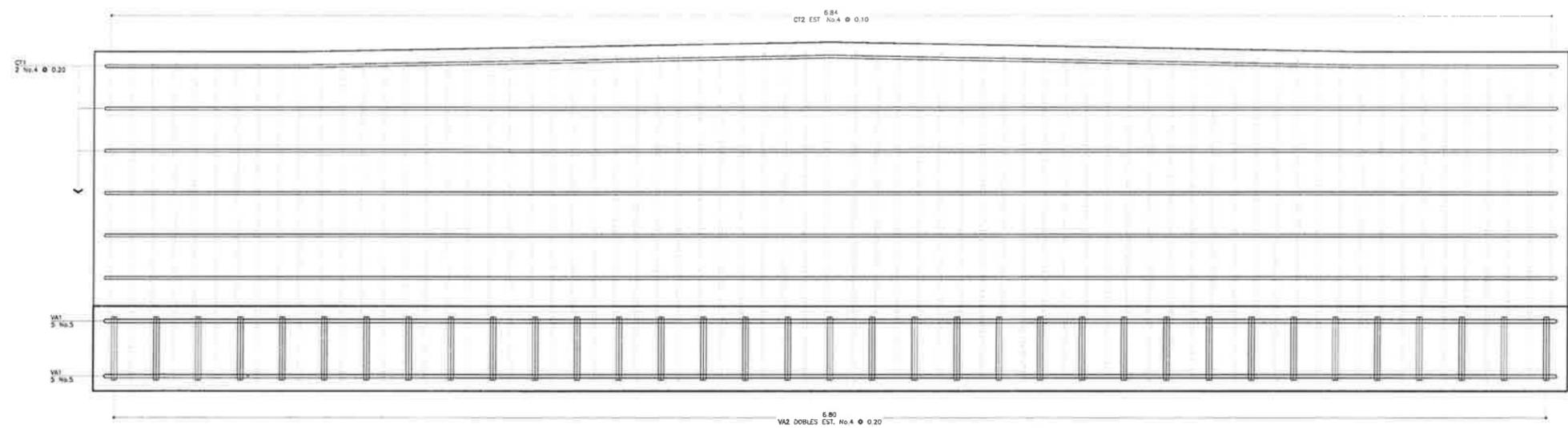
**ALZADO**  
GEOMETRIA ESTRIBOS  
ESCALA 1:25 **1** H2



**ELEVACION**  
GEOMETRIA ESTRIBOS  
ESCALA 1:25 **2** H2

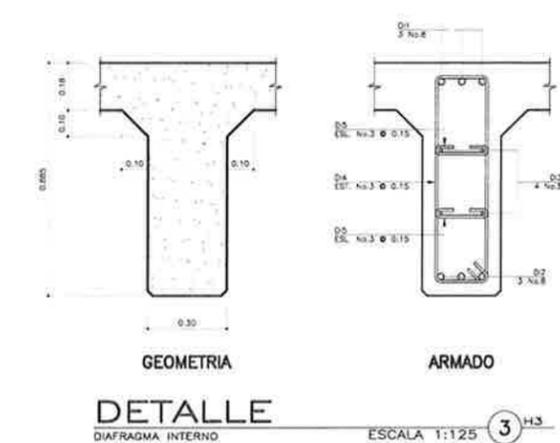
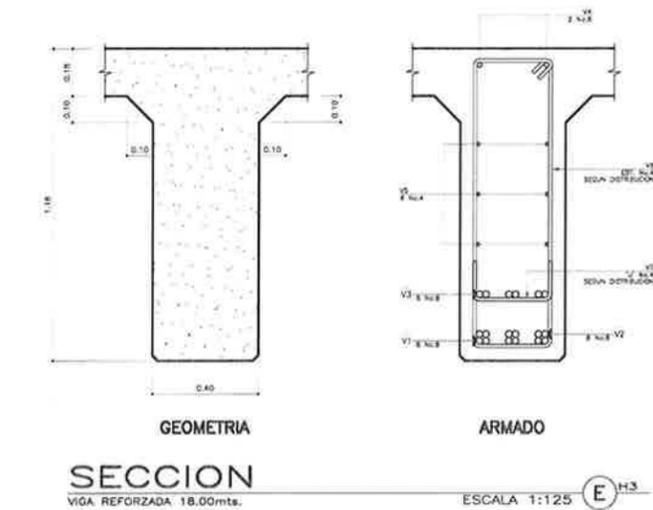
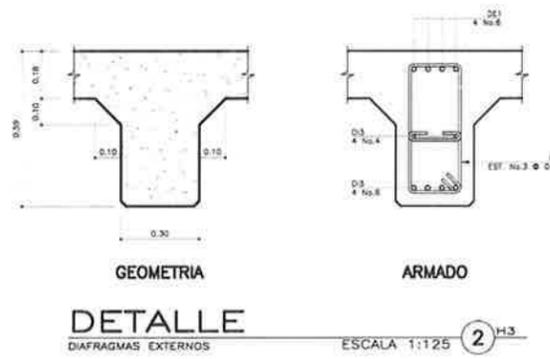
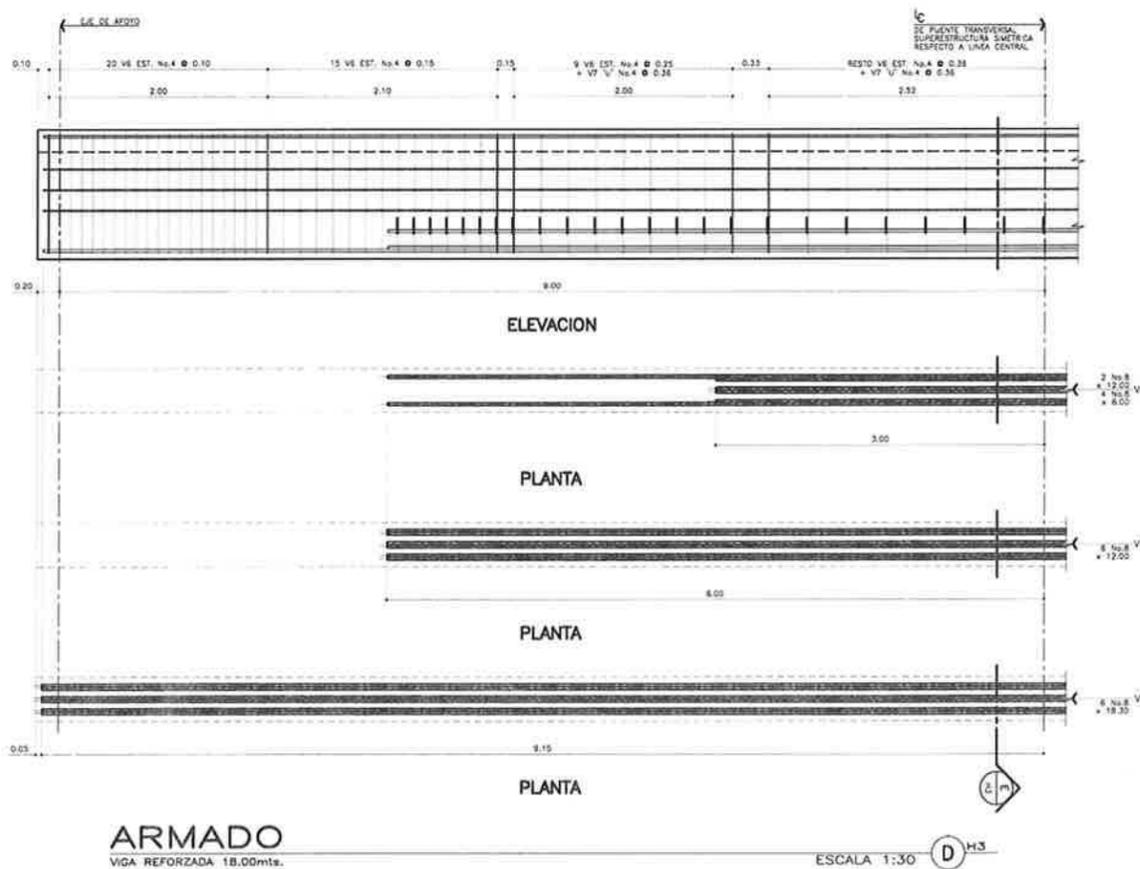
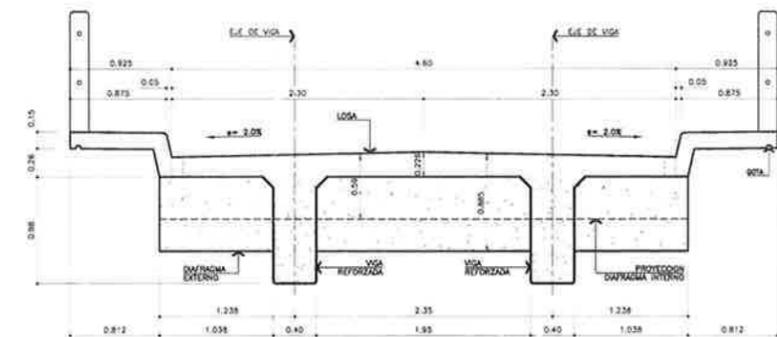
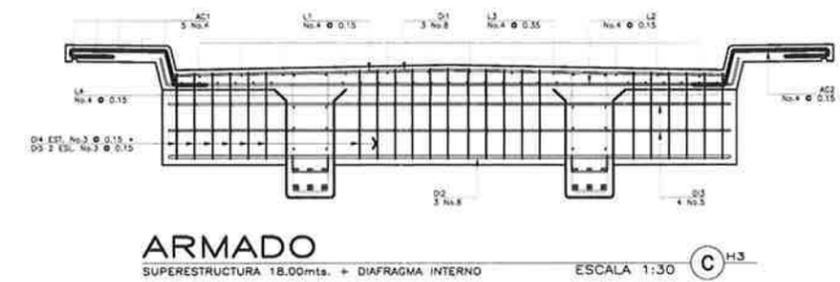
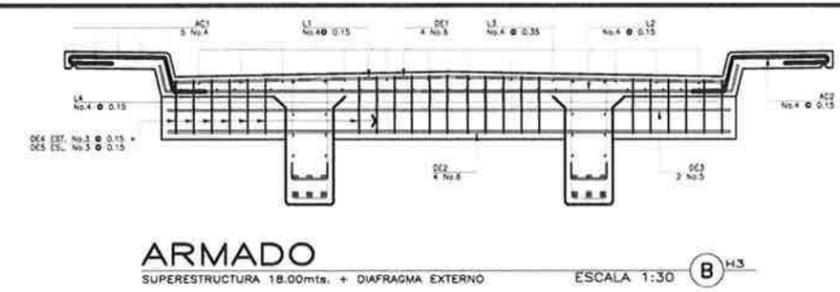
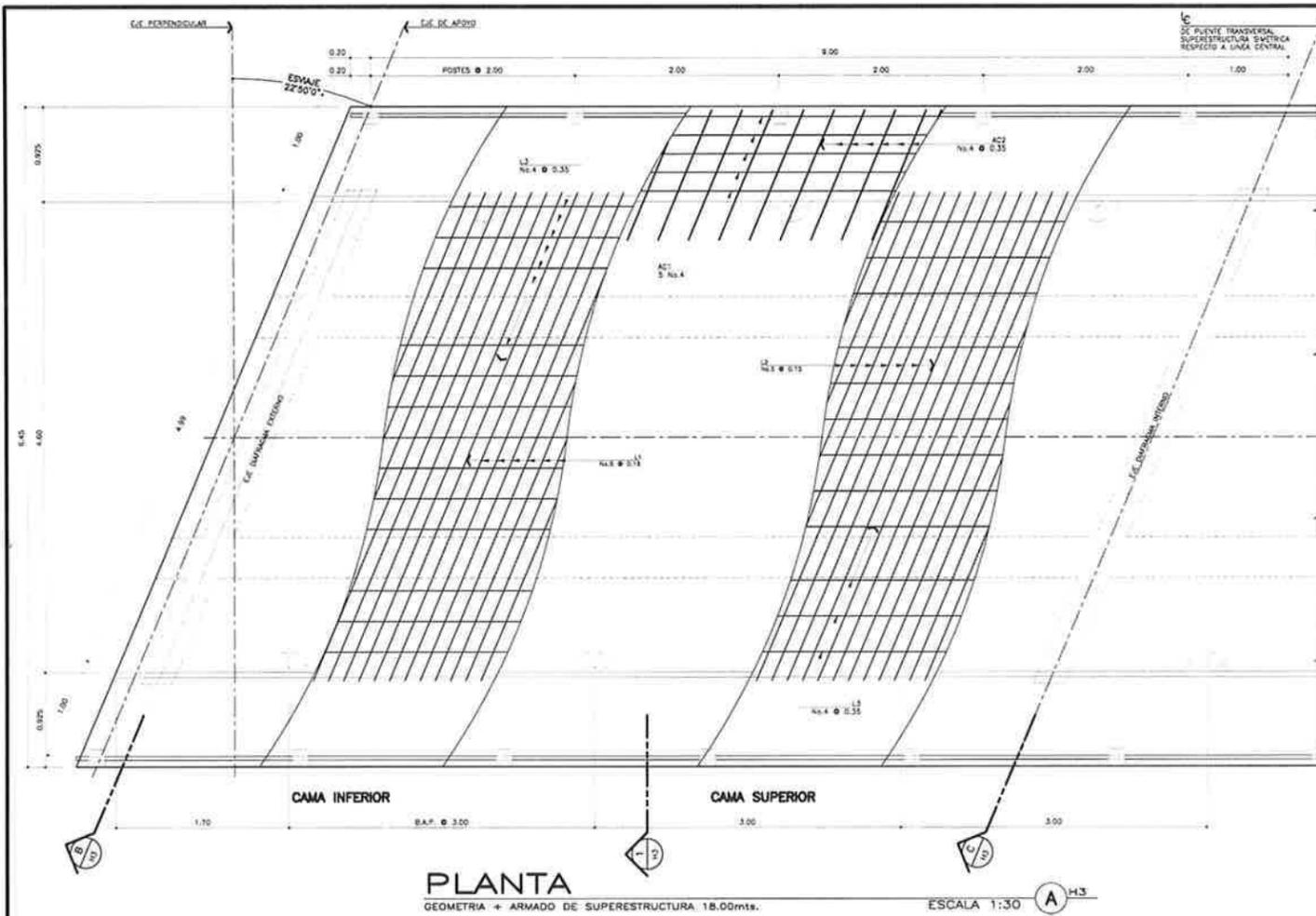


**ARMADO**  
VIGA DE APOYO + CORTINA  
ESCALA 1:12.5 **A** H2



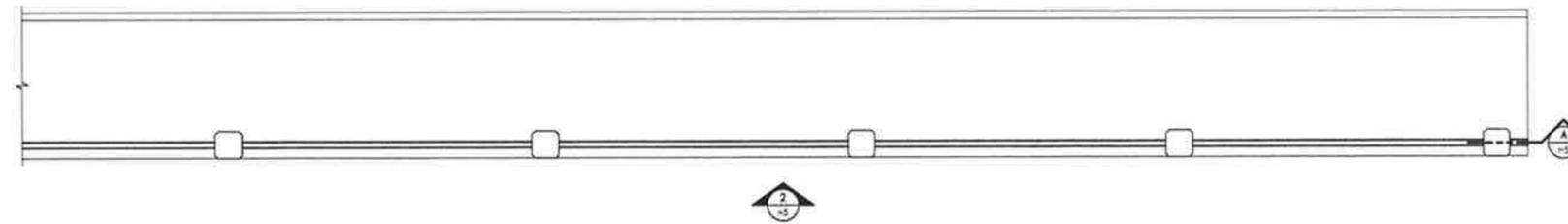
**ARMADO**  
VIGA DE APOYO + CORTINA  
ESCALA 1:12.5 **B** H2

PROYECTO:	CONSTRUCCION DE PUENTE VEHICULAR "QUEBRADA LOS COCHES" SAN JOSE DEL GOLFO		
Ubicacion:	San José del Golfo, Guatemala, Guatemala		
Plano de:	Estrados de San Carlos de Guatemala ESTRIBOS DE PUENTE		
Dibujante:	Maria de los Angeles Barrios Reyes	Dibujo:	Maria de los Angeles Barrios Reyes
Supervisor:	Maria de los Angeles Barrios Reyes	Supervisor:	Maria de los Angeles Barrios Reyes
Asesor:	Maria de los Angeles Barrios Reyes	Asesor:	Maria de los Angeles Barrios Reyes
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS	ASESORIA SUPERVISOR (A-08) EPS		No. HOJA
1) Inga. Christa Del Rosario Cusumano Asesor EPS	1) Mariana Estrella Asesor EPS		2
Facultad de Ingeniería			6



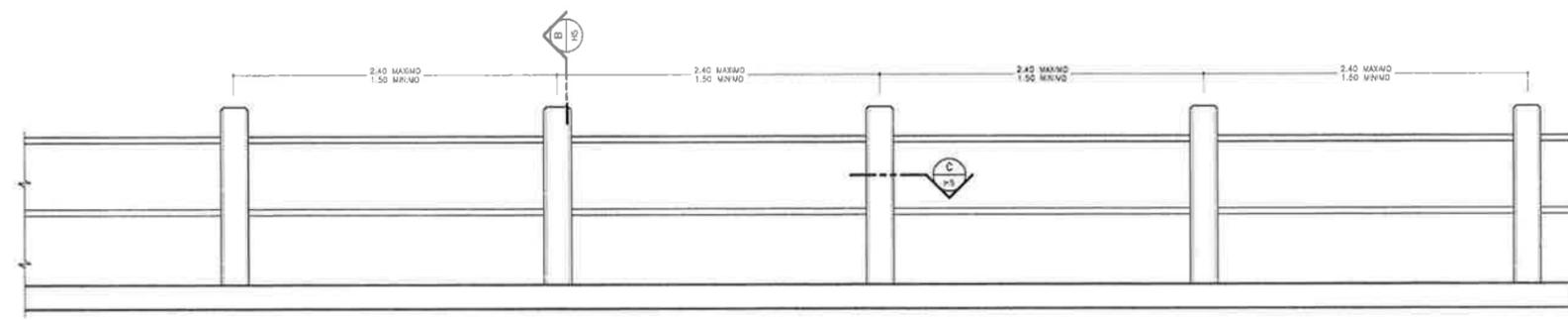
PROYECTO	CONSTRUCCION DE PUENTE VEHICULAR "QUEBRADA LOS COCHES" SAN JOSE DEL GOLFO		
Ubicación	San José del Golfo, Guatemala		
Plano de	SUPERESTRUCTURA DE PUENTE		
Revisor (A)	SUPERVISOR (A) DE EPS		A-1
Maestro de Obra	Unidad de Prácticas de Ingeniería EPS		No. HOJA
Fecha	ENERO 2014		3
Escuela de Ingeniería	Escuela de Ingeniería		6





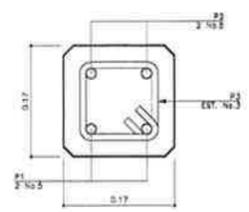
**PLANTA**  
TRAMOS DE POSTES

ESCALA 1:10 ① H5



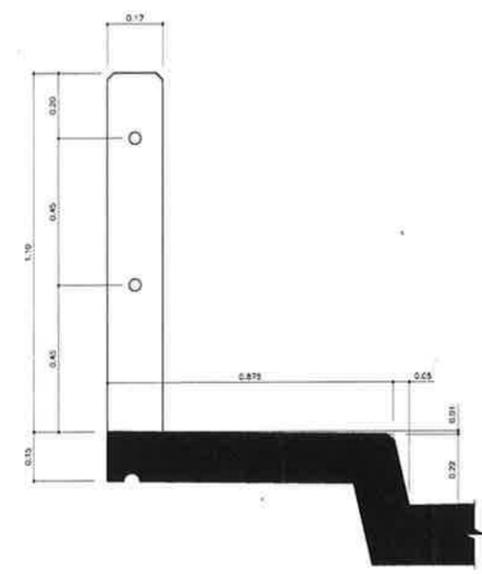
**ELEVACION**  
TRAMOS DE POSTES

ESCALA 1:10 ② H5



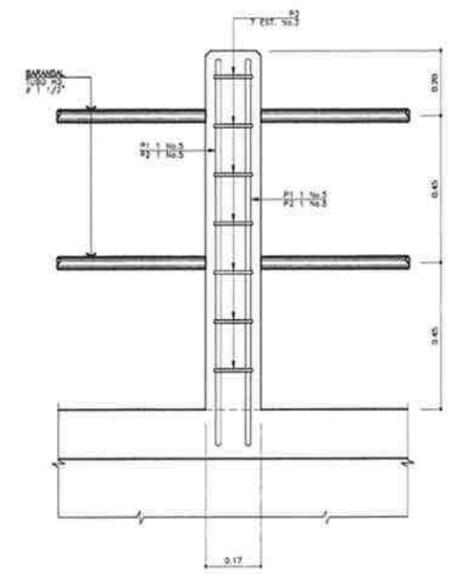
**SECCION**  
POSTES

ESCALA 1:5 ③ H5



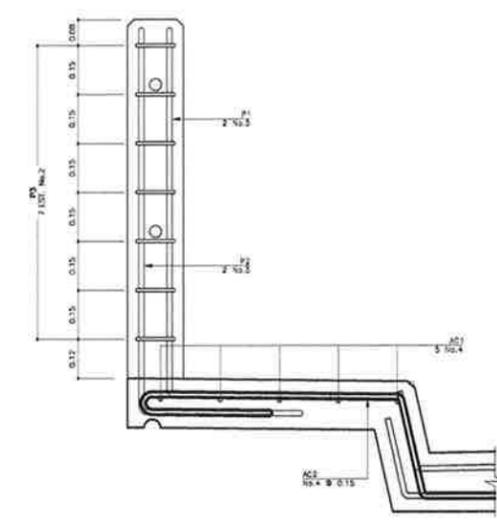
**GEOMETRIA**  
ACERA + POSTE DE PUENTE

ESCALA 1:10 ③ H5



**SECCION**  
ACERA + POSTE DE PUENTE

ESCALA 1:10 ④ H5



**SECCION**  
ACERA + POSTE DE PUENTE

ESCALA 1:10 ⑤ H5

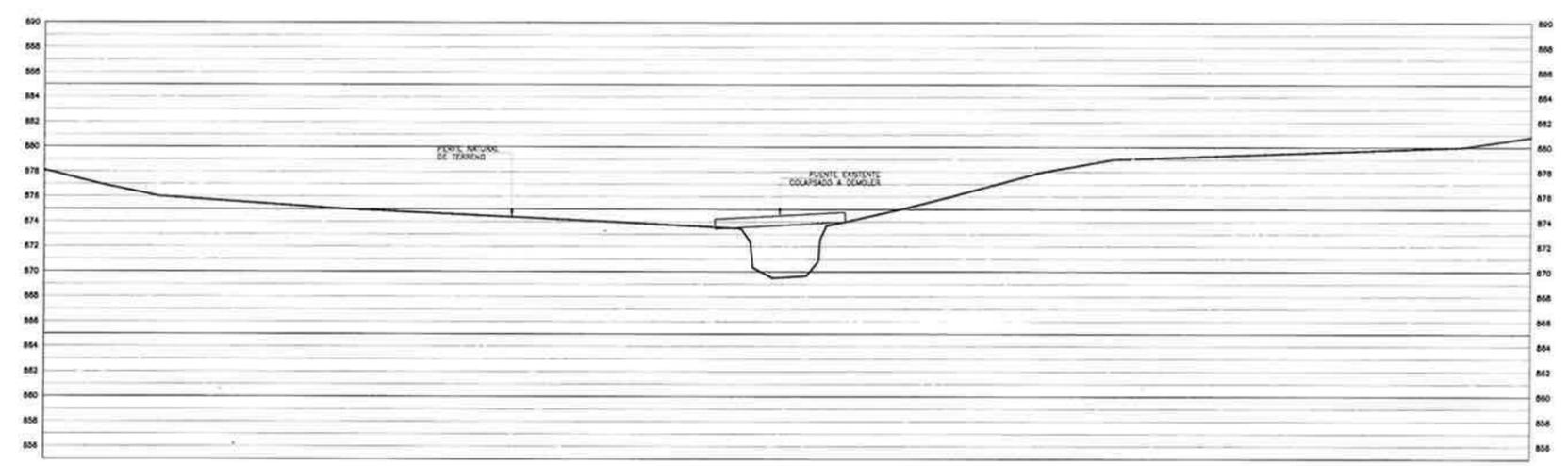
PROYECTO:				CONSTRUCCION DE PUENTE VEHICULAR "QUEBRADA LOS COCHES" SAN JOSE DEL GOLFO	
Ubicación:				San José del Golfo, Guatemala, Guatemala	
Plano de:				POSTES DE BARRERA	
Diseñador:		Dibujante:		A-1	
Marta de los Angeles Barales Reyes		Marta de los Angeles Barales Reyes		INDICADA	
ANESUKAI-SUPERIOR		EPSA DNG		ENERO 2014	
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS		Fecha:		No. HOJA	
Cristian Ricardo Castañeda Pérez		D. Marta de los Angeles Barales Reyes		5	
MATEO		Eneas		6	



**PLANTA TOPOGRAFICA**

PUENTE CHICAXAJ

ESCALA 1:250 **1** HB



**PERFIL NATURAL DE TERRENO**

PUENTE CHICAXAJ

ESCALA 1:250 **2** HB

PROYECTO	CONSTRUCCION DE PUENTE VEHICULAR "QUEBRADA LOS COCHES" SAN JOSE DEL GOLFO		
Ubicación	San José del Golfo, Guatemala		
Plano de	TOPOGRAFIA EXISTENTE		
Ma/a de los Autores	Ma/a de los Autores Reyes	Dibujó	Ma/a de los Autores Barahona Reyes
Ma/a de los Autores	SEÑOR(A) SUPERVISOR(A) DE EPS		A-1
Unidad de Prácticas de Ingeniería de EPS			No. HOJA
			6
			6