



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

**DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PAVIMENTACIÓN  
DE BARRIO EL CENTRO Y BARRIO DOS DE ABRIL, Y DISEÑO  
DE PAVIMENTACIÓN DE ALDEA TIUCAL EN EL MUNICIPIO DE  
ASUNCIÓN MITA, DEPARTAMENTO DE JUTIAPA**

**Bladimir Alberto Chicas Paz**

Asesorado por el Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta

**Guatemala, septiembre de 2007**



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PAVIMENTACIÓN  
DE BARRIO EL CENTRO Y BARRIO DOS DE ABRIL, Y DISEÑO  
DE PAVIMENTACIÓN DE ALDEA TIUCAL EN EL MUNICIPIO DE  
ASUNCIÓN MITA, DEPARTAMENTO DE JUTIAPA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR:

**BLADIMIR ALBERTO CHICAS PAZ**

ASESORADO POR EL ING. MANUEL ALFREDO ARRIVILLAGA OCHAETA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE  
**INGENIERO CIVIL**

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2007



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

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

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR:	Ing. Silvio Rodríguez Serrano
EXAMINADOR:	Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta
EXAMINADOR:	Ing. Alejandro Castañón López
SECRETARIA:	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas



## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

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

### **DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PAVIMENTACIÓN DE BARRIO EL CENTRO Y BARRIO DOS DE ABRIL, Y DISEÑO DE PAVIMENTACIÓN DE ALDEA TIUCAL EN EL MUNICIPIO DE ASUNCIÓN MITA, DEPARTAMENTO DE JUTIAPA,**

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, el 08 de noviembre de 2006.

---

Bladimir Alberto Chicas Paz



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

El Director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta y de la Directora de la Unidad de E.P.S., Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña, al trabajo de graduación de al estudiante Bladimir Alberto Chicas Paz, titulado DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PAVIMENTACIÓN DE BARRIO EL CENTRO Y BARRIO DOS DE ABRIL, Y DISEÑO DE PAVIMENTACIÓN DE ALDEA TIUCAL EN EL MUNICIPIO DE ASUNCION MITA, DEPARTAMENTO DE JUTIAPA, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

Ing. Fernando Amílcar Boitón Velásquez



Guatemala, septiembre 2007.

/bbdeb.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA  
UNIDAD DE EPS

Ref.EPS.SUMAAO.0021.2007  
Guatemala,  
25 de Julio de 2007

Ingeniero  
Ángel Roberto Sic García  
Director de la  
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS  
Facultad de Ingeniería  
Universidad de San Carlos de Guatemala.

Respetable Ingeniero Sic.

Por medio de la presente, envié a usted el informe final correspondiente a la Práctica de Ejercicio Profesional Supervisado titulado: DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PAVIMENTACIÓN DE BARRIO EL CENTRO Y BARRIO DOS DE ABRIL, Y DISEÑO DE PAVIMENTACIÓN DE ALDEA TIUCAL EN EL MUNICIPIO DE ASUNCIÓN MITA, DEPARTAMENTO DE JUTIAPA.

Este Trabajo lo desarrollo el estudiante universitario BLADIMIR ALBERTO CHICAS PAZ quien fue asesorado y supervisado por el suscrito.

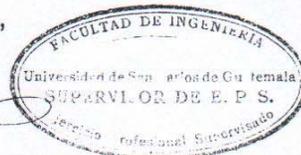
Por lo que, habiendo cumplido con los objetivos y los requisitos de ley, solicito darle el trámite correspondiente.

Sin otro particular, me es grato suscribirme de usted.

Atentamente.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta  
Ingeniero Civil  
Supervisor de Ingeniería Civil





UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA  
UNIDAD DE EPS

Guatemala, 1 de agosto de 2007  
Ref. EPS. C. 460.07.07

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

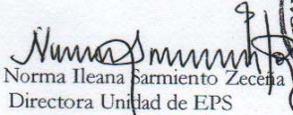
Estimado Ingeniero Boiton Velásquez.

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **"DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PAVIMENTACIÓN DE BARRIO EL CENTRO Y BARRIO DOS DE ABRIL, Y DISEÑO DE PAVIMENTACIÓN DE ALDEA TIUCAL EN EL MUNICIPIO DE ASUNCIÓN MITA, DEPARTAMENTO DE JUTIAPA"** que fue desarrollado por el estudiante universitario **BLADIMIR ALBERTO CHICAS PAZ**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta.

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,  
"D y Enseñad a Todos"

  
Ing. Norma Ileana Sarmiento Zecena  
Directora Unidad de EPS



NISZ/jm



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

Guatemala,  
22 de agosto de 2007

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

Estimado Ing. Boiton.

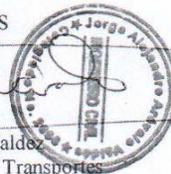
Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PAVIMENTACIÓN DE BARRIO EL CENTRO Y BARRIO DOS DE ABRIL, Y DISEÑO DE PAVIMENTACIÓN DE ALDEA TIUCAL EN EL MUNICIPIO DE ASUNCIÓN MITA, DEPARTAMENTO DE JUTIAPA**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Bladimir Alberto Chicas Paz, quien contó con la asesoría del Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta.

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. Jorge Alejandro Arévalo Valdez  
Coordinador del Área de Topografía y Transportes



/bbdeb.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

Guatemala,  
27 de agosto de 2007

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

Estimado Ing. Boiton.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PAVIMENTACIÓN DE BARRIO EL CENTRO Y BARRIO DOS DE ABRIL, Y DISEÑO DE PAVIMENTACIÓN DE ALDEA TIUCAL EN EL MUNICIPIO DE ASUNCIÓN MITA, DEPARTAMENTO DE JUTIAPA**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Bladimir Alberto Chicas Paz, quien contó con la asesoría del Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta.

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 INGENIERÍA  
DEPARTAMENTO  
DE  
HIDRAULICA  
USAC

/bbdeb.



**ACTO QUE DEDICO A:**

**DIOS**

Por su incomparable bondad.

**MIS PADRES**

Bladimir Antonio Chicas Salguero

Gloria Corina Paz de Chicas

**MIS HERMANAS**

Elsa Maribel Chicas Paz

Corina María Chicas Paz

**TODOS MIS FAMILIARES**

**TODOS MIS AMIGOS**



## **AGRADECIMIENTOS A:**

**DIOS**

Porque me ha dado todo.

**MIS PADRES**

Que con amor me han enseñado a  
vivir.

Todas aquellas personas que de una u otra forma colaboraron en la realización del presente trabajo.



# ÍNDICE GENERAL

<b>ÍNDICE DE ILUSTRACIONES</b>	VII
<b>LISTA DE ABREVIATURAS</b>	IX
<b>GLOSARIO</b>	XI
<b>RESUMEN</b>	XV
<b>OBJETIVOS</b>	XVII
<b>INTRODUCCIÓN</b>	XIX
<b>1. MONOGRAFÍA</b>	1
1.1. Municipio de Asunción Mita	1
1.1.1. Ubicación geográfica	1
1.1.2. Historia	2
1.1.3. Costumbres y tradiciones	3
1.1.4. Idioma	4
1.1.5. Economía	4
1.1.6. Centros turísticos y arqueológicos	4
1.1.7. Hidrografía	5
1.1.8. Servicios	5
1.1.9. Vías de comunicación	6
1.2. Aldea Tiucal	7
1.2.1. Ubicación geográfica	7
1.2.2. Geografía	7

<b>2. INVESTIGACIÓN PRELIMINAR</b>	<b>9</b>
2.1. Reconocimiento topográfico	9
2.2. Levantamiento topográfico	10
2.2.1. Planimetría	10
2.2.2. Altimetría	10
2.3. Tránsito preliminar	11
2.4. Niveles preliminares	11
2.5. Secciones transversales de preliminar	11
2.6. Estudio de suelos	11
2.6.1. Análisis granulométrico	12
2.6.2. Límites de Atterberg	12
2.6.2.1. Límite líquido	13
2.6.2.2. Límite plástico	13
2.6.2.3. Índice de plasticidad	13
2.6.3. Densidad máxima y humedad óptima	14
2.6.4. Capacidad soporte del suelo CBR	15
2.7. Análisis de resultados	15
<b>3. DISEÑO DE CARRETERA</b>	<b>17</b>
3.1. Marco teórico	17
3.1.1. Generalidades	17
3.1.1.1. Colocación, acabado y canteo del concreto	21
3.1.1.2. Mezcla	21
3.1.1.3. Colado del concreto	21
3.1.1.4. Curado	22
3.1.1.5. Sellado de juntas	23
3.2. Componentes estructurales del pavimento	23
3.2.1 Sub-rasante	23

3.2.2. Sub-base	23
3.2.3. Base	24
3.2.4. Capa de rodadura	24
3.3. Parámetros de diseño	24
3.3.1. Período de diseño	24
3.3.2. Diseño de la base	25
3.3.3. Diseño de espesor del pavimento	25
3.3.4. Diseño de mezcla de concreto	30
3.3.5. Alineamiento horizontal	34
3.3.5.1. Trazo de curvas horizontales	34
3.3.5.1.1. Grado máximo de curvatura	36
3.3.5.1.2. Longitud mínima	37
3.3.5.1.3. Longitud máxima	37
3.3.5.1.4. Distancia de visibilidad de parada	38
3.3.5.2. Tangentes	39
3.3.5.3. Procedimiento de cálculo de curva horizontal	39
3.3.6. Alineamiento vertical	40
3.3.6.1. Diseño de curvas verticales	41
3.3.6.1.1. Trazo de curvas verticales	42
3.3.6.1.2. Visibilidad	43
3.3.6.1.3. Cálculo de curvas verticales	44
3.3.6.2. Tangentes	45
3.3.6.3. Procedimiento de cálculo de curva vertical	45
<b>4. DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO</b>	<b>47</b>
4.1. Diseño hidráulico y parámetros de diseño	47
4.1.1. Período de diseño	47
4.1.1.1. Población futura	47
4.1.2. Cálculo de caudales	48

4.1.2.1. Consideraciones generales	48
4.1.2.1.1. Caudal	48
4.1.2.1.2. Velocidad	48
4.1.2.1.3. Tirante	49
4.1.2.1.4. Usos del agua	49
4.1.2.2. Caudal domiciliar	49
4.1.2.3. Caudal de conexiones ilícitas	50
4.1.2.4. Caudal de infiltración	51
4.1.2.5. Caudal comercial	51
4.1.2.6. Caudal industrial	52
4.1.2.7. Factor de caudal medio	52
4.1.2.8. Caudal máximo	53
4.1.2.9. Factor de Harmond	53
4.1.2.10. Caudal de diseño	54
4.1.2.11. Pendientes máxima y mínima	54
4.1.2.12. Velocidades máximas y mínimas de diseño	55
4.1.3. Cálculo de cotas Invert	55
4.1.4. Diámetro de tubería	56
4.1.5. Pozos de visita	56
4.1.6. Desfogue o disposición final	57
<b>5. ESTUDIOS DE IMPACTO AMBIENTAL</b>	<b>63</b>
5.1. Evaluación y manejo de riesgo ambiental	63
5.2. Evaluación de riesgos	64
5.3. Manejo de riesgos	65
5.4. Informe ambiental	65
5.5. Evaluación de impacto ambiental	66
5.6. Medidas de mitigación	67

<b>6. CUANTIFICACIÓN Y PRESUPUESTOS GENERALES DE LOS PROYECTOS</b>	69
6.1. Cuadro de cantidades de trabajo	69
6.2. Presupuesto	70
6.3. Cronogramas de ejecución física y financiera	72
<b>CONCLUSIONES</b>	75
<b>RECOMENDACIONES</b>	77
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	79
<b>APÉNDICES</b>	81



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Esquema de esfuerzos debidos a las cargas	20
2.	Elementos de curva circular	35
3.	Sección de una curva vertical	40
4.	Elementos de curva vertical	42
5.	Tasa interna de retorno	75

### TABLAS

I.	Análisis de resultados de estudio de suelos	16
II.	Tipos de sección típica según la Dirección General de Caminos	26
III.	Categorías de carga por eje	26
IV.	Interrelaciones aproximadas de clasificación de suelos y valores soporte	27
V.	Tipos de suelo de la Sub-rasante y valores aproximados de k	28
VI.	TPD-C permisible. Carga por eje, Categoría 2. Pavimento con juntas con agregados de trave.	29
VII.	Datos para diseño de mezclas (calculados para 1 m <sup>3</sup> de concreto fresco)	31
VIII.	Valores máximos de curvatura para cada velocidad	37
IX.	Visibilidad de parada	38
X.	Valores de k según tipo de curva	42
XI.	Especificaciones para diseño de drenaje sanitario	55



## LISTA DE ABREVIATURAS

<b>BM</b>	Banco de Marca
<b>CIE</b>	Cota Invert de Entrada
<b>CIS</b>	Cota Invert de Salida
<b>d</b>	Altura del tirante de agua en la tubería
<b>D</b>	Diámetro de la tubería
<b>d/D</b>	Relación de diámetros
<b>FH</b>	Factor de Harmond
<b>Fqm</b>	Factor de caudal medio
<b>FR</b>	Factor de Retorno
<b>IGN</b>	Instituto Geográfico Nacional
<b>IP</b>	Índice de Plasticidad o Índice Plástico
<b>n</b>	Coefficiente de rugosidad
<b>Pf</b>	Población futura
<b>PSI</b>	Poundal Square Inch (libra sobre pulgada cuadrada)

<b>PVC</b>	Cloruro de Polivinilo
<b>Qci</b>	Caudal de conexiones ilícitas
<b>Qcom</b>	Caudal comercial
<b>Qdis</b>	Caudal de diseño
<b>Qdom</b>	Caudal domiciliario
<b>Qin</b>	Caudal de infiltración
<b>Qind</b>	Caudal industrial
<b>Qmed</b>	Caudal medio
<b>S</b>	Pendiente
<b>v</b>	Velocidad de flujo en la tubería
<b>V</b>	Velocidad de flujo a sección llena
<b>v/V</b>	Relación de velocidades

## GLOSARIO

<b>Agregado fino</b>	Agregados finos procedentes de la denudación de las rocas o de su trituración artificial, y cuyas partículas varían entre 2 mm y 0.05 mm de diámetro.
<b>Agregado grueso</b>	Fragmentos de rocas cuyas partículas varían desde 7.62 cm hasta 2 mm.
<b>Aguas negras</b>	Son las aguas desechadas después de haber servido para un fin, las cuales pueden ser: domésticas, comerciales e industriales.
<b>Altimetría</b>	Parte de la topografía que enseña a medir las alturas.
<b>Ángulo</b>	Es la menor o mayor abertura que forman entre sí dos líneas o dos planos que se cortan. Las líneas que forman el ángulo se llaman lados y el punto de encuentro, vértice. Su mayor o menor abertura se mide en grados.
<b>Azimut</b>	Es el ángulo horizontal referido al norte, su rango va desde 0 a 360 grados.

<b>Banco de marca</b>	Es el lugar que tiene un punto fijo, cuya elevación se toma como referencia para determinar la altura de otros puntos.
<b>Base</b>	Capa de suelo constituida por material seleccionado, de granulometría y espesor determinado que se construye sobre la sub-base.
<b>Bordillo</b>	Son las estructuras de concreto simple que se construyen en el centro, en uno o en ambos lados de una carretera y sirve para el ordenamiento del tráfico y seguridad del usuario.
<b>Carretera</b>	Vía de tránsito público, construida dentro de los límites del derecho de vía.
<b>Colector</b>	Conjunto de tuberías que sirven para el desalojo de aguas negras o de lluvia.
<b>Compresión</b>	Es la distribución de una fuerza sobre el área sobre la que actúa y empuja sobre ella.
<b>Cuneta</b>	Zanjas laterales paralelas al eje de la carretera o del camino, construidas entre los extremos de los hombros y el pie de los taludes. Su sección transversal es variable, siendo

comúnmente de forma triangular trapezoidal y cuadrada.

**Deflexión**

Curva que se caracteriza por una función que determina el desplazamiento transversal de los puntos que se encuentran en el eje de un elemento estructural.

**Densidad**

Es la masa de un cuerpo o fluido contenida en una unidad de volumen.

**Esfuerzo cortante**

Es una fuerza tangencial que actúa sobre un área en el punto donde se determina el esfuerzo cortante.

**Graduación**

Es la distribución granulométrica de una muestra de material.

**Granulometría**

Se refiere a los diversos tamaños de las partículas que constituyen el suelo.

**Losa**

Es el nivel del terreno sobre el que se asientan los diferentes elementos del pavimento de una carretera o camino.

**Mitigación**

Acción por medio de la cual se disminuye el impacto de un agente contaminante.

**Permeabilidad**

Característica de un material que permite ser atravesado por los fluidos.

<b>Sub-base</b>	Capa de suelo de material seleccionado, de granulometría y espesor determinado que se construye sobre la sub-rasante.
<b>Sub-rasante</b>	Es el nivel del terreno sobre el que se asientan los diferentes elementos del pavimento de una carretera o camino.
<b>Tensión</b>	Es la distribución de una fuerza sobre el área sobre la que actúa y tira sobre ella.
<b>Terraplén</b>	Volumen de tierra con que se rellena o levanta una hondonada.
<b>Tirante</b>	Altura de las aguas negras o pluviales dentro de la tubería.

## RESUMEN

Antes de tomar una decisión que contribuyera al mejoramiento de la infraestructura del pueblo, se observaron varias necesidades en el barrio Dos de Abril, y se tomó como prioridad rehabilitar la línea central del drenaje que conduce desde el cementerio hasta el barrio El Centro, para unirse a la tubería existente que desfoga en el río.

Esta rehabilitación se debe a la antigüedad del alcantarillado existente y a la falta de eficiencia del sistema. De la misma manera sucede con el adoquinado de ese tramo, por lo que se plantea la colocación de pavimento hidráulico a lo largo del tramo a rehabilitar del alcantarillado sanitario.

La aldea Tiucal se conecta con la aldea San Matías, la cual se encuentra a 2.5 km de distancia. Este tramo ya ha sido balastado y la superficie existente se encuentra en muy buenas condiciones y con un alto contenido de material granular, por lo que presenta un alto valor soporte a simple vista.



## **OBJETIVOS**

1. Realizar un nuevo diseño de alcantarillado sanitario que satisfaga las necesidades de la población.
2. Cambiar el adoquín en mal estado por colocación de pavimento hidráulico, en el mismo tramo de la rehabilitación del sistema de alcantarillado.
3. Colocar pavimento hidráulico en el tramo que une la aldea Tiucal con la aldea San Matías.



# INTRODUCCIÓN

La eliminación de las aguas servidas provenientes de la vida doméstica de una comunidad, ha sido uno de los principales problemas que más preocupa a sus habitantes, y uno de los principales factores de insalubridad. Es por eso que las municipalidades deben velar porque sus habitantes cuenten con un correcto sistema de eliminación de aguas servidas. Tal es el caso del municipio de Asunción Mita, en donde se realizará la rehabilitación del sistema de drenaje sanitario para lograr una mejor evacuación de las aguas negras.

La aldea Tiucal es una comunidad que ha crecido considerablemente en los últimos años, y se ha vuelto punto de acceso para otras comunidades como lo son la aldea San Matías y lugares aledaños. Por tal razón, los comités han gestionado la pavimentación del tramo que los comunica desde la carretera interamericana hasta la aldea San Matías.

El primer capítulo trata sobre la información general de los lugares donde se realizarán los proyectos. El capítulo número dos contiene los datos necesarios sobre topografía y suelos que se necesitan para realizar los diseños de ingeniería. Los capítulos número tres y cuatro tratan específicamente el procedimiento de diseño de cada uno de los proyectos, siendo estos la pavimentación y el alcantarillado respectivamente. El capítulo cinco describe de manera breve el procedimiento para realizar un estudio de impacto ambiental. Por último, el capítulo seis contiene los cuadros con los presupuestos de los proyectos, que incluyen los renglones de trabajo, sus cantidades y precios unitarios respectivos. Además, expone un breve análisis económico-financiero, con el cual se puede determinar la rentabilidad de los proyectos.



# **1. MONOGRAFÍA**

## **1.1. Municipio de Asunción Mita**

### **1.1.1. Ubicación geográfica**

El municipio de Asunción Mita, se encuentra situado en la parte este del departamento de Jutiapa, en la Región IV o Región sur-oriental. Se localiza en la latitud 14° 19' 58" norte y en la longitud 89° 42' 34" oeste. Limita al Norte con los municipios de Santa Catarina Mita y Agua Blanca (Jutiapa); al Sur con los municipios de Atescatempa y Yupiltepeque (Jutiapa) y con la República de El Salvador; al este con la República de El Salvador; y oeste con los municipios de Jutiapa y Yupiltepeque (Jutiapa). Cuenta con una extensión territorial de 476 kilómetros cuadrados, y se encuentra a una altura de 470.05 metros sobre el nivel del mar, por lo que su clima es generalmente cálido. La distancia de esta cabecera municipal a la Ciudad de Jutiapa es de 30 kilómetros.

La municipalidad es de 2da. categoría, cuenta con una Villa que es la cabecera municipal Asunción Mita, 36 aldeas, 73 caseríos y el paraje Estero San Juan. Las aldeas son: Anguiatú, Asunción Grande, Cerro Blanco, Cerrón, El Ciprés, El Izote, El Pito, El Sauce, El Trapiche, El Tule, Estanzuela, Girones, Guevara, Las Ánimas, Las Pozas, Loma Larga, Los Amates, Quebrada Honda, San Jerónimo, San Joaquín, San José, San Juan Las Minas, San Matías, San Miguelito, San Rafael Cerro Blanco, San Rafael El Rosario, Santa Cruz, Santa Elena, Shanshul, Sitio De Las Flores, Tablón San Bartolo, Tamarindo, Tiucal, Tiucal Arriba, Trapiche Vargas y Valle Nuevo.

### **1.1.2. Historia**

Conforme lo publicado por el filósofo mexicano don Antonio Peñafiel, la voz náhuatl Mictlán puede interpretarse como lugar de los muertos, o donde hay huesos humanos; su jeroglífico representa a la tierra (tlalli) así como tres fémures.

Fuentes y Guzmán en su Recordación Florida anotó por la última década del siglo XVII que el poblado de Asunción Mita era la cabecera del Cacicazgo de Mitlán. En su obra se refiere en detalle a la conquista y toma de Mictlán, de parte del ejército español, así como de la conquista posterior de Esquipulas.

Por el año de 1800 escribió el presbítero bachiller Domingo Juarros, en su Compendio de la Historia de la Ciudad de Guatemala, en que se indica que Asunción Mita era cabecera del curato dentro del partido de Chiquimula. En otra parte de su obra indica que el poblado cuando fue nombrado como Mita, tenía a su cargo "dos iglesias; quince cofradías; 1,625 feligreses y 35 haciendas.

Este pueblo de Asunción Mita es llamado así, por sus infinitos elementos de prosperidad y grandeza al ser el primero del departamento, siendo antes de la conquista, capital del reino de Mita. Después de la conquista, los españoles fundaron una hermosa población cerca de las ruinas de los indios, que continuó siendo capital de Provincia, tanto en lo civil como en lo eclesiástico, hasta la independencia; en el segundo sentido hasta hoy conserva la Vicaría el nombre de Mita.

Mita, que en el tiempo de la conquista, fue una hermosa población, pocos años después empezó a decaer, en tiempos del gobierno español, por haberse

prohibido el cultivo del añil en sus terrenos, con el fin de dejar este ramo patrimonial a la Provincia de El Salvador; y extender en la de Guatemala capital del Reino, la cochinilla.

La Asamblea Constituyente del Estado de Guatemala, por decreto del 4 de noviembre de 1825, dividió el territorio del Estado en siete departamentos, y el de Chiquimula que era uno de ellos, se subdividió a su vez en 7 distritos, uno de los cuales era Mita, con su cabecera Asunción Mita.

Por decreto del gobierno, fechado 8 de mayo de 1852, se dividió el departamento de Mita en tres distritos; Asunción Mita y Santa Catarina Mita pasaron a formar parte del distrito de Jutiapa conforme lo prescrito en el artículo 2o. del citado decreto; al suprimirse ese distrito, ambos poblados volvieron a incorporarse a Chiquimula. Con fecha 9 de noviembre de 1853 Asunción Mita se segregó de Chiquimula y se anexó al recién fundado departamento de Jutiapa.

El Pueblo fue erigido en Villa el 11 de febrero de 1915 por medio del Acuerdo Gubernativo respectivo y el 24 de abril de 1931 fue declarado Monumento Nacional Precolombino.

### **1.1.3. Costumbres y tradiciones**

En Asunción Mita se celebran dos fiestas titulares:

- La primera del 12 al 15 de agosto, en honor a la Virgen de Asunción; y
- La segunda del 6 al 12 de diciembre, en honor a la Virgen de Concepción.

#### **1.1.4. Idioma**

Antes de la conquista, los indígenas que habitaron la región, hablaban el Pocomán, en la actualidad, todos hablan y entienden el español.

#### **1.1.5. Economía**

Sus tierras son ricas en maderas, aguas y pastos. En ellas se cultivan con los mejores resultados: añil, algodón, chile, caña de azúcar y otros ramos, así como los granos básicos que son el frijol y el maíz, café, tabaco y arroz.

Asunción Mita se distingue especialmente por sus grandes haciendas de ganado vacuno y caballar, así como por una planta procesador de leche que figura entre las principales del país.

En lo que se refiere a la producción artesanal, se trabajan muebles de madera, instrumentos musicales, artículos de cuero, teja y ladrillo de barro.

#### **1.1.6. Centros turísticos y arqueológicos**

Asunción Mita es el lugar que cuenta con el mayor número de atractivos turísticos naturales como el río Ostúa, el Balneario La Poza de la Lechuza, La Ventana, La Vegona, Mongoy, el Balneario de aguas termales Atatupa, el paseo de Mongoyito. El río Mongoy a su paso forma bellas cataratas, así como las cuevas San Juan Las Minas, Poza Azul de Mongoy y las Lágrimas del Alma. En su jurisdicción se encuentra la laguna de Güija en la parte que corresponde a Guatemala. Por último, se mencionan los miradores Valle-Mita, que son frecuentados por los pobladores y turistas. Por último se hace mención de los sitios arqueológicos: Asunción Mita y Micla.

### **1.1.7. Hidrografía**

Asunción Mita se encuentra ubicado en una planicie al sur del río Ostúa o Grande de Mita y al norte del río Tamazulapa. Es atravesado por el riachuelo Ataicinco.

Son varios los ríos que bañan sus terrenos, siendo los más importantes: Ostúa, Mongoy, Tamazulapa, La Virgen y Tiucal. Así mismo, cuenta con varios riachuelos como: Ataicinco, Agua Caliente, El Ríto, Las Marías, Las Piletas y otros.

También cuenta con 75 quebradas y los zanjones: de Aguilera, de Orozco, del Guacuco, El Aguacate y el Sabilar.

Como parte importante de su hidrografía, esta la laguna de Güija, la cual tiene una tercera parte de su extensión dentro de este municipio.

### **1.1.8. Servicios**

#### **Centros de salud**

Asunción Mita cuenta con un Centro de Salud, en la cabecera municipal y Puestos de Salud en: Anguiatú Frontera, Asunción Grande, Estanzuela, El Tamarindo, Cerro Blanco y San Joaquín, que dan asistencia médica a las comunidades de todo el municipio.

#### **Estaciones de policía**

Para brindar servicio de seguridad a sus pobladores, este municipio cuenta con la estación 212 y la subestación # 2121, ambas en la cabecera

municipal, que pertenecen a la Comisaría # 21. Así también, cuenta con la Subfiscalía # 2124 en San Cristóbal Frontera.

### **Estaciones de bomberos**

Para la atención de accidentes, desastres o emergencias, Asunción Mita cuenta con el servicio de la 80va. Compañía de los Bomberos Voluntarios.

### **Hospedajes**

Para una agradable estancia en el municipio, se pueden encontrar los hoteles: La Asunción, El Mirador, La Selecta, mini hotel El Camino; el hospedaje Yury en el Barrio Cielito Lindo; los moteles Anderson y la Villa; y la pensión Central.

### **1.1.9. Vías de comunicación**

Por la carretera Interamericana CA-1 en dirección al oeste, desde Asunción Mita hay unos 28 kms. a la cabecera departamental y municipal de Jutiapa, mientras que en dirección sur son aproximadamente 20 kilómetros a San Cristóbal Frontera, en el límite con El Salvador. Así mismo cuenta con veredas y roderas que unen municipios entre sí y con poblados y propiedades rurales. También se puede comunicar por la vía férrea, que tiene las estaciones del ferrocarril: Anguiatú y Estación Mita.

## **1.2. Aldea Tiucal**

### **1.2.1. Ubicación geográfica**

Tiucal es una aldea del municipio de Asunción Mita, ubicada a una distancia de 6 km del municipio sobre la carretera Interamericana CA-1, al suroeste de la cabecera con 482 mts SNM; latitud 14°17'00" norte, longitud 89°43'30" oeste.

### **1.2.2. Geografía**

Tiucal colinda al norte con Girones, al sur con El Trapiche, al sureste con Valle Nuevo y San Jerónimo, al noroeste con San Matías y al suroeste con Tiucal Arriba.



## **2. INVESTIGACIÓN PRELIMINAR**

### **2.1. Reconocimiento topográfico**

Para realizar un correcto levantamiento topográfico, será conveniente llevar a cabo un reconocimiento del lugar, con el objetivo de recopilar los datos necesarios, que puedan llevar a un diagnóstico que favorezca en lo posterior al diseño de los proyectos.

Dentro del reconocimiento topográfico y complementario se deben considerar las siguientes características:

- Geológicas
- Hidrológicas
- Topográficas
- Condición actual de los servicios existentes

De esta manera se determinará por simple inspección el tipo de suelo en el que se realizarán los estudios para su posterior ejecución, tomando en cuenta su composición, características generales, bancos de material para rellenos, existencia de escurrimientos superficiales o subterráneos que afloran a la superficie y que afecten el camino, pendientes aproximadas y ruta a seguir en el terreno.

Mediante el reconocimiento topográfico se puede determinar puertos topográficos, que son puntos en los que obligadamente, de acuerdo a la

topografía, se pueden determinar los lugares obligados de paso, ya sea por beneficio social, político o de producción de bienes y servicios.

## **2.2. Levantamiento topográfico**

Se llama así a la descripción y delineación detallada de la superficie de un terreno de la línea preliminar seleccionada, siguiendo las señales indicadas en el reconocimiento; el levantamiento consiste en una poligonal abierta, formada por ángulos y tangentes, donde se deberá establecer lo siguiente:

- Punto de partida
- Azimut o rumbo de salida
- Kilometraje de salida
- Cota de salida del terreno

### **2.2.1. Planimetría**

Se llama planimetría al conjunto de los trabajos efectuados para tomar en el campo los datos geométricos necesarios que permitan construir una figura semejante a la del terreno, proyectada sobre un plano horizontal.

### **2.2.2. Altimetría**

Recibe el nombre de nivelación o altimetría el conjunto de los trabajos que suministran los elementos para conocer las alturas y forma del terreno en sentido vertical.

### **2.3. Tránsito preliminar**

El trazo se efectuó por el método de deflexiones simples, con estacionamientos cada 20 metros y en los puntos donde se considero necesario.

### **2.4. Niveles de preliminar**

La nivelación se efectuó tomando diferencias de nivel en todos los puntos fijados por el trazador de la línea central, situando el BM (Banco de Marca). Como cota de salida (BM) se tomara de preferencia una fijada por el Instituto Geográfico Nacional (IGN). En este caso se adopto una cota de salida arbitraria, la cual es de 100.

### **2.5. Secciones transversales de preliminar**

Por medio de las secciones transversales se podrá determinar la topografía de la faja de terreno que se necesita para lograr un diseño apropiado. En las estaciones de la línea central se trazaron perpendiculares, haciendo un levantamiento a cada 20 metros, recopilando información del lado izquierdo y derecho de la línea central.

### **2.6. Estudio de suelos**

Con el fin de realizar un buen diseño de pavimentación, es altamente necesario llevar a cabo un estudio de suelos, que revele los parámetros a utilizar en el diseño. De esta forma, por condiciones de trazo geométrico, topografía y calidad de los suelos naturales de apoyo, es necesario colocar una capa de transición sobre la cual se construirán las losas de concreto.

### **2.6.1. Análisis granulométrico**

En la clasificación de suelos para sus usos en ingeniería es acostumbrado utilizar algún tipo de análisis granulométrico. Es parte importante de los criterios de aceptabilidad de suelos para carreteras, aeropistas, presas de tierra, diques y otro tipo de terraplenes. La información obtenida del análisis granulométrico puede en ocasiones utilizarse para predecir movimientos del agua a través del suelo, aun cuando los ensayos de permeabilidad son los utilizados.

El análisis granulométrico es un intento de determinar las proporciones relativas de los diferentes tamaños de granos presente en una masa de suelo dada. Para tener un resultado significativo la muestra deber ser estadísticamente representativa de la masa del suelo.

Se traza la curva de la composición granulométrica del material en una grafica que tiene por abscisas, a escala logarítmica, las aberturas de las mallas y por ordenadas los porcentajes de material que pasa por dichas mallas a escala aritmética.

La curva resultante se compara con las que se tengan como especificaciones, o se obtienen de ella relaciones entre ciertos porcentajes que dan idea de la graduación del material.

### **2.6.2. Limites de Atterberg**

Los límites de Atterberg determinan fronteras que separan zonas en las que el suelo presenta distintos comportamientos. Lo que define en que zona se halla un suelo o que lo hace variar dentro de las zonas es el contenido de

humedad que hay en el en un instante determinado. Cada zona define un comportamiento plástico distinto. La plasticidad es la propiedad que presentan los suelos de poder deformarse, hasta cierto límite sin romperse. Las arcillas presentan esta propiedad en grado variable.

Los límites que marcan la transición entre los diferentes estados de consistencia de los suelos son:

### **2.6.2.1. Límite líquido**

Es el contenido de humedad por debajo del cual el suelo se comporta como un material plástico; a este nivel de contenido de humedad esta en el vértice de cambiar su comportamiento al de un fluido viscoso.

### **2.6.2.2. Límite plástico**

Es el contenido de humedad por debajo del cual se puede considerar el suelo como un material no plástico, es decir, limita el estado plástico y semi-sólido.

### **2.6.2.3. Índice de plasticidad**

La diferencia entre los valores del límite líquido y el límite plástico se ha llamado índice plástico. Este valor determina el nivel de plasticidad de un suelo con base en los siguientes parámetros:

IP = 0, es un suelo no plástico

IP < 7, es un suelo de baja plasticidad

7 < IP < 17, es un suelo de mediana plasticidad

IP > 17, es un suelo altamente plástico

### **2.6.3. Densidad máxima y humeada óptima**

El proceso por medio del cual se aumenta el peso volumétrico de un material se llama compactación. El grado de compactación de un suelo es muy importante para aumentar la resistencia y disminuir la compresibilidad del mismo. Mediante el proceso de compactación se consigue aumentar su densidad en el lugar donde el suelo se encuentre y se obtienen varias características benéficas.

La densidad que se puede obtener de un suelo, por medio de un método de compactación dado, depende de su contenido de humedad. El contenido de humedad, que da el más alto peso unitario seco (densidad), se llama contenido de humedad óptima para el método de compactación.

Debido al aumento de la densidad del suelo es posible alcanzar incremento en la capacidad soportante y una menor tendencia a la deformación del suelo, conjuntamente con una disminución de la permeabilidad del mismo. Paralelamente se reduce el peligro de que suelos cohesivos o semi-cohesivos absorban agua. Por tales razones el control y la verificación de la compactación del material alcanzado en una obra es de suma importancia.

El proceso de compactación consiste en aplicar cierta cantidad de energía al suelo, esto se consigue de distintas formas, algunas veces con cargas de impacto y otras veces con cargas estáticas. El método utilizado para este estudio es Proctor Modificado.

Para el Proctor Modificado, el peso del mazo es de 10 lbs., a una altura de caída de 18 pulgadas y compactación en cinco capas, con 25 golpes cada capa.

#### **2.6.4 Capacidad soporte del suelo (California Bearing Ratio,-CBR-)**

El valor relativo de soporte de un suelo es un índice de su resistencia al esfuerzo cortante en condiciones determinadas de compactación y humedad, y es la razón de carga unitaria que se requiere para introducir un mismo pistón dentro del suelo, a la carga requerida y a la misma profundidad en una muestra de piedra triturada.

Los valores limites del CBR son los siguientes:

0%	a	5%	Sub-rasantes muy malas
5%	a	10%	Sub-rasantes malas
10%	a	20%	Sub-rasantes de regulares a buenas
20%	a	30%	Sub-rasantes muy buenas
30%	a	50%	Sub-bases buenas
50%	a	80%	Buena para bases de gravas
80%	a	100%	Buenas bases de piedra y grava triturada

#### **2.7 Análisis de resultados**

Para realizar el estudio de suelos se tomaron 4 muestras representativas del lugar, en intervalos de 500 mts, a una profundidad de 60 cms. Durante la realización de los ensayos de laboratorio surgió la necesidad de descartar una de las muestras debido a que presentaba un alto porcentaje de gravas de gran tamaño, lo cual impediría el desarrollo de los trabajos. Por lo tanto en la tabla 1

solo se muestran los resultados de tres de las muestras tomadas, que fueron las que se pudieron trabajar exitosamente.

Tabla I. Análisis de resultados de estudio de suelos

Informe No. Del AI	Estacion	Análisis granulométrico																		
		3	2 1/2	2	1 1/2	1	3/4	1/2	3/8	1/4	4	10	20	30	40	50	60	80	100	200
R-295-06	0+350	--	--	82.5	74.8	63.6	58.7	--	51.8	--	46.3	40.3	--	--	--	--	32.6	--	--	23.9
R-299-06	1+400	--	--	--	--	--	--	--	--	--	100.0	97.8	95.6	93.9	91.0	85.0	80.8	68.1	62.7	47.8
R-303-06	2+300	--	--	100.0	91.7	88.0	88.0	--	87.6	--	85.6	63.4	--	--	19.1	--	--	--	--	18.5

Profundidad (cms)	Proctor		Valor Soporte		Límites		Clasificación	Observaciones
	Densidad lb/pie <sup>3</sup>	% Humedad optima	% CBR	Min.	L.L.	I.P.		
60.0	127.8	7.7	17.5	2.0	30.2	9.1	A-2-4	Grava limosas café claro.
60.0	118.1	13.8	33.0	12.0	28.6	7.1	A-4	Arenas limosas café oscuro.
60.0	118.1	12.5	35.0	18.0	26.8	5.7	A-2-4	Gravas limosas café claro

## **3. DISEÑO DE CARRETERA**

### **3.1. Marco teórico**

#### **3.1.1. Generalidades**

Los pavimentos rígidos consisten en una mezcla de cemento Pórtland, arena de río, agregado grueso y agua, tendido en una sola capa y pueden o no incluir, según la necesidad, la capa de sub-base y base, que al aplicarles cargas rodantes no se deflecten perceptiblemente y al unir todos los elementos antes mencionados, constituyen una losa de concreto, de espesor, longitud y ancho variables.

Los pavimentos de concreto hidráulico o pavimentos rígidos, como también se les designa, difieren de los pavimentos de asfalto o pavimentos flexibles, primero, en que poseen una resistencia considerable a la flexión, y segundo, en que son afectados grandemente por los cambios de temperatura. Los pavimentos de concreto hidráulico están sujetos a los esfuerzos siguientes:

- Esfuerzos abrasivos causados por las llantas de los vehículos.
- Esfuerzos directos de compresión y cortamiento causados por las cargas de las ruedas.
- Esfuerzos de compresión y tensión que resultan de la deflexión de las losas bajo las cargas de las ruedas.
- Esfuerzos de compresión y tensión causados por la expansión y contracción del concreto.

- Esfuerzos de compresión y tensión debidos a la combadura del pavimento por efectos de los cambios de temperatura.

En virtud de estar los pavimentos rígidos sujetos a los esfuerzos ya anotados, es notorio que para que estos pavimentos cumplan en forma satisfactoria y económica la vida útil que de ellos se espera, es necesario que su proyecto este basado en los factores siguientes:

- Volumen, tipo y peso del tránsito a servir en la actualidad y en un futuro previsible.
- Valor relativo de soporte y características de la sub-rasante.
- Clima de la región.
- Resistencia y calidad del concreto a emplear.

Si en el proyecto de estos pavimentos no se toma en cuenta alguno de los puntos mencionados, el pavimento no será económico. Así, por ejemplo, si los espesores de las losas de concreto son muy elevados, es decir, que su capacidad de carga es superior a la que realmente soporta, su comportamiento será satisfactorio, pero su costo de construcción será excesivo. Por el contrario, si los espesores son menores que los requeridos para las cargas que soportara, se acortara su vida de servicio o tendrá un costo de conservación muy alto y por lo tanto antieconómico y con un comportamiento poco satisfactorio.

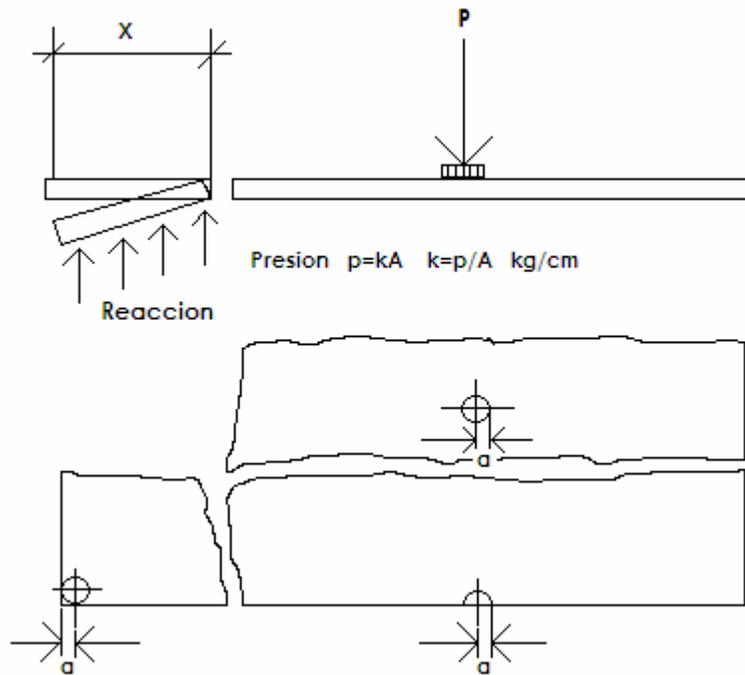
El conocimiento del volumen y las características del tránsito actual y del previsible son necesarios para poder fijar el número y el ancho de las vías requeridas para satisfacerlo, y el peso de las cargas por rueda son imprescindibles para el cálculo de los espesores de las losas. La mención de estos factores señala la obligación que asiste al proyectista de hacer los

mayores esfuerzos para reunir los datos del tránsito, siendo de particular importancia la obtención de datos relativos a las cargas de rueda, especialmente a las predominantes, en la forma más exacta posible, por cuando de ellos dependerá el proyecto. La forma más segura consiste en efectuar censos de tránsito del mismo camino, cuyos datos relativos a camiones y autobuses deberán calificarse de acuerdo con sus pesos por eje, encasillando en columnas separadas, en cantidad y en porcentaje sobre total, los ejes de determinado peso.

La realización previa de los censos de tránsito no deja de ser dificultosa, cuando debe ser determinado estimado el tránsito futuro. En este caso deberá hacerse un estudio de las características comerciales, turísticas, etc., de la región que va a servir al camino, densidad de población, vinculación de la carretera con otras existentes y el estudio de los volúmenes de tránsito y cargas de ruedas sobre caminos de igual importancia existentes en otras zonas. El análisis se completa reuniendo información sobre la existencia de fabricas, minas, etc., cuyo tránsito pueda valorarse y que va a fluir sobre el nuevo camino o que existiendo sobre la zona de influencia del camino que sirve como termino de comparación, no corresponda prever en la ruta en estudio y que, por lo tanto, constituyan un factor que altere la presunta correspondencia de los tránsitos respectivos.

En cuanto a los esfuerzos debidos a las cargas se puede decir que los de flexión son los más importantes en las losas. Tanto los estudios teóricos como los ensayos de losas han demostrado que el punto critico de una losa de espesor uniforme, es decir, aquella en que para una carga dada se desarrollan esfuerzos mas elevados, es el correspondiente a la esquina de la misma, o sea el ángulo formado por un borde exterior y una junta transversal tal como se ve en la Figura 1.

Figura 1. Esquema de esfuerzos debidos a las cargas.



Los esfuerzos que provoca la misma carga  $P$  colocada sobre un borde de la losa suficientemente alejada de la esquina, y en el centro de la misma son de una magnitud de orden decreciente con respecto a los que se manifiestan en la esquina, correspondiendo el menor valor para la posición de la carga en el centro de la losa. Cuando el esfuerzo total es superior al modulo de ruptura del concreto, la losa se rompe. La observación de los pavimentos de concreto hidráulico en servicio, lleva a las mismas comprobaciones, es decir, que el punto crítico es la esquina de las losas.

Antes de iniciar la construcción de la losa ya sea reforzada o sin refuerzo, se necesita hacer ciertas cantidades de trabajos previos, tales como:

- Construcción de bordillo y cunetas.

- Instalaciones subterráneas tales como drenajes, electricidad, teléfonos, tubería de agua, etc.
- Movimiento de tierras.

Después de estos trabajos previos, se afina y compacta la sub-rasante la cual se hace con motoniveladora y compactadora. La base en la mayoría de los casos es necesaria y la clase de materiales a usarse dependen del CBR de la sub-rasante, la cual consiste en esparcir el material selecto por medio de una motoniveladora, dejándolo a la altura necesaria, extendiendo el trabajo por lo menos dos pies más allá de cada orilla del pavimento de concreto que se propone construir. Antes de fundir la losa se debe tener mucho cuidado en la colocación de las juntas longitudinales y transversales.

#### **3.1.1.1. Colocación, acabado y canteo del concreto**

Antes de colocar el concreto deberá prepararse adecuadamente la superficie sobre la cual se colocara, esta deberá tener cierto porcentaje de humedad, esta operación es importante para evitar la rápida extracción del agua cuando se coloca el concreto.

#### **3.1.1.2. Mezcla**

El concreto puede ser mezclado en el lugar de la obra, en una planta central de mezclado o en camiones mezcladores.

#### **3.1.1.3. Colado del concreto**

El concreto deberá vaciarse. No debe colocarse en determinados lugares y permitir que se acarree a grandes distancias dentro del encofrado. Esta forma

produce segregaciones porque el mortero tiende a fluir más allá del material grueso. Después de esparcir el concreto manualmente con azadones a una altura poco superior de la necesaria, se procede a pasar el vibrador externo o regla vibratoria, la cual se pasa paralela al eje de la carretera o calle, apoyada en el bordillo en un extremo y el otro en la junta longitudinal con una pendiente especificada. Esta regla deja ciertas ondulaciones en el concreto, las cuales se corrigen con una plancha de aluminio de un metro de largo por diez centímetros de ancho. Después de los trabajos anteriormente mencionados vienen los acabados puramente y son los siguientes:

- Enrasado del concreto por medio del emparejador.
- Acabado por medio de fajeros (lona).
- Remoción de las rejillas de las juntas de dilatación.
- Cisado (redondeo de aristas).

#### **3.1.1.4. Curado**

Se conocen distintas formas de curado del concreto, pero el más usado en nuestro medio es el cubierto de tierra conservada húmeda, lo cual tiene como objetivo mantener una capa de agua durante los primeros días. Las otras formas de curado que se han experimentado son las siguientes:

- Esteras de algodón o cañamazo.
- Papel impermeable.
- Curación con paja.
- Método de la membrana impermeable.
- Película de polietileno blanco.
- Acelerantes y curadores (aditivos).

### **3.1.1.5. Sellado de juntas**

Antes de sellado de juntas estas deben ser limpiadas completamente de cualquier material extraño, seguidamente se aplica el material de sellado, que es un compuesto bituminoso, esto debe hacerse lo más pronto posible después de terminado el período de curado, después de esto ya se puede abrir la carretera al tránsito.

## **3.2. Componentes estructurales de un pavimento rígido**

### **3.2.1. Sub-rasante**

Es la capa de terreno de una carretera, que soporta la estructura del pavimento y se extiende hasta una profundidad que no le afecte, la carga de diseño corresponde al tránsito previsto y que una vez compactada y afinada, tiene las secciones transversales y pendientes especificadas en los planos de diseño.

### **3.2.2. Sub-base**

Es la capa de la estructura del pavimento que se coloca entre la sub-rasante y la base, destinada fundamentalmente a soportar, transmitir y distribuir con uniformidad las cargas del tránsito, de tal manera que el suelo de sub-rasante las pueda soportar; absorbiendo las variaciones inherentes a dicho suelo que pueda afectar a la base. Para el diseño de pavimentos rígidos podemos prescindir de la sub-base.

### **3.2.3. Base**

Es la capa constituyente de la estructura del pavimento, destinada fundamentalmente a distribuir y transmitir las cargas originadas por el tránsito, a las capas subyacentes y sobre la cual se coloca la capa de rodadura.

### **3.2.4. Capa de rodadura**

Es la capa sobre la cual se aplican, directamente, las cargas del tránsito; se coloca encima de la base y esta formada por una mezcla bituminosa, si el pavimento es flexible y por una losa de concreto de cemento, si es pavimento rígido.

Esta capa protege a las capas inferiores de los efectos del sol, las lluvias y las heladas, además, resiste con un desgaste mínimo los esfuerzos producidos por el tránsito.

## **3.3. Parámetros de diseño**

### **3.3.1. Período de diseño**

Este término de “período de diseño” es usado comúnmente como la “vida del pavimento”. Algunos diseñadores consideran que la vida de un pavimento termina cuando el primer recapeo es colocado. La vida de los pavimentos de concreto puede variar de menos de 20 años, en algunos proyectos que tengan una carga de tráfico mayor que la originalmente asumida en el diseño y materiales o defectos en la construcción; a más de 40 años, en otros proyectos en los cuales los defectos no se presentaron.

Para este caso en particular se estima un período de diseño de 20 años, tomando en cuenta al menos una rehabilitación.

### **3.3.2. Diseño de la base**

La base es necesaria con el objeto de prevenir el efecto de succión, pero además incrementa la capacidad soporte del pavimento, situación que se aprovecha con el objeto de poder reducir el espesor de la losa.

Para este proyecto se propone una base de material selecto, con un espesor de 0.20 m. Este material posee la capacidad de obtener un alto grado de compactación, y provee impermeabilidad hacia la sub-rasante, con lo que se reducen en gran porcentaje las probabilidades de deformación de la misma.

### **3.3.3. Diseño del espesor del pavimento**

La Portland Cement Association (PCA) cuenta con un procedimiento simplificado de diseño de espesores de pavimento, el cual se utilizará siguiendo los siguientes pasos:

Determinar el TPD (Tránsito Promedio Diario) y TPD-C (Tránsito Promedio Diario de Camiones). La clasificación utilizada para determinar el tipo de camino a rehabilitar es la clasificación de la Dirección General de Caminos para carreteras nacionales; esta clasificación se basa en el Tráfico Promedio Diario o TPD de la siguiente forma:

**Tabla II. Tipos de sección típica según la Dirección General de Caminos**

Tipo de carretera	TPD	Ancho de calzada
Tipo A	3000 a 5000	2 x 7.20 m
Tipo B	1500 a 3000	7.20 m
Tipo C	900 a 1500	6.50 m
Tipo D	500 a 900	6.00 m
Tipo E	100 a 500	5.50 m
Tipo F	10 a 100	5.50 m

La sección típica a utilizar es una Tipo F, con un TPD de 10 a 100. Sin embargo se debe tomar en cuenta el aumento del tránsito de vehículos una vez este construida la carretera, por lo tanto, se propone un TPD máximo de 1000. La PCA propone el cálculo del TPD-C como un porcentaje del TPD, con la utilización de la tabla III, con lo cual obtenemos un rango del 5 al 18% por cada día. Se utiliza el promedio de entre estos dos, el cual corresponde a un valor de 12%, obteniendo un TPD-C de 120.

**Tabla III. Categorías de carga por eje**

Categoría Carga de Eje	Descripción	Tráfico			Maxima de Eje Kips	
		TPD	TPD-C		Eje Simple	Eje Tandem
			%	Por día		
1	Calles residenciales, carretera rural no secundaria.	200/800	1-3	Mas de 25	22	36
2	Calles colectoras, carreteras rurales o secundarias, calles arterias y carreteras primarias.	700/5000	5-18	40-1000	26	44
3	Calles arterias y carreteras primarias. Autopistas e interdepartamentales urbanas y rurales.	2 pistas 3000/12000 4 pistas 3000/50000	8-30	500-5000	30	52
4	Calles arterias, carreteras primarias y autopistas. Interestatales urbanas y rurales.	2 pistas 3000/20000 4 pistas 3000/15000	8-30	1500-8000	22	60

Determinar el módulo de reacción  $k$  de la sub-rasante, utilizando la siguiente tabla de correlación aproximada entre la clasificación de los suelos y los diferentes ensayos. Para realizar el cálculo de  $k$  se utilizará el valor de CBR más crítico según los resultados obtenidos de los ensayos. El valor de CBR

más bajo obtenido es de 17.5%, para el cual corresponde un valor de k de 6.6 kg/cm<sup>3</sup> o 238.44 lb/plg<sup>3</sup> aproximadamente.

**Tabla IV. Interrelaciones aproximadas de clasificación de suelos y valores soporte**

		RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR)																	
		2	3	4	5	6	7	8	9	10	15	20	25	30	40	60	80	100	
SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS DE LA A.S.T.M.															GP	GW			
															CM				
															GC				
															GW				
															SM				
															SP				
															SC				
															CH	ML			
															CH	CL			
															CP				
CLASIFICACIÓN DE SUELOS DE LA A.A.S.H.T.O.																		A-1-a	
																		A-1-b	
																		A-2-4	
																		A-2-5	
																		A-2-6	
																		A-2-7	
																		A-3	
																		A-4	
																			A-5
																			A-6
																		A-7-5	
																		A-7-6	
CLASIFICACIÓN DE SUELOS DE LA ADMINISTRACIÓN FEDERAL DE AVIACIÓN																		E-1	
																		E-2	
																		E-3	
																		E-4	
																		E-5	
																		E-6	
																		E-7	
																		E-8	
																		E-9	
																		E-10	
																		E-11	
																		E-12	
																		VALOR DE RESISTENCIA (R)	
																		5	
																		10	
																		20	
																		30	
																		40	
																		50	
																		60	
																		70	
																		VALOR DE LA REACCIÓN DE LA SUBRASANTE (K) LBS/PULG <sup>3</sup>	
																		100	
																		150	
																		200	
																		250	
																		300	
																		400	
																		600	
																		700	
																		VALOR DE SOPORTE LBS/PULG <sup>2</sup>	
																		10	
																		20	
																		30	
																		40	
																		50	
																		60	
																		RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR)	
																		2	
																		3	
																		4	
																		5	
																		6	
																		7	
																		8	
																		9	
																		10	
																		15	
																		20	
																		25	
																		30	
																		40	
																		60	
																		80	
																		100	

Una vez determinado el valor de k, utilizando la siguiente tabla se puede observar que tipo de suelo se tiene y la calidad de apoyo ante los esfuerzos de carga:

**Tabla V. Tipos de suelo de la Sub-rasante y valores aproximados de k (lb/plg<sup>3</sup>)**

Tipo de Suelo	Apoyo	Rango de Valores k
Suelos de grano fino en los cuales predominan las partículas de limo y arcilla.	Bajo	75-120
Arena y mezclas de arena y grava con cantidades moderadas de limo y arcilla.	Medio	120-170
Arena y mezcla de arena y grava relativamente libres de finos plásticos.	Alto	170-250
Sub-bases tratadas con cemento.	Muy Alto	250-400

Observando la tabla anterior se determina que el apoyo del suelo es del tipo Alto.

Determinar el módulo de ruptura del concreto, el cual se obtiene como un porcentaje del valor de la resistencia del concreto a utilizar. Este valor corresponde a un 15% de  $f'_c$ . El concreto a utilizar tendrá una resistencia de 4000 PSI, tal como lo norma la Dirección General de Caminos por medio de su libro azul. Por lo tanto, el módulo de ruptura tiene un valor de 600 PSI.

Tomando en cuenta los datos anteriormente encontrados, se procede a determinar el espesor del pavimento de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla VI. TPD-C permisible. Carga por eje, Categoría 2. Pavimento con juntas con agregados de trave.

Sin hombros de concreto o bordillo		Sin hombros de concreto o bordillo				Con hombros de concreto o bordillo				
		Bajo	Medio	Alto	Muy Alto	Esesor Losa en plgs.	Bajo	Medio	Alto	Muy Alto
MR = 650 PSI										
5.5					5	5	3	9	42	
6		4	12	59	5.5	9	42	120	450	
6.5	9	43	120	490	6	96	380	700	970	
7	80	320	840	1200	6.5	650	1000	1400	2100	
7.5	490	1200	1500		7	1100	1900			
8	1300	1900								
MR = 600 PSI										
6				11	5					8
6.5		8	24	110	5.5	1	8	23	98	
7	15	70	190	750	6	19	84	220	810	
7.5	110	440	1100	2100	6.5	160	620	1400	2100	
8	590	1900			7	1000	1900			
8.5	1900									
MR = 550 PSI										
6.5			4	19	5.5					17
7		11	34	150	6	3	14	41	160	
7.5	19	84	230	890	6.5	29	120	320	1100	
8	120	470	1200		7	210	770	1900		
8.5	560	2200			7.5	1100				
9	2400									

El pavimento a construir no cuenta con hombros de concreto debido al espacio reducido de la sección típica, pero para efectos de confinamiento del concreto se colocarán bordillos de concreto, por lo tanto, teniendo un módulo de ruptura de 600 PSI, un tipo de apoyo de suelo Alto y un TPD-C de 120 podemos observar en la tabla que corresponde un espesor de pavimento entre 5.5 y 6 pulgadas, se asume para este proyecto un valor de 6 plgs. equivalente aproximadamente a 15 cms.

#### **3.3.4. Diseño de mezcla de concreto**

El diseño de la mezcla de concreto se realizará con las siguientes condiciones:

- Resistencia requerida: 4000 psi
- Tamaño máximo de agregado grueso: 1 1/2"
- Módulo de finura de agregado fino: 2.6-2.9
- Asentamiento para pavimento de concreto: 5-7.5

Primeramente, se procede a definir la relación agua/cemento (w/c) para la mezcla. Ya que el asentamiento es de 5 a 7.5 cm y el tamaño máximo del agregado grueso es de 1" corresponde una relación w/c de 0.49.

La función w/c se define de la siguiente manera:

$$w/c = f(w/c)$$

Por lo tanto, como observamos en la siguiente tabla,  $w/c = 0.49$ .

Tabla VII. Datos para diseño de mezclas (calculados para 1 m3 de concreto fresco)

Resistencia media requerida a los 28 días	kg/cm2	lb/plg2	Tamaño máximo del agregado		Concentración de pasta		Agua en litros para los distintos asentamientos indicados en cm.						% de agregado fino			% aire			
			mm.	plg.	W/C	C/W	0	2	2 a 5	5 a 10	10 a 15	15 a 20	20 a 25	25 a 30	30 a 35	Vol. Abs./Agr. Total	M.F.		
140	2000		19,1	3/4	0,65	1,54	165	175	186	197	47	49	51	2,2 - 2,6	2,6 - 2,9	2,9 - 3,2	2,2 - 2,6	2,6 - 2,9	2,9 - 3,2
			25,4	1	0,65	1,54	157	165	173	181	44	46	48	4,4	4,4	4,5	4,4	4,5	4,6
			38,1	1 1/2	0,65	1,54	154	160	166	193	42	44	46	4	4,1	4,2	4,2	4,1	4,2
175	2500		19,1	3/4	0,6	1,67	165	175	186	197	45	47	49	4,3	4,4	4,5	4,3	4,4	4,5
			25,4	1	0,6	1,67	157	165	173	181	42	44	46	3,7	3,8	3,9	3,7	3,8	3,9
			38,1	1 1/2	0,6	1,67	154	160	166	193	40	42	44	3,3	3,4	3,5	3,3	3,4	3,5
210	3000		19,1	3/4	0,56	1,79	164	171	184	195	44	46	48	3,6	3,7	3,8	3,6	3,7	3,8
			25,4	1	0,56	1,79	156	164	172	180	41	43	45	3	3,1	3,2	3	3,1	3,2
			38,1	1 1/2	0,56	1,79	154	160	166	191	39	41	43	2,6	2,7	2,8	2,6	2,7	2,8
246	3500		19,1	3/4	0,52	1,92	164	174	184	195	42	44	46	3,1	3,2	3,3	3,1	3,2	3,3
			25,4	1	0,52	1,92	156	164	172	180	39	41	43	2,3	2,4	2,5	2,3	2,4	2,5
			38,1	1 1/2	0,52	1,92	154	160	166	191	37	39	41	1,9	2	2,1	1,9	2	2,1
281	4000		19,1	3/4	0,49	2,04	162	172	182	193	40	42	44	2,6	2,7	2,8	2,6	2,7	2,8
			25,4	1	0,49	2,04	155	163	171	179	37	39	41	2	2,1	2,2	2	2,1	2,2
			38,1	1 1/2	0,49	2,04	154	160	166	189	35	37	39	1,6	1,7	1,8	1,6	1,7	1,8
316	4500		19,1	3/4	0,46	2,17	162	172	182	193	38	40	42	2,4	2,5	2,6	2,4	2,5	2,6
			25,4	1	0,46	2,17	155	163	171	179	35	37	39	1,7	1,8	1,9	1,7	1,8	1,9
			38,1	1 1/2	0,46	2,17	154	160	166	189	33	35	37	1,4	1,5	1,6	1,4	1,5	1,6

Donde  $c = 348.98 \text{ kg/m}^3$

El peso unitario del concreto se compone de la sumatoria de los pesos del cemento, agua y agregados, así:

$$PUc = C+A+Ag$$

Donde:

PUc = peso unitario del concreto en  $\text{kg/m}^3$

C = peso del cemento en  $\text{kg/m}^3$

A = peso del agua en  $\text{kg/m}^3$

Ag = peso de agregados (fino y grueso) en  $\text{kg/m}^3$

De estos datos conocemos el peso del agua, del cemento y el peso unitario del concreto, por lo que falta definir el peso de los agregados.

Así, despejando la formula obtenemos:

$$Ag = PUc - C - A$$

$$Ag = 2415 - 348.98 - 171$$

$$Ag = 1895.02 \text{ kg/m}^3$$

Ahora obtenemos los porcentajes de cada agregado según la Tabla VII.

Agregado fino: 39%

Agregado grueso: 61%

Entonces, se multiplica el peso del agregado por cada porcentaje para obtener pesos separados de arena y piedrín.

$$1895 \times 0.39 = 739.06 \text{ kg/m}^3$$

$$1895 \times 0.61 = 1155.96 \text{ kg/m}^3$$

De esta manera tenemos todos los pesos de los componentes de la mezcla de concreto, para 1 m<sup>3</sup>, los cuales son:

$$\mathbf{C = 348.98 \text{ kg}}$$

$$\mathbf{Af = 739.06 \text{ kg}}$$

$$\mathbf{Ag = 1155.96 \text{ kg}}$$

$$\mathbf{W = 166 \text{ kg}}$$

El diseño teórico se define en función de las proporciones, tomando como referencia la unidad de cemento.

$$\frac{\text{Cemento}}{\text{Cemento}} : \frac{\text{Arena}}{\text{Cemento}} : \frac{\text{Piedrin}}{\text{Cemento}} : \frac{\text{Agua}}{\text{Cemento}}$$

El resultado del diseño teórico es el siguiente:

$$\mathbf{1:2:3:0.5}$$

Cabe mencionar que la mezcla se debe de realizar pesando los materiales, sin embargo, estas solo son condiciones ideales, ya que en obra se procede a realizar la mezcla de forma volumétrica. Para este diseño se colocaría por cada unidad de cemento, dos de arena, tres de pedrín y la mitad de agua.

### 3.3.5. Alineamiento horizontal

Es la proyección sobre un plano horizontal del eje de una carretera. Debe ser capaz de ofrecer seguridad y permitir asimismo uniformidad de operación a velocidad aproximadamente uniforme.

Los elementos que definen al alineamiento horizontal son los siguientes:

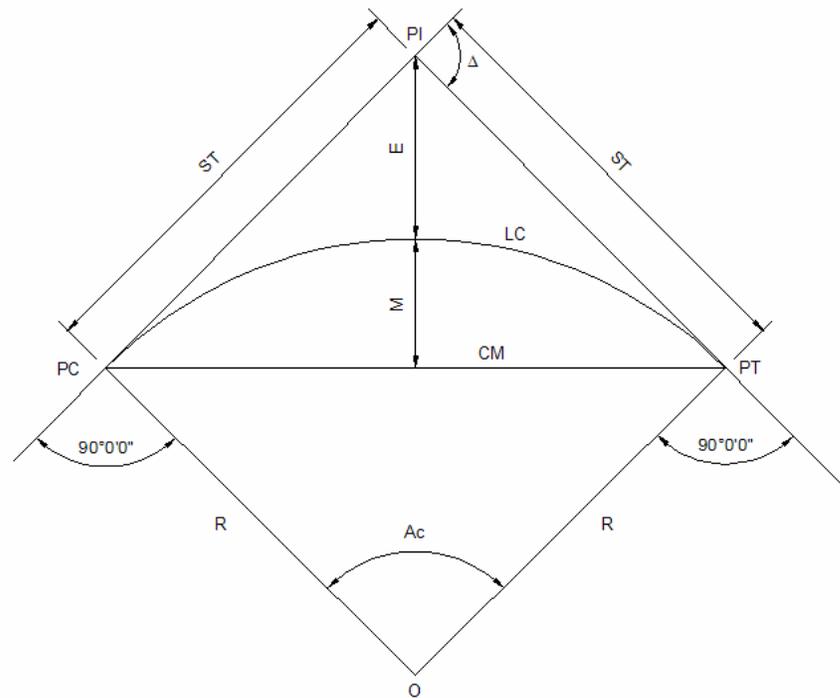
- a. Tangentes.** Son las proyecciones rectas sobre un plano horizontal que unen a las curvas circulares.
- b. Curvas circulares.** Son proyecciones sobre un plano horizontal de arcos de círculo. La longitud de una curva circular está determinada desde el principio de una curva hasta el principio de la tangente o el final de la misma curva.
- c. Curvas de transición.** Su función es proporcionar un cambio gradual a un vehículo, en un tramo en tangente a un tramo en curva.

Este tipo de transición es muy importante pues generalmente los estancamientos de agua de lluvia ocurren en tramos en curva, mas no en los tramos rectos (tangentes). El trazo y construcción de esa transición debe ser meticulosamente realizado para garantizar un drenaje adecuado.

#### 3.3.5.1. Trazo de curvas horizontales

Como la liga entre una y otra tangente requiere el empleo de curvas horizontales, es necesario estudiar el procedimiento para su realización, estas se calculan y se proyectan según las especificaciones del camino y requerimientos de la topografía.

**Figura 2. Elementos de curva circular**



- PI Punto de intersección de la prolongación de las tangentes
- PC Punto donde comienza la curva circular simple
- PT Punto en donde termina la curva circular simple
- O Centro de la curva circular
- Δ Ángulo de deflexión de la tangente
- Ac Ángulo central de la curva circular
- G Grado de curvatura
- R Radio
- ST Subtangente
- E External
- M Ordenada media
- C Cuerda
- CM Cuerda máxima
- Lc Longitud de curva

$$G = \frac{1145.9156}{R} \quad R = \frac{1145.9156}{G} \quad Lc = \frac{20 \times \Delta}{G}$$

$$St = \frac{R \times Tg\Delta}{2}$$

$$E = R \left( \text{Sec} \frac{\Delta}{2} - 1 \right) \quad Cm = 2R \left( \text{Sen} \frac{\Delta}{2} \right) \quad M = R \left( 1 - \text{Cos} \frac{\Delta}{2} \right)$$

Para el cálculo de elementos de curva es necesario tener las distancias entre los puntos de intersección de localización, los deltas ( $\Delta$ ) y el grado de curva (G) que será colocado por el diseñador. Con el grado (G) y el delta ( $\Delta$ ) se calculan los elementos de la curva.

El radio de las curvas por usar, se determina por condiciones o elementos de diseño para que los vehículos puedan transitarlas sin peligro de colisión, con seguridad, tratando que la maniobra de cambio de dirección se efectúe sin esfuerzos demasiado bruscos.

### 3.3.5.1.1. Grado máximo de curvatura

El valor máximo del grado de curvatura correspondiente a cada velocidad de proyecto, estará dado por la expresión:

$$G_{\max} = 14600 \times \frac{\mu + S_{\max}}{V^2}$$

En donde:

Gmax = Grado máximo de curvatura

$\mu$  = Coeficiente de fricción lateral

Smax = Sobre elevación máxima de la curva en m/m

V = Velocidad de proyecto en Km/h

En la siguiente tabla se indican los valores máximos de curvatura para cada velocidad de proyecto.

**Tabla VIII. Valores máximos de curvatura para cada velocidad**

<b>Velocidad de proyecto (Km/h)</b>	<b>Coefficiente de fricción lateral</b>	<b>Sobre elevación máxima (m/m)</b>	<b>Grado máximo de curvatura calculado (Grados)</b>	<b>Grado máximo de curvatura para proyecto (Grados)</b>
30	0.280	0.10	61.6444	60
40	0.230	0.10	30.1125	30
50	0.190	0.10	16.9360	17
60	0.165	0.10	10.7472	11
70	0.150	0.10	7.4489	7.5
80	0.140	0.10	5.4750	5.5
90	0.135	0.10	4.2358	4.25
100	0.130	0.10	3.3580	3.25
110	0.125	0.10	2.7149	2.75

### **3.3.5.1.2. Longitud mínima**

La longitud mínima de una curva circular con transiciones mixtas deberá ser igual a la semisuma de las longitudes de esas transiciones.

La longitud mínima de una curva circular con espirales de transición podrá ser igual a cero.

### 3.3.5.1.3. Longitud máxima

La longitud máxima de una curva circular no tendrá límite especificado.

### 3.3.5.1.4. Distancia de visibilidad de parada

La distancia de visibilidad de parada se obtiene con la expresión:

$$Dp = \frac{V^2}{254 \times f}$$

Donde:

Dp = Distancia de visibilidad de parada en metros

V = Velocidad de marcha, en Km/h

t = Tiempo de reacción, en segundos

f = Coeficiente de fricción longitudinal

En la siguiente tabla se muestran los valores para proyecto de la distancia de visibilidad de parada, que corresponden a velocidades de proyecto de treinta a ciento diez Km/h.

**Tabla IX. Visibilidad de parada**

Velocidad de proyecto (Km/h)	Velocidad de marcha (Km/h)	Reacción		Coeficiente de fricción longitudinal	Distancia de frenado (m)	Distancia de visibilidad	
		Tiempo (seg)	Distancia (m)			Calculada (m)	Para proyecto (m)
30	28	2.5	19.44	0.400	7.72	27.16	30
40	37	2.5	25.69	0.380	14.18	39.87	40
50	46	2.5	31.94	0.360	23.14	55.08	55
60	55	2.5	38.19	0.340	35.03	73.22	75
70	63	2.5	43.75	0.325	48.08	91.83	95
80	71	2.5	49.30	0.310	64.02	113.32	115

90	79	2.5	54.86	0.305	80.56	135.42	135
100	86	2.5	59.72	0.300	97.06	156.78	155
110	92	2.5	63.89	0.295	112.96	176.85	175

### 3.3.5.2. Tangentes

Las tangentes horizontales estarán definidas por su longitud y su azimut.

**a.- Longitud mínima.** Dependiendo de la forma de las curvas circulares, la longitud mínima tiene las siguientes propiedades:

1. Entre dos curvas circulares inversas con transición mixta, deberá ser igual a la semisuma de las longitudes de dichas transiciones.
2. Entre dos curvas circulares inversas con espirales de transición, podrá ser igual a cero.
3. Entre dos curvas circulares inversas cuando una de ellas tiene espiral de transición y la otra tiene transición mixta, deberá ser igual a la mitad de la longitud de la transición mixta.
4. Entre dos curvas circulares del mismo sentido, la longitud mínima de tangente no tiene valor especificado.

**b.- Longitud máxima.** La longitud máxima de tangentes no tiene límite especificado.

**c.- Azimut.** El azimut definirá la dirección de las tangentes.

### 3.3.5.3. Procedimiento de cálculo de curva horizontal (estación 0+054.957 a 0+078.932)

$$\Delta = A_2 - A_1 = 291^\circ 55' 07'' - 277^\circ 32' 00'' = 14^\circ 23' 07''$$

Dado un  $\Delta = 14^\circ 23' 07''$  se determina un  $G = 12^\circ$  y con esto se calculan los datos de la curva.

$$R = \frac{1145.9156}{G} = \frac{1145.9156}{12^\circ} = 95.49m$$

$$L_c = 20 \times \frac{\Delta}{G} = 20 \times \frac{14^\circ 23' 07''}{12^\circ 00' 00''} = 23.97m$$

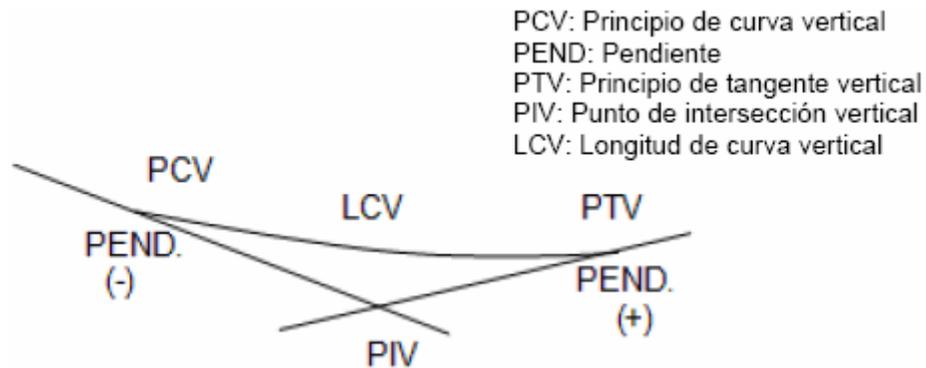
$$St = R \times \tan\left(\frac{\Delta}{2}\right) = 95.493 \times \tan\left(\frac{14^\circ 23' 07''}{2}\right) = 12.05m$$

### 3.3.6. Alineamiento vertical

En el perfil de una carretera, la rasante es la línea de referencia que define los alineamientos verticales. Aparte de la topografía del terreno, también la determinan las características del alineamiento horizontal, la seguridad, visibilidad, velocidad del proyecto y paso de vehículos pesados en pendientes fuertes.

Un alineamiento está formado por tangentes y curvas. Las tangentes se caracterizan por su pendiente que sirve para delimitar el diseño de la sub-rasante.

**Figura 3. Sección de una curva vertical**



### 3.3.6.1. Diseño de curvas verticales

El diseño de curvas verticales es una etapa importante desde la perspectiva de la funcionalidad para el uso de la carretera. Las curvas verticales deben cumplir ciertos requisitos de servicio, tales como los de una apariencia tal que el cambio de pendiente sea gradual y no produzca molestias al conductor del vehículo, permitiendo un cambio suave entre pendientes diferentes.

La finalidad de una curva vertical es proporcionar suavidad al cambio de una pendiente a otra; estas curvas pueden ser circulares, parabólicas simples, parabólicas cúbicas, etc. La que se utiliza en el Departamento de Carreteras de la Dirección General de Caminos es la parabólica simple, debido a la facilidad de su cálculo a su gran adaptabilidad a las condiciones necesarias de operación.

Las especificaciones de la Dirección General de Caminos tienen tabulados valores para longitudes mínimas de curvas verticales, en función de la velocidad de diseño. Al momento del diseño se consideraron las longitudes mínimas permisibles de curvas verticales, por medio de la siguiente expresión:

$$L = k * a$$

L = Longitud mínima de curva vertical (cóncava o convexa para la visibilidad).

k = constante que depende de la velocidad de diseño.

a = diferencia algebraica de pendientes.

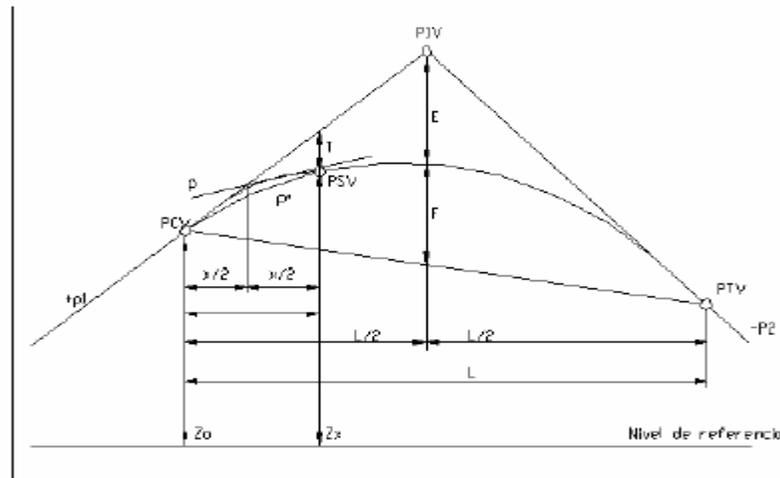
**Tabla X. Valores de k según tipo de curva**

Vel. De Diseño K.P.H.	Valor de "k" según tipo de Curva	
	CÓNCAVA	CONVEXA
10	1	0
20	2	1
30	4	2
40	6	4
50	9	7
60	12	12
70	17	19
80	23	29
90	29	43
100	36	60

### **3.3.6.1.1. Trazo de curvas verticales**

Una curva vertical es un arco de parábola de eje vertical que une dos tangentes del alineamiento vertical; la curva vertical puede ser cóncava o convexa. La curva vertical en columpio es una curva vertical cuya concavidad queda hacia arriba, y la curva vertical en cresta es aquella cuya concavidad queda hacia abajo.

**Figura 4. Elementos de curva vertical**



PIV = Punto de intersección de las tangentes verticales

PCV = Punto en donde comienza la curva vertical

PTV = Punto en donde termina la curva vertical

PSV = Punto cualquiera sobre la curva vertical

$p_1$  = Pendiente de la tangente de entrada, en m/m

$p_2$  = Pendiente de la tangente de salida, en m/m

$a$  = Diferencia algebraica de pendientes

$L$  = Longitud de la curva vertical, en metros

$k$  = Variación de longitud por unidad de pendiente (parámetro)

$x$  = Distancia del PCV a un PSV, en metros

$p$  = Pendiente en un PSV, en m/m

$p'$  = Pendiente de una cuerda, en m/m

$E$  = Externa, en metros

$F$  = Flecha, en metros

$T$  = desviación de un PSV a la tangente de entrada, en metros

$Z_0$  = Elevación del PCV, en metros

$Z_x$  = Elevación de un PSV, en metros

### 3.3.6.1.2. Visibilidad

**a.- Curvas verticales en cresta.-** Para que las curvas verticales en cresta cumplan con la distancia de visibilidad necesaria, su longitud deberá calcularse a partir del parámetro K, que se obtiene con la expresión:

$$K = \frac{D^2}{2\left(H^{\frac{1}{2}} + h^{\frac{1}{2}}\right)^2}$$

Donde:

D = distancia de visibilidad, en metros

H = altura al ojo del conductor (1.14m)

h = altura del objeto (0.15 m)

**b.- Curvas verticales en columpio.-** Para que las curvas verticales en columpio cumplan con la distancia de visibilidad necesaria, su longitud deberá calcularse a partir del parámetro K, que se obtiene con la expresión:

$$K = \frac{D^2}{2(TD + H)}$$

Donde:

D = distancia de visibilidad, en metros

T = pendiente del haz luminoso de los faros (0.0175)

H = altura de los faros (0.64 m)

### 3.3.6.1.3. Cálculo de curvas verticales

Para el cálculo y trazo de las curvas verticales es necesario contar con un perfil del terreno, así como las longitudes y pendientes de cada segmento del camino. El cálculo se efectúa por medio de las siguientes formulas, cuya deducción esta basada en las propiedades de la parábola.

$$OM = \frac{P_2 - P_1}{800} \times LCV$$

$$Y = \frac{OM}{\left(\frac{LCV}{2}\right)^2} \left[ (PI - X) - \left(\frac{LCV}{2}\right) \right]^2$$

Donde:

OM = Corrección máxima para cada curva vertical (ordenada media)

P1 = Pendiente de entrada

P2 = Pendiente de salida

LCV = Longitud de curva vertical

PI = Punto de intersección vertical

X = Punto cualquiera del estacionamiento

Y = Corrección para un punto correspondiente a X

### 3.3.6.2. Tangentes

Las tangentes verticales estarán definidas por su pendiente y su longitud.

- a. Pendiente gobernadora
- b. Pendiente máxima

- c. Pendiente mínima.- La pendiente mínima en zonas de sección en corte no deberá ser menor del cero punto cinco por ciento (0.5%) y en zonas con sección de terraplén la pendiente podrá ser nula.
- d. Longitud crítica.- Los valores de la longitud crítica de las tangentes verticales con pendientes mayores que la gobernadora.

**3.3.6.3. Procedimiento de cálculo de curva Vertical (estación 0+122.220 a 0+162.220)**

P1 = -1.1521%

P2 = 1.0906%

LCV = 40 m

PIV en estación 0+142.220

$$OM = \frac{1.0906 - (-1.1521)}{800} \times 40 = 0.1121$$

$$Y = \frac{0.1121}{\left(\frac{40}{2}\right)^2} \left[ (142.220 - 122.220) - \left(\frac{40}{2}\right) \right]^2 = 0$$

Estacion	X	Pendiente	Rasante	Correccion Y	Rasante Corregida
0+122.220	PCV		99.40	0	99.40
0+127.220		-1.1521%	99.34	0.007	99.35
0+132.220			99.28	0.028	99.31
0+137.220			99.23	0.063	99.29
0+142.220	PIV		99.17	0.112	99.28
0+147.220		1.0906%	99.22	0.063	99.28
0+152.220			99.27	0.028	99.30
0+157.220			99.33	0.007	99.34
0+162.220	PTV		99.39	0	99.39

## **4. DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO**

### **4.1. Diseño hidráulico y parámetros de diseño**

#### **4.1.1. Período de diseño**

El período de diseño de un sistema de alcantarillado es el tiempo durante el cual el sistema dará un servicio con una eficiencia aceptable. Este período varía de acuerdo con el crecimiento de la población, capacidad de administración, operación y mantenimiento entre otros. El período estimado para este proyecto es de 20 años.

##### **4.1.1.1. Población futura**

El estudio de la población se efectúa con el objeto de estimar la población futura, para lo cual se hace necesario determinar el período de diseño y hacer un análisis de los censos existentes.

El crecimiento de una población es afectado por factores como: nacimientos, anexiones, muertes y migración. Para obtener la proyección del crecimiento de la población, se pueden utilizar distintos métodos, y dicha proyección se hace según los datos estadísticos de censos de población, realizados en el pasado.

#### **4.1.2. Cálculo de caudales**

##### **4.1.2.1. Consideraciones generales**

El cálculo de los diferentes caudales que componen el flujo de aguas negras se efectúa mediante la aplicación de diferentes factores, tales como:

- Dotación
- Uso del agua en el sector industrial, si lo hubiere y su dotación.
- Uso del agua en el sector comercial, si lo hubiere y su dotación.
- Intensidad de lluvia en la población.
- Estimación del caudal por conexiones ilícitas.
- Cantidad de agua que pueda infiltrarse en el alcantarillado.

#### **4.1.2.1.1. Caudal**

El caudal que puede transportar el drenaje esta determinado por el diámetro, pendiente, y velocidad de flujo de la tubería. Por principio se supone que el drenaje funciona como un canal abierto, es decir, que no funciona a presión, el tirante máximo de flujo que se va a transportar, los da la relación  $d/D$ , donde  $d$  es la profundidad o altura del flujo y  $D$  es el diámetro interior de la tubería. Esta relación debe ser mayor que 0.10 para que exista arrastre de las excretas y menor de 0.80 para que funcione como canal abierto.

#### **4.1.2.1.2. Velocidad**

La velocidad de flujo esta dada por la pendiente del terreno y el diámetro de la tubería que se utiliza. 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.

#### **4.1.2.1.3. Tirante**

La altura del tirante del flujo deberá ser mayor del 10%, y menor del 80% del diámetro de la tubería, estos parámetros aseguran su funcionamiento como canal abierto, así como su funcionalidad en el arrastre de los sedimentos.

#### **4.1.2.1.4. Usos del agua**

El agua potable tiene diferentes usos dentro del hogar, el que depende de muchos factores como son el clima, nivel de vida o condiciones socio-económicas, tipo de población, presión de la red, calidad y costo del agua.

#### **4.1.2.2. Caudal domiciliar**

El agua que ha sido utilizada para limpieza o producción de alimentos, es desechada y conducida a la red de alcantarillado, el agua de desecho doméstico esta relacionada con la dotación y suministro de agua potable. Una parte de esta no será llevada al alcantarillado, como la que se usa en el riego de los jardines y en el lavado de vehículos; de tal manera que el valor del caudal domiciliar esta afectada por un factor que varía entre 0.70 y .80, el cual se denomina factor de retorno.

$$Q_{dom} = \frac{Dot \times Pf \times FR}{86400}$$

Donde:

$Q_{dom}$  = Caudal domiciliar ( $m^3/seg$ )

Dot = Dotación (lts/hab/día)

Pf = Población futura

FR = Factor de Retorno

#### **4.1.2.3. Caudal de conexiones ilícitas**

Es la cantidad de agua de lluvia que se introduce al sistema de alcantarillado, proveniente, principalmente, de que algunos usuarios conectan sus bajadas pluviales al sistema sin ninguna autorización. Se considera un porcentaje de viviendas que pueden realizar conexiones ilícitas, este varía de 0.50% a 2.5%.

Se considera que el método racional es el más preciso para el cálculo de las conexiones ilícitas, ya que tiene relación con el caudal producido por las lluvias.

$$Q_{c.i.} = \frac{CIA}{360}$$

Donde:

Qc.i. = Caudal de conexiones ilícitas (m<sup>3</sup>/seg)

C = Coeficiente de escorrentía

I = Intensidad de lluvia en el área (mm/hr)

A = Área (Hectáreas)

#### **4.1.2.4. Caudal de infiltración**

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

Puede calcularse de dos formas: en litros diarios por hectárea o litros diarios por kilómetro de tubería, en la que se incluye la longitud de la tubería de las conexiones domiciliarias se asume un valor de 6.00 mts por cada vivienda. La dotación de infiltración varía entre 12,000 y 18,000 litros/km/día.

$$Q_{in} = \frac{Dot \times (Mt.Tubo + No.Casas \times 6)}{86400}$$

Para este proyecto no se tomará en cuenta el caudal de infiltración, debido a que la tubería es de PVC.

#### **4.1.2.5. Caudal comercial**

Es el agua desechada por las edificaciones comerciales como: comedores, restaurantes, hoteles, etc., que por lo general la dotación comercial varia según el establecimiento a considerar, pero puede estimarse entre 600 y 3,000 litros/comercio/día.

$$Q_{com} = \frac{No.Comercios \times Dot.}{86400}$$

Donde:

Qcom = Caudal Comercial

No.Comercios = Número de comercios (o locales comerciales)

Dot = Dotación (lt/hab/día)

#### **4.1.2.6. Caudal industrial**

Es el agua de desechos de las industrias, como fabricas de textiles, licoreras, refrescos, alimentos, etc. Igual que para el caso anterior, si no se cuenta con el dato de la dotación de agua suministrada, se puede estimar dependiendo del tipo de industria, entre 1,000 y 18,000 litros/industria/día.

$$Q_{ind} = \frac{No.Industrias \times Dot.}{86400}$$

Donde:

$Q_{ind}$  = Caudal industrial

No.Industrias = Número de industrias

Dot = Dotación (lt/hab/día)

#### 4.1.2.7. Factor de caudal medio

Una vez obtenido el valor de los caudales anteriormente descritos, se procede a integrar el caudal medio del área a drenar, que al ser distribuido entre el número de habitantes se obtiene un factor de caudal medio, el cual varía entre el rango de 0.002 a 0.005. Si el cálculo del factor se encuentra entre esos dos límites, se utiliza el calculado; en caso contrario, si es inferior o excede, se utiliza el límite más cercano según sea el caso.

$$Q_{med} = Q_{dom} + Q_{c.i.} + Q_{in} + Q_{com} + Q_{ind}$$

$$f_{qm} = \frac{Q_{med}}{No.Hab.}, 0.002 \leq f_{qm} < 0.005$$

Donde:

$Q_{med}$  = Caudal Medio

$f_{qm}$  = Factor de caudal medio

No.Hab. = Número de habitantes

#### 4.1.2.8. Caudal máximo

Para calcular el caudal máximo que fluye por las tuberías, en un momento dado, hay que afectar el caudal medio por un factor conocido como factor de flujo, el cual suele variar entre 1.5 a 4.5, de acuerdo al tamaño de la población. El cómputo de dicho factor se puede hacer por diversas formas, pero la más usada es el valor obtenido por la fórmula de Harmond.

#### 4.1.2.9. Factor de Harmond

El factor de Harmond o factor de flujo instantáneo, es un factor de seguridad que involucra a la población para servir en un tramo determinado, actúa en las horas pico o de mayor utilización del drenaje.

La fórmula es adimensional y viene dada por:

$$FH = \frac{18 + \sqrt{P}}{4 + \sqrt{P}}$$

Donde:

FH = Factor de Harmond

P = Población futura en miles de habitantes

#### 4.1.2.10. Caudal de diseño

Para realizar la estimación de la cantidad de agua negra que transportará el alcantarillado en los diferentes puntos donde esta fluye, primero se tendrán que integrar los valores que describen en la fórmula siguiente:

$$Q_{dis} = No.Hab \times FH \times f_{qm}$$

Donde:

Qdis = Caudal de diseño

No.Hab = Número de habitantes futuros

FH = Factor de Harmond

fqm = Factor de caudal medio

#### **4.1.2.11. Pendientes máximas y mínimas**

La pendiente que se procura seguir es la paralela a la pendiente del terreno. En los casos para los cuales se tenga que colocar la tubería a contrapendiente, se iniciará por ensayo y error con porcentajes de pendiente muy bajos, verificando que las relaciones hidráulicas estén dentro de las especificaciones de diseño, tal y como se muestran en la Tabla XI.

#### **4.1.2.12. Velocidades máximas y mínimas**

La velocidad de flujo dentro de la tubería deberá ser como mínimo de 0.6 m/seg y la velocidad máxima de 3 m/seg.

En casos especiales si la velocidad se menor de 0.6 m/seg lo que debemos chequear es que la velocidad de gasto negro (v) no sea menor de 0.5 m/seg.

**Tabla XI. Especificaciones para diseño de drenaje sanitario**

<b>Especificaciones</b>	<b>Drenaje Sanitario</b>
Caudal	$q_{dis} < Q_{sec.llena}$
Velocidad	TC $0.60 < v < 3$ m/s PVC $0.40 < v < 4$ m/s
Tirante	$0.10 \leq d/D \leq 0.75$
Diametro minimo	TC 8" PVC 6"
Pendiente	indefinido

#### **4.1.3. Cálculo de cotas invert**

La cota invert es la distancia que existe entre el nivel de la rasante del suelo y el nivel inferior interior de la tubería, se debe verificar que la cota invert sea, al menos, igual al recubrimiento mínimo necesario de la tubería. Las cotas invert se calculan con base a la pendiente del terreno y la distancia entre un pozo y otro. Se deben seguir las siguientes reglas para el cálculo de cotas invert:

- La cota invert de salida de un pozo se coloca, al menos, tres centímetros más baja que la cota invert de llegada de la tubería más baja.
- Cuando el diámetro de la tubería que entre a un pozo, es mayor que el diámetro de la tubería que sale, la cota invert de salida estará debajo de la tubería de entrada, al menos, a una altura igual al diámetro de la tubería que entra.

#### **4.1.4. Diámetro de tuberías**

El diámetro mínimo de tubería que se utiliza para el diseño del alcantarillado sanitario es de 6 pulgadas, esto se debe a requerimientos de flujo y limpieza, de esta

manera se evitarán obstrucciones en la tubería. Esta especificación es adoptada para tubería de PVC, ya que en tubería de cemento, el diámetro mínimo es de 8 pulgadas.

#### **4.1.5. Pozos de visita**

Los pozos de visita son parte de las obras accesorias de un alcantarillado y son empleados como medio de inspección y limpieza.

Se colocarán pozos de visita en los siguientes puntos:

- En el inicio de cualquier ramal
- En intersecciones de dos o más tuberías
- Donde exista cambio de diámetro
- Donde exista cambio de pendiente
- En distancia no mayores de 100 mt
- En las curvas de colectores, a no más de 30 mt

#### **4.1.6. Desfogue o disposición final**

Para la disposición final de las aguas residuales se realizara una conexión a la red existente, la cual conduce hacia el río Ostua. Actualmente no existe ningún tipo de tratamiento al final del tramo, sin embargo dentro de los planes de la municipalidad existe la voluntad de construir una futura planta de tratamiento, por lo que se recomienda realizar los estudios necesarios para el diseño y construcción de dicha planta en un futuro a mediano plazo.

#### **Ejemplo de diseño**

En la hoja de cálculo del diseño hidráulico, se presenta toda la información como resultado de los cálculos efectuados para llegar al diseño final del sistema de

alcantarillado, que sirve de base para la elaboración de los planos. En los apéndices se pueden consultar las tablas de diseño hidráulico.

A continuación se da el diseño hidráulico de un tramo:

### **Tramo de pv-1 a pv-2**

- Longitud: 100 mt
- Cota inicial: 97.05 mt
- Cota final: 95.95 mt
- Población actual: 65 habitantes
- Tasa de crecimiento: 0 %
- Factor de retorno: 0.75

Nota: no se tomará en cuenta la tasa de crecimiento, debido a que en la actualidad el pueblo ya se encuentra saturado de viviendas, por lo que no se justifica un crecimiento en dichos barrios. Sería justificable en las orillas del pueblo, donde existe lugar para el crecimiento demográfico.

Período de diseño: debido a que el periodo de diseño esta sujeto al cambio poblacional, y para este caso se tomará en cuenta solo la población actual, dicho periodo es igual a 0.

Dotación: 125 lt/hab/día

### ***Cálculo del caudal domiciliar:***

$$Q_{dom} = \frac{Dot \times Pf \times FR}{86400} = \frac{125 \times 65 \times 0.75}{86400} = 0.0705 \text{ lt/seg}$$

### ***Cálculo del caudal de conexiones ilícitas:***

$$Q_{c.i.} = \frac{CIA}{360}$$

$$A_{\text{techos}} = 1.42 \text{ Ha}$$

$$A_{\text{patios}} = 2.83 \text{ Ha}$$

$$C = \frac{\Sigma(c \times a)}{\Sigma a} = \frac{(1.42 \times 0.80 + 2.83 \times 0.20)}{(1.42 + 2.83)} = 0.40$$

$$I = 90 \text{ mm/hora}$$

$$Q_{c.i.} = \frac{0.40 \times 90 \times (4.25 \times 0.20)}{360} = 0.0085 \text{ m}^3 / \text{seg} = 8.5 \text{ lt} / \text{seg}$$

El valor de 8.5 lt/seg se divide dentro de 18 tramos, para así obtener una aproximación del caudal de tormenta para el diseño de cada tramo.

**Factor de caudal medio:**

$$Q_{med} = Q_{dom} + Q_{c.i.} + Q_{in} + Q_{com} + Q_{ind}$$

$$Q_{med} = 0.0705 + 0.47 = 0.54 \text{ lt} / \text{seg}$$

El caudal medio es igual al caudal domiciliar más el de conexiones ilícitas, los demás caudales se igualan a 0, debido a que:

1°. La tubería será de PVC, y debido al tipo de material y forma de instalación no habrá forma de que se infiltre el agua al sistema.

2°. No existen industrias ni comercios dentro de los barrios, tampoco en las cercanías, por lo tanto se reducen a 0.

$$f_{qm} = \frac{Q_{med}}{No.Hab.}, \quad 0.002 < f_{qm} < 0.005 = \frac{0.5427}{65} = 0.008349, \text{ por lo que se toma el límite superior, } 0.005.$$

**Factor de Harmond:**

$$FH = \frac{18 + \sqrt{P}}{4 + \sqrt{P}} = \frac{18 + \sqrt{65/1000}}{4 + \sqrt{65/1000}} = 4.290$$

**Caudal de diseño:**

$$Q_{dis} = No.Hab \times FH \times f_{qm} = 65 \times 4.290 \times 0.005 = 1.3943 \text{ lt/seg}$$

**Cálculo de pendiente:**

$S = \frac{97.05 - 95.95}{100} \times 100\% = 1.10$ , pero con fines de practicidad en el diseño se puede aproximar a 1%, aun así todavía hace falta verificar que esta pendiente proporcione una velocidad permisible.

**Velocidad:**

Velocidad a sección llena utilizando la formula de Manning:

$$V = \frac{1}{n} \times 0.03429 \times D^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}}$$

Donde:

n = coeficiente de rugosidad de la tubería = 0.01 para PVC

D = diámetro del tubo

S = pendiente hidráulica

$$V = \frac{1}{0.01} \times 0.03429 \times 8^{\frac{2}{3}} \times 0.01^{\frac{1}{2}} = 1.346 \text{ mt/seg}$$

**Caudal a sección llena:**

$$Q = V \times A$$

$$Q = 1.346 \frac{\text{mt}}{\text{seg}} \times \frac{\pi}{4} (8 \text{ plg} \times 0.0254 \text{ mt})^2 = 0.0436 \frac{\text{m}^3}{\text{seg}} \times \frac{1000 \text{ lts}}{1 \text{ m}^3} = 43.65 \text{ lts/seg}$$

A continuación se chequea que las relaciones hidráulicas estén dentro de las especificaciones de diseño.

**Cotas invert:**

Altura de pozo inicial: 1.4032 mt

CIS = Cota Invert de Salida = 97.05 - 1.4032 = 95.65 mt

CIE = Cota Invert de Entrada = 95.65 - (0.01 x 100) = 94.65 mt, donde el producto 0.01 x 100 es la distancia que disminuye debido a la pendiente.

**Altura de pozos de visita:**

PV-1 = 1.40 mt

PV-2 = 95.95 - (94.65 - 0.0254 x 8) = 1.50 mt

## **5. ESTUDIOS DE IMPACTO AMBIENTAL**

### **5.1 Evaluación y manejo de riesgo ambiental**

Reducir los riesgos es simplemente más grande y complejo de lo que se esperaba; por una razón, la ciencia permite detectar siempre pequeñas cantidades de contaminación. El aire y el agua que parecía pura, ahora muestran estar contaminados.

El control de las sustancias tóxicas es, finalmente, un problema de manejo. Los temas científicos y técnicos son difíciles, pero, no importa como sean debatidos, la pregunta básica es siempre que hacer luego. Se necesita una nueva estrategia que nos permita actuar de manera constructiva, sin importar la incertidumbre que nos rodea.

Los científicos evalúan un riesgo para averiguar cuáles son los problemas. El proceso de decisión sobre que hacer sobre los problemas es el manejo de riesgos. El segundo procedimiento comprende un conjunto más amplio de disciplinas y, tiene como fin, tomar una decisión sobre el control. El manejo de riesgos supone que se han evaluado los riesgos a la salud de una sustancia sospechosa. Entonces, debe descomponerse en factores sus beneficios, los costos de los diversos métodos disponibles para su control y el sistema estatutario para la decisión.

La distinción entre las dos actividades se ha vuelto un medio atractivo para comprender y mejorar los dos procesos fundamentales comprendidos en la toma de decisiones ambientales.

El objetivo de la necesidad de evaluar el riesgo ambiental, surge de la importancia de proteger y mejorar el entorno ambiental humano.

## **5.2 Evaluación de riesgos**

De manera general se puede afirmar que todo proyecto de inversión física tiende a agredir al ambiente natural de manera directa y al ambiente antropico de manera indirecta.

Es importante tener en cuenta los riesgos en que se incurre al llevar a cabo cualquier proyecto. Los riesgos financieros y económicos han sido los que tradicionalmente, se han evaluado. Los riesgos ambientales directos e indirectos tienen poco tiempo de ser incorporados al análisis, por lo que se falla en gran medida en cuanto a su prevención.

Se entiende que los riesgos existen cuando se pueden medir las probabilidades de la ocurrencia de un evento.

Esta situación es diferente a la de incertidumbre, la cual implica que muy poco se sabe sobre los impactos a esperar, lo cual hace que no se pueden determinar las probabilidades de ocurrencia de los eventos, en tanto puede ser debido a que es una actividad o producto nuevo.

El determinar los riesgos y el grado de incertidumbre es de gran valor en el análisis de costo-beneficio, en este interés es debido a que es importante determinar el valor de costos y beneficios inciertos en el tiempo.

El primer paso es determinar los factores de riesgo y luego las probabilidades de su ocurrencia para definir las maneras de prevenirlos por medio de medidas apropiadas. La información que se requiere es, generalmente, costosa y, algunas veces, inexistente.

### **5.3 Manejo de riesgos**

El término “manejo de riesgos” define el conjunto de juicios y análisis que utiliza los resultados de la evaluación del riesgo para producir una decisión sobre una acción ambiental, tomando en cuenta los aspectos políticos, económicos y sociales para la toma de decisiones, del ejercicio científico involucrado en la evaluación de riesgos.

### **5.4 Informe ambiental**

Una actividad muy importante dentro del estudio de impacto ambiental (EIA) es, la preparación de la documentación escrita donde se sintetizan los resultados del estudio de impacto ambiental, la cual será utilizada por los tomadores de decisiones en su decisión final relativa al proyecto por desarrollar, así como para ser analizada por parte del público interesado, de tal forma que el informe final sea:

- Comprensible y de fácil lectura
- Completo dentro de la simplicidad
- Progresivo en la presentación del problema
- Estructurado, llamando la atención sobre los puntos importantes

Al programar el trabajo de impacto ambiental es necesario e imprescindible establecer con anticipación lo siguiente:

- Tipos de informes a emitir y fecha en que se requieren
- Contenidos de los informes que hay que hacer
- Informes parciales o específicos que requieren el avance progresivo del trabajo y los procedimientos administrativos de aplicación

## **5.5 Evaluación de impacto ambiental**

La evaluación de impacto ambiental (EIA) es un mecanismo científico-técnico que se utiliza para analizar aspectos físico-biológicos, socio-económicos o culturales del ambiente en el que se desarrolle una acción o un proyecto.

El impacto ambiental producido por la ejecución, operación o cese de un proyecto de desarrollo determinado, el que debe ser evaluado, a priori, con el fin de establecer medidas correctivas necesarias para eliminar o mitigar los efectos (impactos) adversos, proponer opciones, un programa de control y fiscalización (seguimiento) y un programa de recuperación ambiental.

La EIA debe cumplir con los siguientes requisitos:

- Garantizar que todos los factores ambientales relacionados con el proyecto o acción hayan sido considerados
- Determinar impactos ambientales adversos significativos, de tal forma que se propongan las medidas correctivas o de mitigación que eliminen estos impactos y los reduzcan a un nivel, ambientalmente, aceptable
- Facilitar la elección de la mejor opción ambiental de la acción propuesta
- Establecer un programa de control y seguimiento que permita medir las posibles desviaciones entre la situación real al poner en marcha el proyecto, de tal forma que se puedan incorporar nuevas medidas correctivas o de mitigación
- Elaborar un programa de recuperación ambiental

Debido al carácter sistémico de la EIA, el análisis debe ser realizado por un equipo interdisciplinario, pudiendo hacer uso de cualquier método, que cumpla con

los requisitos anteriormente señalados. Dentro de los métodos más comunes se incluyen listados, matrices, mapas y otros.

## **5.6. Medidas de mitigación**

La mitigación se refiere a medidas que se toman para eliminar, prevenir o reducir efectos negativos que pudieran resultar de la acción propuesta e identificados en la EIA. Se puede definir la mitigación como una serie jerárquica de acciones que incluyen:

- Evitar completamente el impacto al no ejecutar la acción
- Disminuir los impactos a un grado aceptable
- Rectificar el impacto después de la acción mediante la reparación o restauración del ambiente afectado
- Reducir o eliminar el impacto durante el transcurso de la actividad
- Reemplazar o sustituir recursos o ambientes (la mas costosa y menos preferida de las acciones de mitigación)

Se entiende, como medida de mitigación, la implementación o aplicación de cualquier política, estrategia, obra o acción tendiente a eliminar o reducir los impactos adversos que pueden presentarse durante las diversas etapas de un proyecto (diseño, construcción, operación y terminación).

Las medidas de mitigación son aquellas que están encaminadas a moderar el impacto sobre la dinámica ambiental del sitio o área de influencia del proyecto en cuestión, durante su etapa de construcción, operación y cierre o abandono y sobre la población afectada. Incluyen: políticas, planes, estrategias, acciones, equipos, estructuras, sistemas, entre otros.

También existen medidas de mitigación para impactos adversos sobre la población y otros impactos indirectos, que van desde reasentamientos y generación de empleo, hasta políticas de desarrollo regional, entre otros.

## 6. CUANTIFICACIÓN Y PRESUPUESTOS GENERALES DE LOS PROYECTOS

### 6.1. Cuadros de cantidades de trabajo

#### MUNICIPALIDAD DE ASUNCIÓN MITA, JUTIAPA

**PROYECTO:** "ALCANTARILLADO Y PAVIMENTACIÓN DE BARRIO EL CENTRO Y DOS DE ABRIL"  
**UBICACIÓN:** BARRIO EL CENTRO Y DOS DE ABRIL  
**MUNICIPIO:** ASUNCIÓN MITA  
**DEPARTAMENTO:** JUTIAPA

#### CUADRO DE CANTIDADES DE TRABAJO

No.	RENLÓN	UNIDAD	CANTIDAD
<b>ALCANTARILLADO SANITARIO</b>			
1	Excavación de zanja para drenaje	m3	1,903.42
2	Excavación para pozo de visita	m3	40.00
3	Colocación de colector de 8"	ml	1,376.41
4	Construcción de pozos de visita (Incluye base, brocal y tapadera)	unidad	18.00
5	Conexión domiciliar	unidad	161.00
6	Relleno de zanja (relleno controlado)	m3	1,623.73
7	Retiro de material sobrante	m3	349.61
<b>PAVIMENTACIÓN</b>			
8	Remover adoquín existente	m2	13,062.00
9	Retiro de adoquín	m2	13,062.00
10	Reacondicionamiento de la base	m2	13,062.00
11	Fundición de pavimento rígido	m3	1,959.27
12	Construcción de bordillo	ml	2,753.00

**MUNICIPALIDAD DE ASUNCIÓN MITA, JUTIAPA**

**PROYECTO:** "CONSTRUCCIÓN DE CARRETERA ALDEA TIUCAL"  
**UBICACIÓN:** ALDEA TIUCAL  
**MUNICIPIO:** ASUNCIÓN MITA  
**DEPARTAMENTO:** JUTIAPA

**CUADRO DE CANTIDADES DE TRABAJO**

No.	RENLÓN	UNIDAD	CANTIDAD
1	Excavación no clasificada	m3	2,600.00
2	Excavación no clasificada de desperdicio	m3	2,500.00
3	Acarreo	m3/km	19,188.00
4	Reacondicionamiento de la sub-rasante	m2	9,840.00
5	Base	m3	1,979.92
6	Alcantarilla corrugado de 30"	ml	71.50
7	Concreto para cajas y cabezales	m3	26.13
8	Bordillo	ml	4,920.00
9	Pavimento hidráulico	m3	1,476.00

**6.2. Presupuestos**

**MUNICIPALIDAD DE ASUNCIÓN MITA, JUTIAPA**

**PROYECTO:** "ALCANTARILLADO Y PAVIMENTACIÓN DE BARRIO EL CENTRO Y DOS DE ABRIL"  
**UBICACIÓN:** BARRIO EL CENTRO Y DOS DE ABRIL  
**MUNICIPIO:** ASUNCIÓN MITA  
**DEPARTAMENTO:** JUTIAPA

**PRESUPUESTO**

No.	RENLÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTOS UNITARIOS	COSTO TOTAL
	<b>ALCANTARILLADO SANITARIO</b>				
1	Excavación de zanja para drenaje	m3	1,903.42	54.14	103,052.20
2	Excavación para pozo de visita	m3	40.00	185.63	7,425.00
3	Colocación de colector de 8"	ml	1,376.41	196.69	270,719.77
4	Construcción de pozos de visita (Incluye base, brocal y tapadera)	unidad	18.00	4,239.61	76,313.03
5	Conexión domiciliar	unidad	161.00	1,072.34	172,646.34
6	Relleno de zanja (relleno controlado)	m3	1,623.73	24.75	40,187.33
7	Retiro de material sobrante	m3	349.61	30.94	10,816.00
	<b>PAVIMENTACIÓN</b>				
8	Remover adoquín existente	m2	13,062.00	5.16	67,350.94
9	Retiro de adoquín	m2	13,062.00	2.58	33,675.47
10	Reacondicionamiento de la base	m2	13,062.00	15.50	202,456.92
11	Fundición de pavimento rígido	m3	1,959.27	906.63	1,776,341.53
12	Construcción de bordillo	ml	2,753.00	72.84	200,521.64
	<b>COSTO TOTAL</b>				<b>2,961,506.16</b>

**MUNICIPALIDAD DE ASUNCIÓN MITA, JUTIAPA**

**PROYECTO:** "CONSTRUCCIÓN DE CARRETERA ALDEA TIUCAL "  
**UBICACIÓN:** ALDEA TIUCAL  
**MUNICIPIO:** ASUNCIÓN MITA  
**DEPARTAMENTO:** JUTIAPA

**PRESUPUESTO**

No.	REGLÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTOS UNITARIOS	COSTO TOTAL
1	Excavación no clasificada	m3	2,600.00	35.81	93,112.31
2	Excavación no clasificada de desperdicio	m3	2,500.00	28.79	71,983.90
3	Acarreo	m3/km	19,188.00	20.72	397,538.36
4	Reacondicionamiento de la sub-rasante	m2	9,840.00	3.60	35,446.12
5	Base	m3	1,979.92	73.80	146,127.59
6	Alcantarilla corrugado de 30"	ml	71.50	1,015.31	72,594.45
7	Concreto para cajas y cabezales	m3	26.13	957.03	25,007.23
8	Bordillo	ml	4,920.00	84.20	414,240.84
9	Pavimento hidráulico	m3	1,476.00	932.62	1,376,552.48
<b>COSTO TOTAL</b>					<b>2,632,603.28</b>

### 6.3. Cronogramas de ejecución física y financiera

MUNICIPALIDAD DE ASUNCIÓN MITA, JUTIAPA

PROYECTO: "ALCANTARILLADO Y PAVIMENTACIÓN DE BARRIO EL CENTRO Y DOS DE ABRIL"  
 UBICACIÓN: BARRIO EL CENTRO Y DOS DE ABRIL  
 MUNICIPIO: ASUNCIÓN MITA  
 DEPARTAMENTO: JUTIAPA

CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN FÍSICA Y FINANCIERA

No.	REGLÓN	MESES						INVERSION
		1	2	3	4	5	6	
1	Excavación de zanja para drenaje							103,052.20
2	Excavación para pozo de visita							7,425.00
3	Colocación de colector de 8"							270,719.77
4	Construcción de pozos de visita (Incluye base, brocal y tapadera)							76,313.03
5	Conexión domiciliar							172,646.34
6	Relleno de zanja (relleno controlado)							40,187.33
7	Retiro de material sobrante							10,816.00
8	Remover adoquín existente							67,350.94
9	Retiro de adoquín							33,675.47
10	Reacondicionamiento de la base							202,456.92
11	Fundición de pavimento rígido							1,776,341.53
12	Construcción de bordillo							200,521.64
	INVERSION MENSUAL	54,001.10	311,208.43	285,040.47	111,811.61	1,110,752.14	1,088,692.40	2,961,506.16
	INVERSION MENSUAL ACUMULADA	54,001.10	365,209.53	650,250.00	762,061.61	1,872,813.76	2,961,506.16	2,961,506.16

MUNICIPALIDAD DE ASUNCIÓN MITA, JUTIAPA

PROYECTO: "CONSTRUCCIÓN DE CARRETERA ALDEA TIUCAL"  
 UBICACIÓN: ALDEA TIUCAL  
 MUNICIPIO: ASUNCIÓN MITA  
 DEPARTAMENTO: JUTIAPA

CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN FÍSICA Y FINANCIERA

No.	REGLÓN	MESES					INVERSIÓN
		1	2	3	4	5	
1	Excavación no clasificada	93,112.31					93,112.31
2	Excavación no clasificada de desperdicio						71,983.90
3	Acarreo						397,538.36
4	Reacondicionamiento de la sub-rasante						35,446.12
5	Base						146,127.59
6	Alcantarilla corrugado de 30"						72,594.45
7	Concreto para cajas y cabezales						25,007.23
8	Bordillo						414,240.84
9	Pavimento hidráulico						1,376,552.48
INVERSIÓN MENSUAL		93,112.31	188,555.31	801,082.37	710,764.86	839,088.42	2,632,603.28
INVERSIÓN MENSUAL ACUMULADA		93,112.31	281,667.62	1,082,749.99	1,793,514.86	2,632,603.28	2,632,603.28



## CONCLUSIONES

1. A través del estudio se pudo determinar que el sistema de alcantarillado sanitario en el barrio Dos de Abril y barrio El Centro, a pesar de ser muy buen diseño, ya no es capaz de conducir eficientemente los volúmenes de aguas residuales producidos por el pueblo, debido al crecimiento poblacional. Cabe mencionar que este sistema tiene más de 30 años de estar funcionando. Por esta razón, se realizó una rehabilitación del tramo central, para poder obtener mayor capacidad de conducción de aguas residuales.
2. De igual manera, se ha planteado sustituir el actual adoquín por losas de pavimento rígido, para beneficiar el tránsito vehicular del pueblo y obtener una mayor conveniencia para las actuales actividades de comercio en el pueblo.
3. La pavimentación del tramo que conecta la aldea Tiucal con la aldea San Matías significará para sus habitantes un gran paso para su desarrollo, ya que además de haber gestionado y logrado la introducción de un sistema de alcantarillado sanitario hace no más de tres años, ahora contarán con 2.5 kilómetros de pavimentación, que facilitará la comunicación, tanto para las relaciones humanas como para las comerciales entre ambas aldeas.



## RECOMENDACIONES

1. Para evitar errores durante la ejecución de los proyectos descritos en este trabajo, es necesario seguir todas las especificaciones de construcción colocadas en la planificación.
2. Se exhorta a todos los comités de desarrollo del municipio de Asunción Mita, a que sigan gestionando proyectos de infraestructura, ya que a pesar de ser un arduo trabajo ante las autoridades municipales, se puede ver el efecto a mediano plazo para la realización de sus solicitudes.
3. Se deben mantener abiertas las vías de comunicación entre las autoridades municipales y los comités de desarrollo, esto con el objetivo de solventar cualquier inconformidad y evitar posteriores malentendidos. En la medida de lo posible, la Oficina Municipal de Planificación deberá contar con todos los datos técnicos y financieros de sus proyectos para lograr el cometido.



## BIBLIOGRAFÍA

1. García Mérida, Melvin Lois. Diseño de: alcantarillado sanitario y pavimentación de la aldea El Paraíso del municipio de Palencia, Guatemala. Trabajo de graduación, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala, Septiembre, 2002.
2. Escobar García, Pablo Bernabé. Pavimentación de calles de la aldea La Ciénaga, calles del sector Nueva Jerusalén y calles del caserío La Comunidad, y construcción de drenajes aldea La Ciénaga del municipio de San Raymundo departamento de Guatemala. Trabajo de graduación, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala, Agosto, 2005.
3. Hernández Álvarez, Víctor Genaro. Diseño de alcantarillado sanitario de la aldea Los Pocitos, del municipio de Villa Canales, departamento de Guatemala. Trabajo de graduación, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala, Octubre, 2003.
4. Crespo Villalaz, Carlos. **Mecánica de suelos y cimentaciones**. Editorial Limusa, Cuarta edición.
5. Aguilar Vásquez, William Abel. **Apuntes de ingeniería económica**. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala.



## APÉNDICES

Densidad Poblacional (hab/viv): 5  
 Dotación (lt/hab/día): 125  
 Factor de Retorno: 0.75

Tramo Inicial	De PV	A PV	Cotas de Terreno		Dist H	Terreno		No Casas	Habitantes Servidos	FH	Qmed	fqm	qdis
			Inicio	Final		S	Sdis						
SI	1	2	97.05	95.95	100.00	1.10	1.00	13	65	4.29	0.5405	0.005	1.3943
	2	3	95.95	95.05	83.98	1.07	1.00	13	65	4.29	0.5405	0.005	1.3943
	3	4	95.05	94.45	80.00	0.75	1.00	11	55	4.31	0.5297	0.005	1.1842
	4	5	94.45	93.77	94.39	0.72	1.00	16	80	4.27	0.5568	0.005	1.7075
	5	6	93.77	92.66	62.78	1.77	1.50	11	55	4.31	0.5297	0.005	1.1842
	6	7	92.66	90.93	96.26	1.80	1.50	9	45	4.32	0.5188	0.005	0.9728
	7	8	90.93	89.90	60.00	1.72	1.50	11	55	4.31	0.5297	0.005	1.1842
	8	9	89.90	88.96	58.98	1.60	1.50	11	55	4.31	0.5297	0.005	1.1842
	9	10	88.96	88.01	76.79	1.23	1.00	11	55	4.31	0.5297	0.005	1.1842
	10	11	88.01	88.30	81.00	-0.36	1.00	11	55	4.31	0.5297	0.005	1.1842
	11	12	88.30	87.80	74.11	0.67	1.00	6	30	4.35	0.5026	0.005	0.6532
	12	13	87.80	86.33	74.38	1.98	2.00	4	20	4.38	0.4917	0.005	0.4380
	13	14	86.33	84.90	73.18	1.95	2.00	3	15	4.40	0.4863	0.005	0.3297
	14	15	84.90	85.16	73.20	-0.36	1.00	5	25	4.37	0.4971	0.005	0.5459
	15	16	88.30	87.67	69.99	0.90	1.00	10	50	4.31	0.5243	0.005	1.0787
	16	17	87.67	87.50	68.40	0.25	1.00	6	30	4.35	0.5026	0.005	0.6532
	17	18	87.50	86.11	75.98	1.83	1.50	5	25	4.37	0.4971	0.005	0.5459
	18	15	86.11	85.16	72.99	1.29	1.00	5	25	4.37	0.4971	0.005	0.5459
SI													

Factor Rugosidad n:	0.01019
H Pozo Inicial:	1.4032
Ancho Pozo Visita ( m):	1.2

Tramo Inicial	De PV	A	Cotas de Terreno		Terreno S	Dist H	Tubería Asumida	Sección Llana			d/D	v/V	v
			Inicio	Final				V	Q	qdis/Q			
SI	1	2	97.05	95.95	1.10	1.3943	8	1.35	43.651	0.0319	0.12200	0.454641	0.612
	2	3	95.95	95.05	1.07	2.7887	8	1.35	43.651	0.0639	0.17100	0.559833	0.754
	3	4	95.05	94.45	0.75	3.9729	8	1.35	43.651	0.0910	0.20300	0.620522	0.835
	4	5	94.45	93.77	0.72	5.6804	8	1.35	43.651	0.1301	0.24300	0.689339	0.928
	5	6	93.77	92.66	1.77	6.8646	8	1.65	53.461	0.1284	0.24100	0.686065	1.131
	6	7	92.66	90.93	1.80	7.8375	8	1.65	53.461	0.1466	0.25800	0.713378	1.176
	7	8	90.93	89.90	1.72	9.0216	8	1.65	53.461	0.1688	0.27700	0.742568	1.224
	8	9	89.90	88.96	1.60	10.206	8	1.65	53.461	0.1909	0.29600	0.770431	1.270
	9	10	88.96	88.01	1.23	11.39	8	1.35	43.651	0.2609	0.34800	0.840454	1.131
	10	11	88.01	88.30	-0.36	12.574	8	1.35	43.651	0.2881	0.36700	0.863921	1.163
	11	12	88.30	87.80	0.67	13.227	8	1.35	43.651	0.3030	0.37000	0.875843	1.179
	12	13	87.80	86.33	1.98	13.665	8	1.90	61.731	0.2214	0.31900	0.802488	1.528
	13	14	86.33	84.90	1.95	13.995	8	1.90	61.731	0.2267	0.32300	0.807884	1.538
	14	15	84.90	85.16	-0.36	14.541	8	1.35	43.651	0.3331	0.39700	0.898821	1.210
	15	16	88.30	87.67	0.90	1.0787	8	1.35	43.651	0.0247	0.10800	0.421146	0.567
	16	17	87.67	87.50	0.25	1.7319	8	1.35	43.651	0.0397	0.13500	0.484236	0.652
	17	18	87.50	86.11	1.83	2.2777	8	1.65	53.461	0.0426	0.14000	0.495268	0.816
	18	15	86.11	85.16	1.29	2.8236	8	1.35	43.651	0.0647	0.17200	0.561815	0.756
<b>Colector principal (ml)</b>					<b>1,376.41</b>								

Tramo Inicial	Cotas Invert						Ancho Zanja	Profundidad		Volumen		Volumen		Volumen	
	PV Inicio	Salida	Entrada	PV Final	Salida	Entrada		PV Inicial	PV Final	Excavación (m3)	Relleno (m3)	Retiro (m3)	Excavación (m3)	Relleno (m3)	Retiro (m3)
SI	---	95.65	94.66	94.46	94.46	94.46	1.40	1.49	0.75	109.05	87.04	38.42	109.05	87.04	38.42
	94.66	94.46	93.63	93.60	93.60	93.60	1.49	1.46	0.75	93.24	74.53	32.71	93.24	74.53	32.71
	93.63	93.60	92.81	92.78	92.78	92.78	1.45	1.67	0.75	94.16	76.01	32.10	94.16	76.01	32.10
	92.81	92.78	91.85	91.82	91.82	91.82	1.67	1.95	0.75	128.65	107.27	39.59	128.65	107.27	39.59
	91.85	91.82	90.89	90.86	90.86	90.86	1.95	1.79	0.75	88.41	73.63	27.32	88.41	73.63	27.32
	90.89	90.86	89.44	89.41	89.41	89.41	1.79	1.52	0.75	119.84	98.56	38.58	119.84	98.56	38.58
	89.44	89.41	88.53	88.50	88.50	88.50	1.52	1.40	0.75	66.09	52.31	23.83	66.09	52.31	23.83
	88.53	88.50	87.63	87.60	87.60	87.60	1.40	1.36	0.75	61.32	47.80	23.03	61.32	47.80	23.03
	87.63	87.60	86.84	86.81	86.81	86.81	1.36	1.20	0.75	73.71	56.76	28.57	73.71	56.76	28.57
	86.84	86.81	86.02	85.99	85.99	85.99	1.20	2.31	0.75	107.67	88.60	34.61	107.67	88.60	34.61
	86.02	85.99	85.26	85.23	85.23	85.23	2.31	2.57	0.75	136.52	118.55	36.11	136.52	118.55	36.11
	85.26	85.23	83.76	83.73	83.73	83.73	2.57	2.60	0.75	144.83	126.77	37.05	144.83	126.77	37.05
	83.76	83.73	82.29	82.26	82.26	82.26	2.60	2.64	0.75	144.31	126.45	36.75	144.31	126.45	36.75
	82.29	82.26	81.54	81.51	81.51	81.51	2.64	3.65	0.75	173.94	154.93	41.15	173.94	154.93	41.15
	81.54	81.51	80.89	80.86	80.86	80.86	3.65	1.66	0.75	81.01	64.91	28.23	81.01	64.91	28.23
80.89	80.86	80.21	80.18	80.18	80.18	1.66	2.20	0.75	99.80	83.41	30.46	99.80	83.41	30.46	
80.21	80.18	79.53	79.50	79.50	79.50	2.20	1.95	0.75	118.65	101.00	33.93	118.65	101.00	33.93	
79.53	79.50	78.84	78.81	78.81	78.81	1.95	1.76	0.75	102.03	85.21	31.23	102.03	85.21	31.23	
78.84	78.81	78.15	78.12	78.12	78.12	1.76	1.76	0.75	1943.22	1623.73	593.68	1943.22	1623.73	593.68	
<b>Totales</b>															

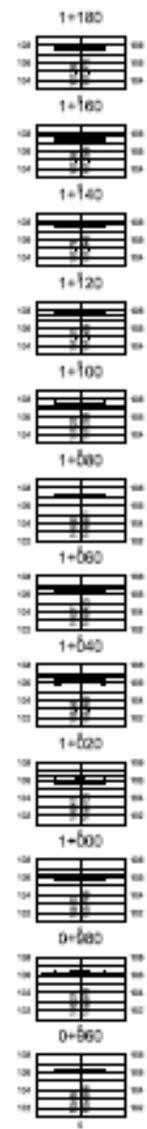
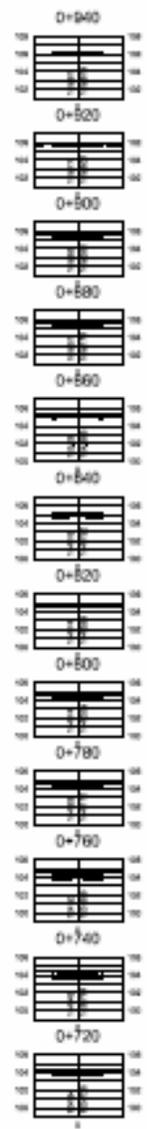
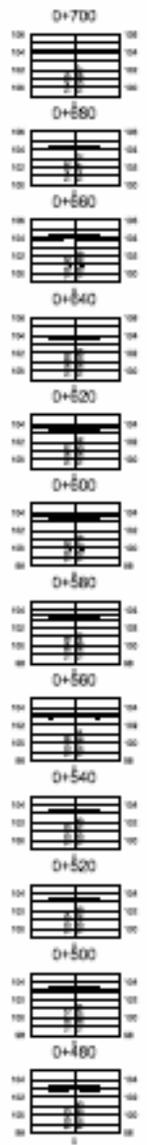
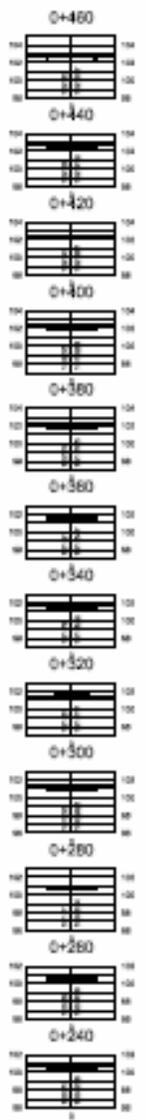
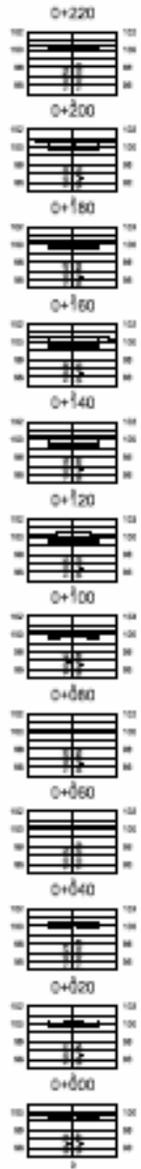




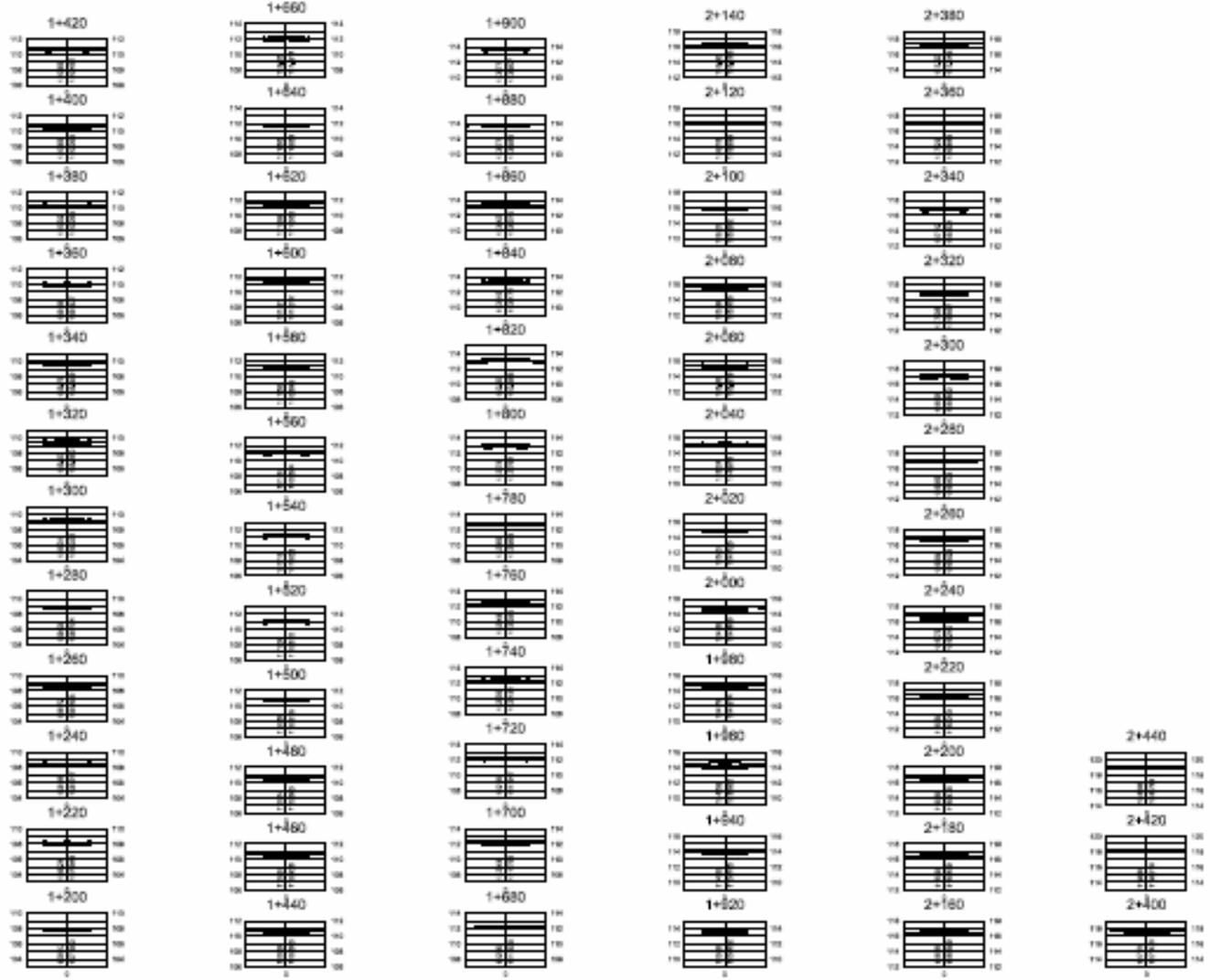




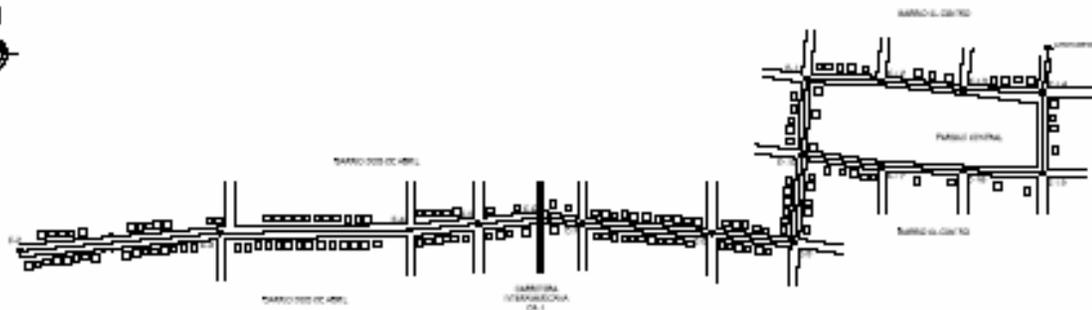




EPS	MUNICIPALIDAD DE	PROYECTO
	ABUNCOLO S.A.S.	ABUNCOLO S.A.S.
PROYECTO	SECTOR	USUARIO
ABUNCOLO S.A.S.	ABUNCOLO S.A.S.	ABUNCOLO S.A.S.
ESTADO		
BOGOTÁ		
FECHA		
2024		
Escala		
1:500		





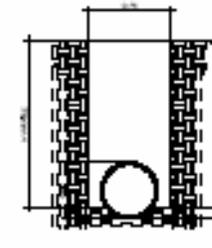


PLANTA TOPOGRAFICA

EST.	P.C.	ALMUTI	D.F.
0	5070	-	-
0	1	77'18	154.33
1	2	87'32	172.58
2	3	84'04	169.09
3	4	87'02	174.33
4	5	84'50	167.19
5	6	84'02	167.11
6	7	107'36	211.06
7	8	84'04	167.09
8	9	80'08	158.16
9	10	84'52	171.03
10	11	89'07	180.99
11	12	81'40	164.47
12	13	82'01	165.59
13	14	87'08	172.97
14	15	109'36	220.27
15	16	271'40	542.82
16	17	273'02	546.04
17	18	279'07	558.14

LEGENDA	
[Symbol]	SEÑALIZACION

LEGENDA	
[Symbol]	SEÑALIZACION



DETALLE DE ZANJA



PLANTA RAMAL 2 (E-10, E11 y E-13 Y E-14)

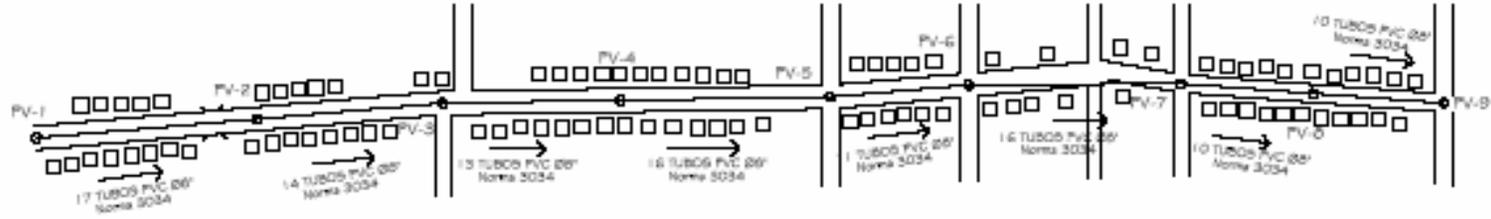
RAMAL 1 (E-2 y E-10, E-17 y E-15 Y E-14)

PLANTA GENERAL DE AL CANTARILLO SANITARIO

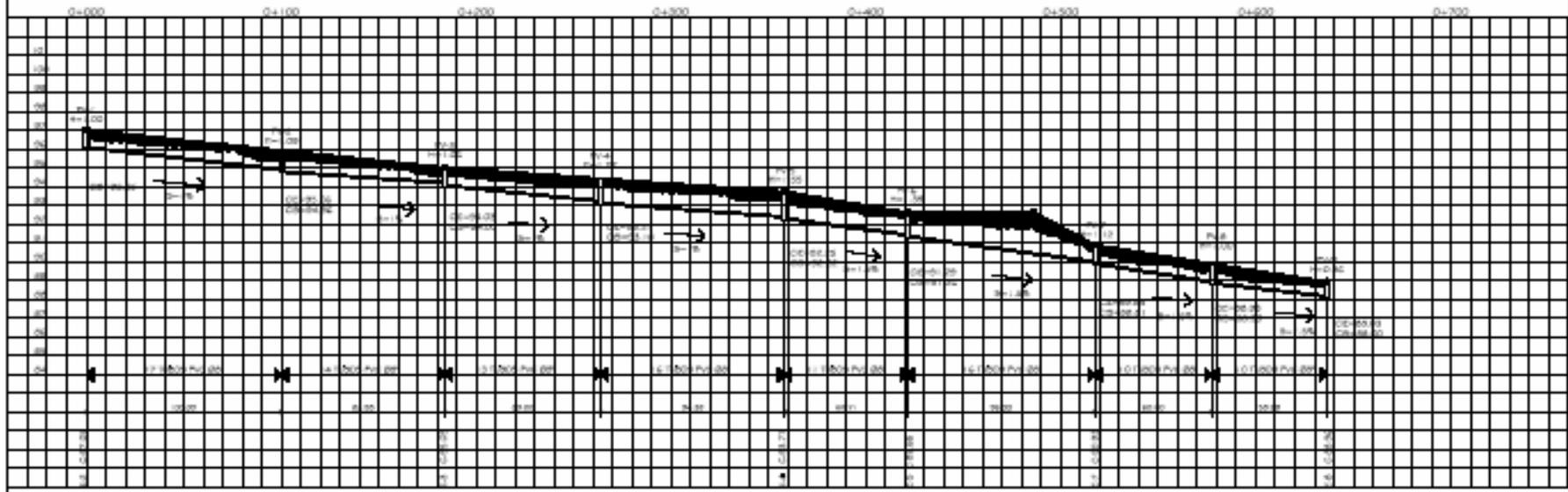
	MUNICIPALIDAD DE AYLACON MTA	SERVICIO ALUMBRADO SANITARIO
	SERVICIO MUNICIPAL DE ALCANTARILLO	LINEA RAMO EL CENTRO Y RAMO EL OMBRO
OBJETIVO: Planificación de alcantarillado y redes de servicio.		
AUTOR: RAFAEL CHAN	FECHA: MARZO 2008	NIVEL: DISEÑO 000
PROYECTO: SANITARIO	ESCALA: 1:1000	HOJA: 1/5
EMPRESA: S.A.		HOJA: 1/5



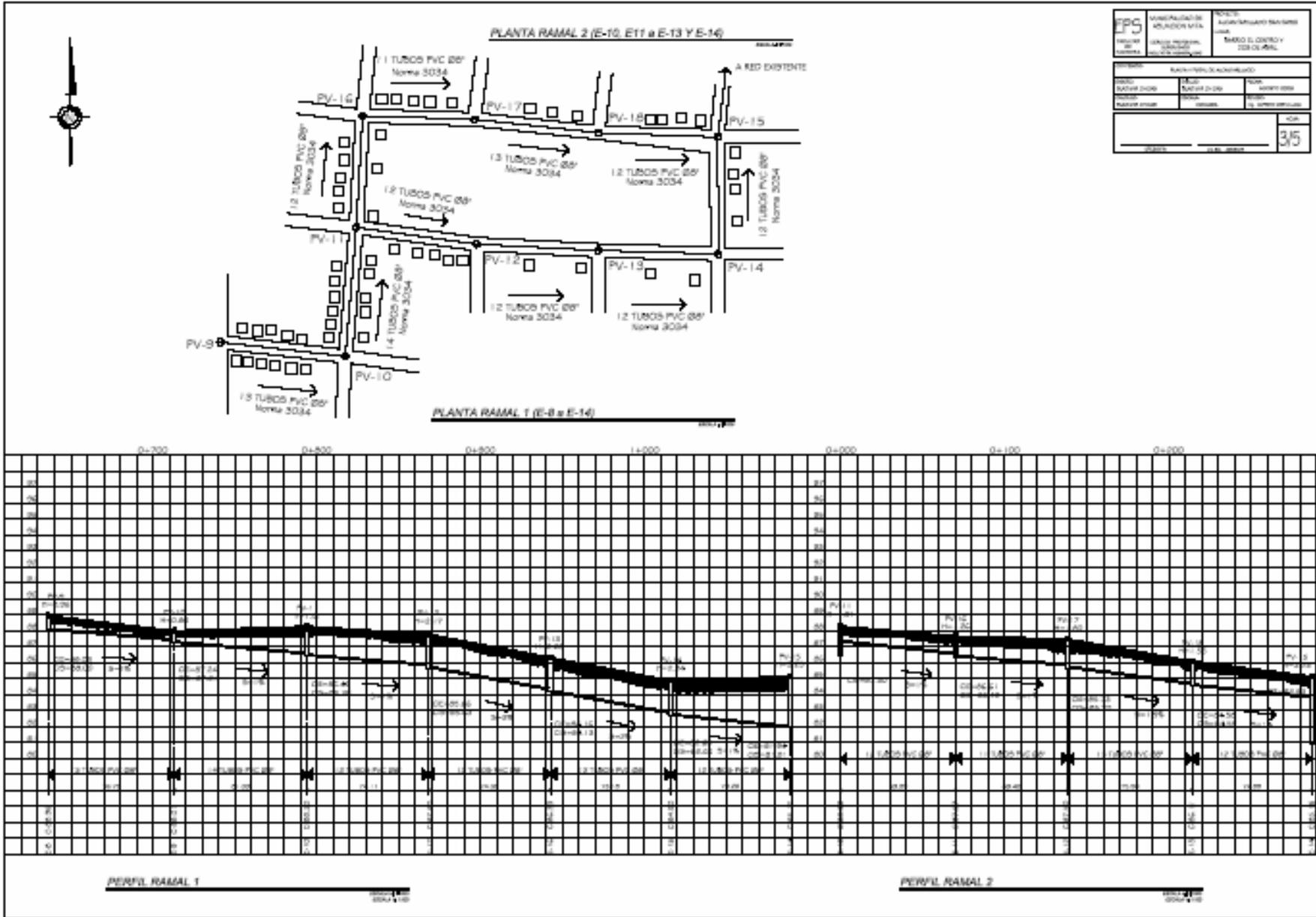
<b>FPS</b> INSTITUTO FEDERAL DE SERVICIOS EDUCATIVOS	UNIVERSIDAD DE GUAYMAS S.A.	NOMBRE: AUTOMATIZADO SAN CARLOS
	CARRILLO HERRERA, JUAN CARLOS	LUGAR: BARRIO EL CENTRO Y 2da DE ABRIL
AUTOR DEL DISEÑO: JUAN CARLOS CARRILLO HERRERA	ASESOR: JUAN CARLOS CARRILLO HERRERA	ESCALA: 1:100
FECHA: 2023		HOJA: 2/5



PLANTA RAMAL 1 (E-2 a E-8)

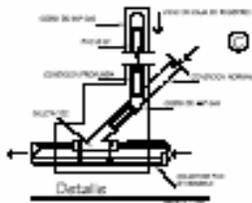
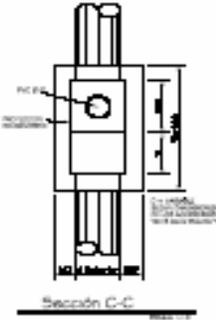
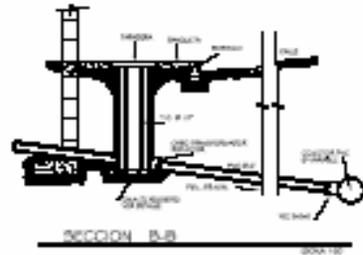
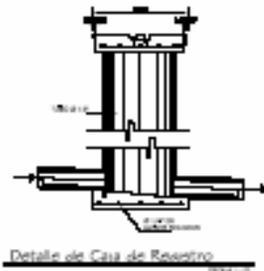
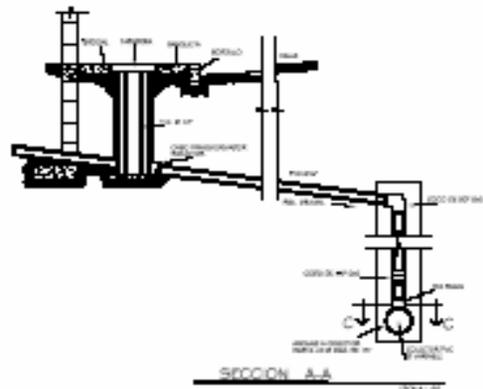
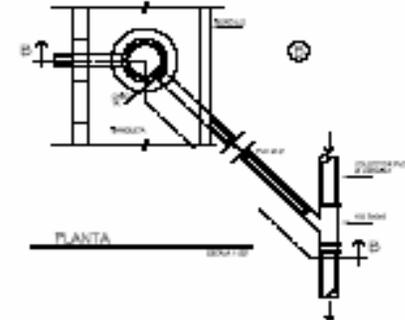
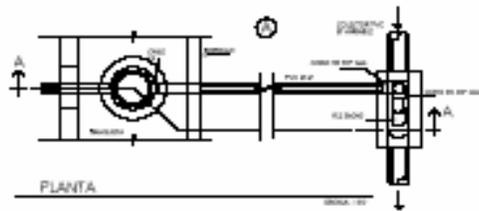


PERFIL RAMAL 1



	EMPRESA: <b>INGENIERIA Y CONSTRUCCIONES S.A.</b> DIRECCION: <b>AV. BOLIVAR 1000, SAN CARLOS, BOGOTA</b>	PROYECTO: <b>PROYECTO DE OBRAS DE RECONSTRUCCION DEL SISTEMA DE AGUAS CALIENTES DE BOGOTA</b> SUB-PROYECTO: <b>RECONSTRUCCION DEL SISTEMA DE AGUAS CALIENTES DE BOGOTA</b>
	CLIENTE: <b>INSTITUTO DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS DE BOGOTA</b> AREA: <b>AGUAS CALIENTES</b> SUB-AREA: <b>RECONSTRUCCION DEL SISTEMA DE AGUAS CALIENTES DE BOGOTA</b>	FECHA: <b>15/03/2011</b> ESCALA: <b>1:100</b> HOJA: <b>3/5</b>





ALTA CALIDAD CON PRECISIÓN SUPERIOR DE 0.001 A LA BOLA DE COORDINADO. HUBO.

1. CALIDAD SUPERIOR  
2. PRECISIÓN SUPERIOR  
3. CALIDAD SUPERIOR  
4. PRECISIÓN SUPERIOR  
5. CALIDAD SUPERIOR  
6. PRECISIÓN SUPERIOR  
7. CALIDAD SUPERIOR  
8. PRECISIÓN SUPERIOR  
9. CALIDAD SUPERIOR  
10. PRECISIÓN SUPERIOR  
11. CALIDAD SUPERIOR  
12. PRECISIÓN SUPERIOR  
13. CALIDAD SUPERIOR  
14. PRECISIÓN SUPERIOR  
15. CALIDAD SUPERIOR  
16. PRECISIÓN SUPERIOR  
17. CALIDAD SUPERIOR  
18. PRECISIÓN SUPERIOR  
19. CALIDAD SUPERIOR  
20. PRECISIÓN SUPERIOR  
21. CALIDAD SUPERIOR  
22. PRECISIÓN SUPERIOR  
23. CALIDAD SUPERIOR  
24. PRECISIÓN SUPERIOR  
25. CALIDAD SUPERIOR  
26. PRECISIÓN SUPERIOR  
27. CALIDAD SUPERIOR  
28. PRECISIÓN SUPERIOR  
29. CALIDAD SUPERIOR  
30. PRECISIÓN SUPERIOR  
31. CALIDAD SUPERIOR  
32. PRECISIÓN SUPERIOR  
33. CALIDAD SUPERIOR  
34. PRECISIÓN SUPERIOR  
35. CALIDAD SUPERIOR  
36. PRECISIÓN SUPERIOR  
37. CALIDAD SUPERIOR  
38. PRECISIÓN SUPERIOR  
39. CALIDAD SUPERIOR  
40. PRECISIÓN SUPERIOR  
41. CALIDAD SUPERIOR  
42. PRECISIÓN SUPERIOR  
43. CALIDAD SUPERIOR  
44. PRECISIÓN SUPERIOR  
45. CALIDAD SUPERIOR  
46. PRECISIÓN SUPERIOR  
47. CALIDAD SUPERIOR  
48. PRECISIÓN SUPERIOR  
49. CALIDAD SUPERIOR  
50. PRECISIÓN SUPERIOR  
51. CALIDAD SUPERIOR  
52. PRECISIÓN SUPERIOR  
53. CALIDAD SUPERIOR  
54. PRECISIÓN SUPERIOR  
55. CALIDAD SUPERIOR  
56. PRECISIÓN SUPERIOR  
57. CALIDAD SUPERIOR  
58. PRECISIÓN SUPERIOR  
59. CALIDAD SUPERIOR  
60. PRECISIÓN SUPERIOR  
61. CALIDAD SUPERIOR  
62. PRECISIÓN SUPERIOR  
63. CALIDAD SUPERIOR  
64. PRECISIÓN SUPERIOR  
65. CALIDAD SUPERIOR  
66. PRECISIÓN SUPERIOR  
67. CALIDAD SUPERIOR  
68. PRECISIÓN SUPERIOR  
69. CALIDAD SUPERIOR  
70. PRECISIÓN SUPERIOR  
71. CALIDAD SUPERIOR  
72. PRECISIÓN SUPERIOR  
73. CALIDAD SUPERIOR  
74. PRECISIÓN SUPERIOR  
75. CALIDAD SUPERIOR  
76. PRECISIÓN SUPERIOR  
77. CALIDAD SUPERIOR  
78. PRECISIÓN SUPERIOR  
79. CALIDAD SUPERIOR  
80. PRECISIÓN SUPERIOR  
81. CALIDAD SUPERIOR  
82. PRECISIÓN SUPERIOR  
83. CALIDAD SUPERIOR  
84. PRECISIÓN SUPERIOR  
85. CALIDAD SUPERIOR  
86. PRECISIÓN SUPERIOR  
87. CALIDAD SUPERIOR  
88. PRECISIÓN SUPERIOR  
89. CALIDAD SUPERIOR  
90. PRECISIÓN SUPERIOR  
91. CALIDAD SUPERIOR  
92. PRECISIÓN SUPERIOR  
93. CALIDAD SUPERIOR  
94. PRECISIÓN SUPERIOR  
95. CALIDAD SUPERIOR  
96. PRECISIÓN SUPERIOR  
97. CALIDAD SUPERIOR  
98. PRECISIÓN SUPERIOR  
99. CALIDAD SUPERIOR  
100. PRECISIÓN SUPERIOR

Para hacer la pieza de concreto, se formará y se hará en cada estado en el caso.

1. Para la pieza  
2. Para la pieza  
3. Para la pieza  
4. Para la pieza  
5. Para la pieza  
6. Para la pieza  
7. Para la pieza  
8. Para la pieza  
9. Para la pieza  
10. Para la pieza  
11. Para la pieza  
12. Para la pieza  
13. Para la pieza  
14. Para la pieza  
15. Para la pieza  
16. Para la pieza  
17. Para la pieza  
18. Para la pieza  
19. Para la pieza  
20. Para la pieza  
21. Para la pieza  
22. Para la pieza  
23. Para la pieza  
24. Para la pieza  
25. Para la pieza  
26. Para la pieza  
27. Para la pieza  
28. Para la pieza  
29. Para la pieza  
30. Para la pieza  
31. Para la pieza  
32. Para la pieza  
33. Para la pieza  
34. Para la pieza  
35. Para la pieza  
36. Para la pieza  
37. Para la pieza  
38. Para la pieza  
39. Para la pieza  
40. Para la pieza  
41. Para la pieza  
42. Para la pieza  
43. Para la pieza  
44. Para la pieza  
45. Para la pieza  
46. Para la pieza  
47. Para la pieza  
48. Para la pieza  
49. Para la pieza  
50. Para la pieza  
51. Para la pieza  
52. Para la pieza  
53. Para la pieza  
54. Para la pieza  
55. Para la pieza  
56. Para la pieza  
57. Para la pieza  
58. Para la pieza  
59. Para la pieza  
60. Para la pieza  
61. Para la pieza  
62. Para la pieza  
63. Para la pieza  
64. Para la pieza  
65. Para la pieza  
66. Para la pieza  
67. Para la pieza  
68. Para la pieza  
69. Para la pieza  
70. Para la pieza  
71. Para la pieza  
72. Para la pieza  
73. Para la pieza  
74. Para la pieza  
75. Para la pieza  
76. Para la pieza  
77. Para la pieza  
78. Para la pieza  
79. Para la pieza  
80. Para la pieza  
81. Para la pieza  
82. Para la pieza  
83. Para la pieza  
84. Para la pieza  
85. Para la pieza  
86. Para la pieza  
87. Para la pieza  
88. Para la pieza  
89. Para la pieza  
90. Para la pieza  
91. Para la pieza  
92. Para la pieza  
93. Para la pieza  
94. Para la pieza  
95. Para la pieza  
96. Para la pieza  
97. Para la pieza  
98. Para la pieza  
99. Para la pieza  
100. Para la pieza

<p>SECCION A-A</p> <p>SECCION B-B</p> <p>SECCION C-C</p> <p>SECCION D-D</p> <p>SECCION E-E</p> <p>SECCION F-F</p> <p>SECCION G-G</p> <p>SECCION H-H</p> <p>SECCION I-I</p> <p>SECCION J-J</p> <p>SECCION K-K</p> <p>SECCION L-L</p> <p>SECCION M-M</p> <p>SECCION N-N</p> <p>SECCION O-O</p> <p>SECCION P-P</p> <p>SECCION Q-Q</p> <p>SECCION R-R</p> <p>SECCION S-S</p> <p>SECCION T-T</p> <p>SECCION U-U</p> <p>SECCION V-V</p> <p>SECCION W-W</p> <p>SECCION X-X</p> <p>SECCION Y-Y</p> <p>SECCION Z-Z</p>	<p>SECCION A-A</p> <p>SECCION B-B</p> <p>SECCION C-C</p> <p>SECCION D-D</p> <p>SECCION E-E</p> <p>SECCION F-F</p> <p>SECCION G-G</p> <p>SECCION H-H</p> <p>SECCION I-I</p> <p>SECCION J-J</p> <p>SECCION K-K</p> <p>SECCION L-L</p> <p>SECCION M-M</p> <p>SECCION N-N</p> <p>SECCION O-O</p> <p>SECCION P-P</p> <p>SECCION Q-Q</p> <p>SECCION R-R</p> <p>SECCION S-S</p> <p>SECCION T-T</p> <p>SECCION U-U</p> <p>SECCION V-V</p> <p>SECCION W-W</p> <p>SECCION X-X</p> <p>SECCION Y-Y</p> <p>SECCION Z-Z</p>	<p>SECCION A-A</p> <p>SECCION B-B</p> <p>SECCION C-C</p> <p>SECCION D-D</p> <p>SECCION E-E</p> <p>SECCION F-F</p> <p>SECCION G-G</p> <p>SECCION H-H</p> <p>SECCION I-I</p> <p>SECCION J-J</p> <p>SECCION K-K</p> <p>SECCION L-L</p> <p>SECCION M-M</p> <p>SECCION N-N</p> <p>SECCION O-O</p> <p>SECCION P-P</p> <p>SECCION Q-Q</p> <p>SECCION R-R</p> <p>SECCION S-S</p> <p>SECCION T-T</p> <p>SECCION U-U</p> <p>SECCION V-V</p> <p>SECCION W-W</p> <p>SECCION X-X</p> <p>SECCION Y-Y</p> <p>SECCION Z-Z</p>	<p>SECCION A-A</p> <p>SECCION B-B</p> <p>SECCION C-C</p> <p>SECCION D-D</p> <p>SECCION E-E</p> <p>SECCION F-F</p> <p>SECCION G-G</p> <p>SECCION H-H</p> <p>SECCION I-I</p> <p>SECCION J-J</p> <p>SECCION K-K</p> <p>SECCION L-L</p> <p>SECCION M-M</p> <p>SECCION N-N</p> <p>SECCION O-O</p> <p>SECCION P-P</p> <p>SECCION Q-Q</p> <p>SECCION R-R</p> <p>SECCION S-S</p> <p>SECCION T-T</p> <p>SECCION U-U</p> <p>SECCION V-V</p> <p>SECCION W-W</p> <p>SECCION X-X</p> <p>SECCION Y-Y</p> <p>SECCION Z-Z</p>
---	---	---	---