

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA**



**“PROPUESTA DE INTEGRACION VIAL DE LA COLONIA
SOLORZANO, AL SISTEMA DEL BY PASS DE LA CIUDAD
DE SANTA ANA”**

**PRESENTADO POR:
LEAL ARTEAGA, FRANCISCO ANTONIO.
UMAÑA GONZALEZ, ELMER ATILIO.**

**PARA OPTAR AL TITULO DE:
INGENIERO CIVIL**

MARZO DE 2003

SANTA ANA

EL SALVADOR

CENTROAMERICA

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN PREVIO PARA LA OPCION AL GRADO DE:
INGENIERO CIVIL**

TITULO:

**“PROPUESTA DE INTEGRACIÓN VIAL DE LA COLONIA SOLORZANO,
AL SISTEMA DEL BY PASS DE LA CIUDAD DE SANTA ANA”**

PRESENTADO POR:

**LEAL ARTEAGA, FRANCISCO ANTONIO
UMAÑA GONZALEZ, ELMER ATILIO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN APROBADO POR

**DOCENTE DIRECTOR:
ING. JORGE WILLIAM ORTIZ.**

MARZO DE 2003

SANTA ANA

EL SALVADOR

CENTROAMERICA

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTORA:

DRA. MARIA ISABEL RODRÍGUEZ.

SECRETARIO GENERAL:

LICDO. ENNIO ARTURO LUNA

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE

DECANO:

LICDO. REMBERTO MANGANDI

SECRETARIA:

LICDA. ANA EMILIA PADILLA DE PADILLA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA

DIRECTOR:

ING. MAURICIO ERNESTO GARCÍA EGUIZABAL.

TRABAJO DE GRADUACIÓN APROBADO POR:

COORDINADOR GENERAL:

ING. MAURICIO ERNESTO GARCÍA EGUIZABAL.

DOCENTE DIRECTOR:

ING. JORGE WILLIAM ORTIZ.

AGRADECIMIENTOS GENERALES

A LA FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE:

Por brindarnos la oportunidad de formarnos académicamente y poder ser profesionales que aportemos beneficios a la sociedad.

A NUESTRO ASESOR:

ING. MIGUEL ANGEL MARROQUIN GUERRERO

Por haber colaborado aportando sus conocimientos y amistad durante el desarrollo de este trabajo de graduación.

A NUESTRO DIRECTOR:

ING. JORGE WILLIAM ORTIZ

Por haber colaborado en la orientación y realización del desarrollo de este trabajo de graduación.

A NUESTRO EVALUADOR:

ING. CARLOS RUANO

Por sus observaciones y colaboración para el desarrollo de este trabajo de graduación

AGRADECIMIENTOS

A DIOS Todopoderoso y a mi Madre la Virgen Maria Auxiliadora:

Por la infinita bondad de iluminarme y acompañarme, durante el desarrollo y culminación de esta etapa de mi vida y siempre, una oración en acción de gracias.

A Mis Padres:

Domingo Orlando Leal Chacón y María Irene Arteaga de Leal. Por darme la oportunidad de formarme y realizar mis ideales, con su inmenso amor, sacrificio, oraciones y comprensión que siempre me brindaron a lo largo de este camino. Les dedico este triunfo es por ustedes.

A mis hermanas y hermano:

Silvia Irene, Sandra Elizabeth, José Miguel Leal. Por todo su apoyo y amor fraterno que siempre me han brindado, disfrutemos de este triunfo.

A mi abuelita:

Mama Chila (Q.D.D.G) 13 de junio del 2001, por todo su amor y cariño, mis oraciones por siempre.

A mi compañero de tesis:

Elmer Atilio Umaña, por su esfuerzo, dedicación y apoyo para la realización de esta meta compartida, y así cumplir el objetivo que nos planteamos, muchas gracias.

A mis compañeros y amigos:

Una mención especial para Sandra Leal, Héctor Vargas y Ronald Torres, por su participación directa en la realización de este trabajo. A los de la U: Alberto Funes, Luis Silva, Pérez Chávez el gran “Roger” (Q.E.P.D) y demás compañeros por compartir tantas experiencias, desvelos, parciales, noches de bohemia, y sobre todo el ideal de ser profesionales.

A los de siempre: Jaime Vanegas y Mauricio Clímaco, por sus oraciones y consejos.

A todos ellos y a los que me faltaron gracias por apoyarme a lo largo de mi vida. Solo les digo: ES POR TI.

A todas aquellas personas que de una u otra manera contribuyeron al logro alcanzado.

Mis sinceros agradecimientos.

Francisco Antonio Leal Arteaga

AGRADECIMIENTOS

A DIOS Todopoderoso:

Por estar siempre a mi lado, guiándome durante el desarrollo y culminación de esta etapa de mi vida, si lo he logrado a sido por que El así lo quiso, infinitas gracias Señor.

A mi madrecita:

Maria Luisa González, por su esfuerzo y sacrificio en todo momento y por brindarme todo lo que en sus manos tuviera para poder terminar con éxito mi carrera, que Dios te bendiga y te guarde siempre MADRE QUERIDA.

A mi compañero de tesis:

Francisco Antonio Leal, por su dedicación, apoyo y Especial Esmero en la realización de esta meta compartida, para cumplir el objetivo que nos planteamos, muchas gracias.

A mi amigo:

Roger Ovidio Pérez Chávez (Q.E.P.D) (julio 2001), por su amistad y su gran humildad, gracias y que Dios lo tenga en su gloria.

A todas aquellas personas que de una u otra manera contribuyeron al logro alcanzado.

Mis sinceros agradecimientos.

Elmer Atilio Umaña González

INDICE

CAPITULO I. GENERALIDADES

1.1 Introducción	2
1.2 Antecedentes y planteamiento del problema	4
1.2.1 Antecedentes	4
1.2.2 Planteamiento del problema.	7
1.3 Objetivos, alcances y limitaciones	8
1.3.1 Objetivos	8
1.3.2 Alcances	9
1.3.3 Limitaciones	10
1.4 Justificación	11

CAPITULO II. METODOLOGÍA DEL PROYECTO

Introducción	13
2.1 Conceptos y fundamentos básicos	14
2.1.1 Sistemas de alcantarillado sanitario	14
2.1.1.1 Aspectos sanitarios	14
2.1.1.2 Conceptos y definiciones	14
2.1.1.3 Sistemas de alcantarillado	16
2.1.1.4 Sistema separado absoluto	17
2.1.1.5 Unidades constituyentes de un sistema de alcantarillado sanitario	18
2.1.1.6 Criterios y parámetros de proyecto	18
2.1.2 Obras de drenaje mayor	20

2.1.2.1 Descripción de las obras de paso	20
2.1.2.2 Criterios preliminares de ubicación de las obras de paso	21
2.1.2.3 Estudios previos para el diseño de obras de paso	23
2.1.2.4 Estudio topográfico	24
2.1.2.5 Estudio hidrológico	25
2.1.2.6 Estudio hidráulico	32
2.1.2.7 Estudios geológicos	33
2.1.2.8 Estudio de suelos	35
2.1.2.9 Otros parámetros a tomar en cuenta en el diseño e implementación de obras de paso	39
2.1.3 Estructuras de pavimento en vías urbanas	41
2.1.3.1 Definición de pavimento	41
2.1.3.2 Clasificación de pavimentos	41
2.1.3.3 Pavimentos flexibles	42
2.1.3.4 Estructura de los pavimentos flexibles	42
2.1.3.5 Suelo soportante o subrasante	44
2.1.3.6 Sub-base	44
2.1.3.7 Base	45
2.1.3.8 Carpeta de rodamiento	48
2.1.3.9 Suelo impermeabilizante	49
2.1.3.10 Pavimentos rígidos	49

2.1.3.11 Pavimentos de adoquines	50
2.1.3.12 Pavimentos empedrados	51
2.1.4 Intersecciones viales	52
2.1.4.1 Capacidades y niveles de servicio de las carreteras especiales	52
2.1.4.2 Las velocidades de diseño	53
2.1.4.3 Componentes básicos de la sección transversal	54
2.1.4.3.1 Los carriles de circulación	54
2.1.4.3.2 Hombros o espaldones	56
2.1.4.3.3 Aceras	57
2.1.4.3.4 Bordillos y cunetas.	58
2.1.4.3.5 Drenajes superficial	58
2.1.4.4 Las distancias de visibilidad en carreteras	58
2.1.4.4.1 Distancias de visibilidad de parada	58
2.1.4.4.2 Distancias de visibilidad de adelantamiento	60
2.1.4.4.3 criterios para medir la distancia visual	60
2.1.4.5 El alineamiento horizontal de las carreteras	61
2.1.4.5.1 Curvatura horizontal y sobreelevación	61
2.1.4.5.2 Factor máximo de fricción lateral y tasa de sobreelevación	61
2.1.4.5.3 Radios mínimos y los correspondientes grados máximos de curva	63
2.1.4.5.4 Curvas horizontales de transición	63
2.1.4.5.5 Sobreanchos en curva	64

CAPITULO III. PROPUESTAS DE SOLUCIÓN

Introducción	104
3.1 Diseño de Carriles de Aceleración y Desaceleración.	105
3.1.1 Carriles de Cambio de Velocidad.	105
3.1.2 Parámetro de Diseño.	105
3.1.3 Memoria de Cálculo de Diseño de Carriles de Aceleración y Desaceleración.	106
3.2 Diseño de Obra de Paso.	111
3.2.1 Memoria de Calculo.	111
3.2.1.1 Cálculo Hidráulico.	111
3.2.1.2 Cálculo de Losa	113
3.2.1.3 Cálculo de Muros de Retención	120
3.2.1.4 Rasante de Diseño de Obra de Paso.	126
3.3 Diseño de Pavimento.	127
3.3.1 Variables de Diseño.	127
3.3.1.1 Tráfico.	127
3.3.2 Características Generales de la Subrasante.	130
3.3.3 Materiales para Pavimentación.	131
3.3.3.1 Especificaciones y Requisitos de Materiales.	131
3.3.4 Selección de los Espesores de los Pavimentos.	133
3.3.4.1 Métodos de Diseño.	133
3.3.5 Memoria de Cálculo de Diseño de Pavimento.	133
3.4 Diseño de Aguas Lluvias	141
3.4.1 Generalidades	141
3.4.2 Altimetría de calles y avenidas	141
3.4.3 Ubicación de cordón cuneta cajas tragantes y pozos de visita.	141
3.4.4 Ubicación de tubería de aguas lluvias	142

3.4.5 Diseño de rasantes de tubería	143
3.4.6 Calculo de diámetros de tubería	143

CAPITULO IV. ESTUDIO DE FACTIBILIDAD

4.1 Descripción del proyecto	147
4.2 objetivo del proyecto	147
4.3 Características técnicas del proyecto	148
4.4 Características financieras	149

CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Generalidades	154
5.1.1 Conclusiones	154
5.1.2 Recomendaciones	156
Bibliografía.	158
Anexos.	160

INDICE DE FIGURAS

Fig. II- 1 Estructura de pavimento flexible	43
Fig. II- 2 Esquema básico de la estructura de un pavimento rígido	49
Fig. II- 3 Esquema básico de la estructura de un pavimento de adoquín	51
Fig. II- 4 Intersecciones de tres y cuatro accesos con posibles número de conflictos	77
Fig. II- 5 Intersecciones de tres accesos o en “T”	79
Fig. II- 6 Tipo de intersecciones de cuatro accesos	80
Fig. II- 7 Intersecciones con más de cuatro accesos; su realineamiento	81
Fig. II- 8 Triangulo de visibilidad	89
Fig. III-1 Distancia Recorrida Durante Desaceleración con motor sin usar frenos.	108
Fig. III-2 Distancia Recorrida Durante el Frenado.. . . .	109
Fig. III-3 Sección Hidráulica.	113
Fig. III-4 Detalle de Losa.	114
Fig. III-5 Esquema de Refuerzo	119
Fig. III-6 Muros de Retención.	121
Fig. III-7 Esquemas de Áreas y Fuerzas Actuantes en el Muro.	123
Fig. III-8 Sección de Pavimento de Concreto Hidráulico.	139
Fig. III-9 Sección de Pavimento Asfáltico.	139
Fig. III-10 Sección de Diseño.	140

INDICE DE TABLAS

Tabla 2-a	Velocidades de diseño en Km/h, en función de los volúmenes de tránsito	54
Tabla 2-b	Efecto combinado sobre la capacidad ideal del ancho de carril y la ubicación de las restricciones laterales	55
Tabla 2-c	Anchos mínimos de hombros y aceras	57
Tabla 2-d	Valores máximos típicos para “e” y “f”	62
Tabla 2-e	Clasificación de los terrenos en función de las pendientes naturales	67
Tabla 2-f	Cuadro de diseño de curvas verticales en cresta basados en las distancias de visibilidad de parada y adelantamiento	69
Tabla 2-g	Sobreelevación en curvas de intersecciones	84
Tabla 2-h	Profundidad de los suelos sueltos y/o inadecuados	97
Tabla 2-i	Capacidad de carga del sub-suelo, según la profundidad	98
Tabla 2-j	Datos de CBR muestras obtenidas	99
Tabla 2-k	Parámetros del sub-suelo	100
Tabla 2-l	Parámetros generales de la cuenca	101
Tabla 2-m	Resultados obtenidos estudio hidrológico	102
Tabla 3-a	Longitud de Transición en los carriles de cambio de velocidad	106
Tabla 3-b	Longitud de Carriles de Aceleración	110
Tabla 3-c	Momentos Resistentes	123
Tabla 3-d	Momentos Activos	123

Tabla 3-e Pesos de Vehículos.	129
Tabla 3-f Promedio Semanal de Vehículos de 6:30 a 7:45 a.m.	134
Tabla 3-g Promedio Semanal de Vehículos de 12:30 a 1:45 p.m.	134
Tabla 3-h Flujo Promedio Semanal, Zona de Estudio Colonia Solórzano.	135
Tabla 3-i Flujo Promedio Anual, Zona de Estudio Colonia Solórzano.	135
Tabla 3-j Cantidad de Vehículos Comerciales en la Zona de Estudio	136
Tabla 3-k Datos de CBR de Muestras Obtenidas.	137
Tabla 3-l Diseño de Pavimentos.	138
Tabla 3-m Cuadro de tuberías y pozos de aguas lluvias, colonia Solórzano	145

INDICE DE ANEXOS

Anexo No.1 Mapa del departamento de Santa Ana

Anexo No.2 Ubicación de la zona de estudio colonia Solórzano

Anexo No.3 Fotografías de zona de estudio colonia Solórzano

Anexo No.4 Cuenca Solórzano

Anexo No.5 Carriles de Aceleración y Deceleración

Anexo No.6 Rasante de Diseño Caja Rectangular

Anexo No.7 Rasante de calles y avenidas de la colonia Solórzano

Anexo No.8 Rasante de tuberías y pozos

Anexo No.9 Esquema general de las soluciones

CAPITULO I

GENERALIDADES

I. INTRODUCCIÓN

El notable Incremento de la población de nuestro País, se ha traducido a su vez en un crecimiento desmesurado de las áreas urbanas existentes, así como en la planeación y construcción de nuevos centros urbanos. Este fenómeno se encuentra aparejado con necesidades de orden social, económico, cultural y otras, que es necesario satisfacer muchas veces en situaciones adversas, fundamentalmente por la falta de recursos económicos para ello.

De esta manera es frecuente observar el crecimiento de áreas urbanas en las que es palpable la carencia de viviendas, empleos, servicios básicos y otros problemas que no pueden ser resueltos satisfactoriamente, por demandar para ello la aplicación de fuertes inversiones, que en numerosas ocasiones no pueden realizarse a escala municipal, o bien, deben diferirse realizándose a un ritmo menor que el correspondiente a la demanda.

La ciudad de Santa Ana ha experimentado en los últimos años, un acelerado crecimiento poblacional en el costado Sur-Oriente, donde se ubica la colonia Solórzano, incrementando la demanda de suelo urbanizable y un sistema vial de interconexión entre las urbanizaciones con ejes viales de flujo vehicular mayor que garanticen los niveles de servicio y capacidad que la mayoría no tiene.

En el renglón de servicios, destaca el relativo a la pavimentación de calles y avenidas, no sólo por la importancia que en sí reviste desde el punto de vista urbanístico, sino por el monto de la inversión inicial requerida y sobre todo, el correspondiente al costo de conservación y mantenimiento.

Este último aspecto, el relativo a la conservación y mantenimiento de los pavimentos de una población, debe considerarse trascendental en el desarrollo de un área urbana, toda vez que para su ejecución pueda llegar a requerir inversiones tan importantes, que ahogue económicamente el municipio, restringiendo las inversiones necesarias en otros renglones, o bien, se descuide completamente, con los consiguientes problemas que esta decisión conlleva.

El presente trabajo proporciona un diagnóstico y una solución al problema del bajo nivel de servicio de las calles principales de acceso de la colonia Solórzano al sistema de By Pass en la ciudad de Santa Ana, así como soluciones a los problemas de funcionamiento interno que presentan estas calles entre los que se pueden mencionar la falta de una adecuada estructura de pavimento (sub-base, base y carpeta de rodamiento), también incluirán propuestas para el diseño de sistemas de aguas lluvias y aguas negras de la colonia Solórzano para aumentar la calidad de vida de los pobladores de dicha colonia.

1.2 ANTECEDENTES Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.2.1 ANTECEDENTES

El municipio de Santa Ana es parte del departamento de su mismo nombre, su área territorial es de 400.5 Km² considerado uno de los municipios de mayor extensión de El Salvador, para su administración se divide en 35 cantones y 318 caseríos.¹

El relieve topográfico del municipio esta conformado, en su zona sur, por la sierra de Apaneca-volcán de Santa Ana; en su zona norte, por una conformación de cerros discontinuos.

Entre ambos se encuentra el amplio valle donde se emplaza la ciudad de Santa Ana cabecera departamental (ver anexo No.1). La ciudad se encuentra limitada al oeste por el cerro Santa Lucia y al este por el cerro Tecana. La pendiente del valle esta orientada de sur a norte cuenta con vías de comunicación terrestre, como la carretera panamericana que atraviesa dicha ciudad, comunicándola con la ciudad de San Salvador, la ciudad de Candelaria La Frontera y la Republica De Guatemala, desprendiéndose de esta la carretera que conduce hacia las ciudades de Chalchuapa y Ahuachapán; existe una vía rápida que de Santa Ana conduce a la ciudad de Sonsonate, el By Pass que une los puntos sur y norte de Santa Ana, lo cual conduce a la ciudad de Metapan, y Puesto Fronterizo Anguiatú; también existen ramales férreos que atraviesan el municipio uniéndolo con las ciudades de San Salvador, Sonsonate, Chalchuapa y Metapan.

La organización física de la ciudad ha sufrido una profunda transformación en los últimos veinte años. Si se comparan los planos de ocupación física del territorio del plan de desarrollo urbano de 1982 con los actuales, puede concluirse que la ciudad se ha crecido mucho más hacia el sur, desbordándose desde la 31 calle poniente.

¹ Plan de Desarrollo Urbano de la Ciudad de Santa Ana, El Salvador, Barcelona 1999.

En los años 1975 al 1976 se inicia la aprobación de la lotificación el Solórzano la cual es de carácter progresivo diseñada para personas de escasos recursos de aquella época, a finales de los años 80 y principios de los 90 se dio un incremento de urbanizaciones en la parte sur-oriente de la ciudad de Santa Ana entre las cuales destacan La Heroica, Bella Santa Ana, las cuales se unieron a un bloque de lotificaciones de carácter progresivo como lo son Colonia Piramidal, Barrio El Ángel, Colonia 5 de marzo(ver anexo 2).

La colonia Solórzano desde su fundación a presentado históricamente las siguientes características y problemas dentro de su escaso y casi nulo desarrollo; falta de sistema de aguas lluvias ya que por lo favorable de la topografía del terreno esta corría superficialmente.

El sistema sanitario de la colonia Solórzano utilizado épocas atrás fueron las letrinas de hoyo seco, en la actualidad se tiene el sistema de fosa séptica lo que indica la falta del servicio de alcantarillado sanitario en la colonia Solórzano. Las calles que intercomunican la lotificación que ahora es colonia siguen sin tener capa de pavimento son de tierra (ver anexo No.3). El sistema de agua potable se coloca a principios de los 80 así como la red de tendido eléctrico y, además la red telefónica*

En la actualidad la colonia Solórzano tiene las siguientes colindancias distribuidas de la siguiente manera al norte con la colonia piramidal y barrio el ángel, al oriente con la colonia 5 de marzo y el nuevo colegio San José, al sur con la urbanización Bella Santa Ana, y al occidente con el sistema de By Pass.

Para realizar un mejoramiento de la colonia Solórzano, se han efectuado las gestiones que se presentan a continuación como un esfuerzo de la directiva de la colonia para beneficiar a los aproximadamente 600 personas que la habitan.

* FUENTE: Entrevista con los pobladores de la colonia Solórzano, Santa Ana abril 2002

Implementación del sistema de aguas negras en los años siguientes, en el año de 1995 con la institución FISDL la cual no se llevo acabo por el alto costo de la obra aunque se desglosó en dos etapas en el sector a cubrir.

En el año de 1996 se elaboro una carpeta técnica sobre el sistema de aguas negras a la Alcaldía Municipal De Santa Ana que también no fue aprobada por su alto precio.

En el año de 1999 se elaboró otra carpeta técnica con la que se tramito su factibilidad con ANDA no obteniéndose respuesta favorable; históricamente son los intentos que se han realizado para mejorar las condiciones de vida de la población* .

* FUENTE: Entrevista con los pobladores de la colonia Solórzano, Santa Ana abril 2002

1.2.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La parte Sur-Oriente de la ciudad de Santa Ana donde se ubica la colonia Solórzano, se encuentra en pleno desarrollo físico, poblacional, comercial además de ser un área óptima para el desarrollo residencial de densidad media-baja, este sector es comunicado casi en su totalidad por una arteria de mayor flujo vehicular llamada By Pass que sirve para descongestionar la parte central de la ciudad del tráfico pesado y del que se dirige hacia el norte del departamento de Santa Ana (Metapan, puesto fronterizo Anguiatú, y otros). Lo cual demanda un diseño de acceso vehicular de las colonias y urbanizaciones adyacentes al sistema de by pass que cumpla con las características de seguridad y comodidad adecuada.

De lo anteriormente expuesto será necesario realizar un diagnóstico detallado de la condición vial interna de la colonia Solórzano que devenga en la realización de obras de ingeniería que garanticen la correcta incorporación de la colonia con el sistema de By Pass, además de las que deben realizarse para mejorar la calidad de vida de sus habitantes como lo son sistemas de aguas lluvias, aguas negras y obras de drenaje mayor.

Lo anterior conlleva a la realización del estudio llamado “Propuesta De Integración Vial De La Colonia Solórzano Al Sistema De By Pass De La Ciudad De Santa Ana”

1.3 OBJETIVOS, ALCANCES Y LIMITACIONES

1.3.1 OBJETIVOS

GENERALES:

- * Mejorar la calidad de vida de los habitantes de la colonia Solórzano a través del proyecto denominado “ Integración Vial de la Colonia Solórzano al Sistema de By Pass de la Ciudad de Santa Ana”

ESPECIFICOS:

- * Investigar las condiciones actuales de desarrollo de la colonia Solórzano.
- * Realizar el diagnostico de las obras civiles necesarias que contribuyan, al mejoramiento ambiental de la colonia Solórzano.
- * Proponer una alternativa para la mejora de la red vial interior de la zona de interés en la colonia Solórzano a través de la integración al sistema del by pass.

1.3.2 ALCANCES

- * Realizar un diagnóstico físico del sistema vial interno, problema de alcantarillado sanitario y problemas de drenaje superficial en la calle Capitán Guzmán y Valparaíso de la colonia Solórzano.

- * Rediseño del alineamiento horizontal y vertical para la red vial de la colonia Solórzano de las calles antes mencionadas.

- * Realizar un estudio de suelos detallado, y disponer de los diferentes resultados para realizar las propuestas de diseño en las cuales se necesiten dichos datos.

- * Elaborar el diseño de la estructura de pavimento, aguas negras, aguas lluvias y la obra de drenaje mayor.

- * Elaborar el presupuesto de cada una de las obras propuestas tal es el caso del pavimento, aguas negras, aguas lluvias y obra de paso sobre la quebrada Sinaí.

1.3.3 LIMITACIONES

- * El riesgo existente en el sitio, para trabajar con equipo de campo y laboratorio.
- * Colaboración de los residentes de la colonia Solórzano, en el aporte de información y apoyo logístico en la realización del proyecto.

1.4 JUSTIFICACIÓN

Los sistemas de alcantarillado sanitario son factores básicos para el desarrollo saludable y correcto de una comunidad, actualmente la colonia Solórzano no cuenta con este servicio, con el diseño de un adecuado y funcional sistema de alcantarillado sanitario se iniciara la solución de una problemática muy compleja en el sector de la colonia Solórzano. Otra situación desfavorable en la zona de estudio la establece la presencia geográfica de la quebrada sinaí, aquí se obstaculiza la red vial de la colonia Solórzano, especialmente en la calle Capitán Guzmán ya que existe una bóveda con un diseño obsoleto que no responde a las exigencias del tráfico vehicular que se ha visto en aumento por la nueva ubicación del Colegio San José, sobre todo en horarios de entrada y salida de alumnos lo que produce el congestionamiento vehicular debido a la inseguridad estructural de la bóveda que representa para el usuario. Con el diseño de una nueva obra de paso en este punto se logrará seguridad y comodidad para el tráfico vehicular.

Sumado a lo anterior se busca solucionar la integración de las calles principales de la colonia Solórzano al sistema de by pass, ya que se favorecerá la transición vehicular de una arteria de flujo mayor de automotores hacia un flujo interno de vehículos que es sustancialmente menor, implementando los criterios de circulación cómoda y segura tan necesaria en este tipo de maniobras de enlace de tráfico.

Con la realización del previo estudio que anticipa todos los diseños planteados anteriormente se pretende marcar el inicio de un desarrollo integral económico social que aumente la calidad de vida de los habitantes de la colonia Solórzano.

Por lo anteriormente expuesto es justificable la elaboración del proyecto “Integración Vial De La Colonia Solórzano Al Sistema De By Pass De La Ciudad De Santa Ana”

CAPITULO II
METODOLOGÍA DEL
PROYECTO

INTRODUCCIÓN

Dentro del siguiente capítulo denominado metodología del proyecto, se presenta el marco teórico de referencia que contiene los conceptos más importantes de la investigación, el cual se divide en cuatro grandes aspectos como son los siguientes; sistemas de alcantarillado sanitario, estructuras de drenaje mayor, estructuras de pavimento en vías urbanas e intersecciones viales.

Los diferentes procesos y actividades realizadas tanto en campo y oficina, son descritos ordenadamente, dentro de dichos procesos se menciona visitas técnicas, levantamiento topográfico, estudio de suelos, estudio hidrológico con los cuales se recolectaron datos y características de la zona de estudio los cuales serán utilizados para la elaboración de las propuestas de solución, basándose en lo anterior se elaboró un diagnóstico general de las características de la zona en las cuales se incluyen problemas de geometría de la red vial, drenajes, alcantarillado, estructuras de pavimento, detallándose cada uno de estos de una manera lógica y ordenada destacando los problemas de mayor importancia para el mejoramiento de la zona de estudio.

Para finalizar el capítulo se presenta un resumen de los resultados obtenidos en los diferentes estudios realizados, se incluyen tablas de resultados, cuadrantes topográficos y mapas de la zona de estudio.

2.1 CONCEPTOS Y FUNDAMENTOS BASICOS

2.1.1 SISTEMAS DE ALCANTARILLADO SANITARIO

2.1.1.1. ASPECTOS SANITARIOS

La implantación de un sistema público de abastecimiento de agua genera la necesidad de recogida, alejamiento y disposición final de aguas servidas, constituyendo estos junto con el primero, servicios de infraestructura indispensables a toda comunidad civilizada.

En ciudades beneficiadas por un sistema público de abastecimiento de agua y todavía carentes de sistemas de alcantarillados sanitarios, las aguas servidas terminan contaminando el suelo, contaminando las aguas superficiales y freáticas y frecuentemente pasan a fluir por las zanjas y cunetas constituyéndose en peligrosos focos de diseminación de enfermedades.

Con la construcción del sistema de alcantarillados sanitarios en una comunidad, se busca alcanzar los siguientes objetivos más importantes:

- a) Mejoría de las condiciones sanitarias locales y el consecuente aumento de la productividad.
- b) Conservación de recursos naturales.
- c) Recogida y alejamiento rápido y seguro de las aguas residuales.
- d) Disposición adecuada, sanitariamente hablando del efluente.
- e) Eliminación de focos de contaminación, así como de aspectos estéticos (por ejemplo, olores desagradables).

2.1.1.2. CONCEPTOS Y DEFINICIONES

Se define como sistema de alcantarillado, el conjunto de obras e instalaciones destinadas a propiciar la recogida, evacuación, acondicionamiento (depuración cuando sea necesaria) y disposición final desde el punto de vista sanitario de las aguas servidas de una comunidad.

Teniendo en cuenta que el ingeniero debe emplear con precisión la terminología adecuada, se presenta a continuación un conjunto de conceptos y definiciones normalmente utilizados en la elaboración de proyectos y operación de sistemas de alcantarillados sanitarios.

1. Aguas residuales: Líquidos residuales o efluentes de sistemas de alcantarillados constituyen las aguas residuales domésticas y los desechos de las industrias.
2. Aguas residuales domésticas o desechos domésticos: Desechos líquidos de las casas habitación, establecimientos comerciales, instituciones y edificios públicos. Incluyen las aguas inmundas o negras y las aguas servidas.
3. Aguas inmundas o aguas negras: Es la parte de aguas residuales que contienen las materias fecales.
4. Aguas servidas: Efluentes que originan las operaciones de limpieza y lavado.
5. Desechos: Desagües de las casas, excluidas las aguas de lluvia.
6. Aguas residuales de las industrias o desagües industriales: Son los efluentes de las operaciones industriales.
7. Aguas de infiltración: Parte de las aguas del subsuelo que penetra en las tuberías de las alcantarillas a través de las uniones.
8. Aguas de lluvia o pluviales: Aguas de lluvias que escurren superficialmente.
9. Sistema combinado de alcantarillado: Sistema de alcantarillas en que las aguas residuales, las aguas pluviales y las aguas de infiltración fluyen por las mismas tuberías.
10. Sistema separado: Comprende dos sistemas diferentes de tuberías, uno para las aguas residuales (y aguas de infiltración) y el otro destinado exclusivamente a las aguas pluviales.

11. Sistema semicombinado: También comprende dos sistemas de tuberías, no obstante es considerada la introducción de una parte definida de aguas pluviales en las tuberías de aguas residuales (aguas pluviales que se originan en áreas pavimentadas internas, terrazas y tejados de los edificios).
12. Red de alcantarillado: Conjunto de "tuberías comprendiendo colectores secundarios, colectores-troncales, interceptores, estaciones elevadoras, sifones invertidos y equipo
13. Colector domiciliario: Tubería que conduce las aguas residuales de los edificios hasta la red de alcantarillas.
14. Colector de alcantarillas o colector secundario: Tubería de pequeño diámetro que recibe los efluentes de los colectores domiciliarios.
15. Colector troncal. Tubería principal: de mayor diámetro que recibe los efluentes de varios colectores de alcantarillas, conduciéndolos a un interceptor o emisor.
16. Emisor: Conducto final de un sistema de alcantarillas sanitarias, destinado al alejamiento de los efluentes de la red hasta el lugar de descarga, sin recibir contribuciones en marcha o en su transcurso.
17. Equipo accesorio: Obras e instalaciones complementarias del sistema de alcantarillados sanitarios. Comprenden pozos de inspección, tanques de lavado, etc.
18. Pozos de inspección: Dispositivos de inspección situados en puntos obligatorios o convenientes de las tuberías y obras de alcantarillas.

2.1.1.3. SISTEMAS DE ALCANTARILLADO

Para la recogida y alejamiento de las aguas pluviales y residuales de las ciudades, son adoptados los siguientes sistemas de alcantarillado a) sistema combinado, b) sistema semicombinado, c) sistema separado

En el primer caso, la red sanitaria es construida para recoger y conducir las aguas servidas junto con las aguas pluviales y el sistema es conocido bajo la denominación de combinado. Es obvio que las dimensiones de los conductos resultan relativamente grandes y las inversiones iniciales frecuentemente muy altas.

Durante algún tiempo se trató de reducir el volumen de la descarga de aguas pluviales mediante la adopción de sistemas semicombinados, admitiendo en la red de alcantarillado solamente una parte de las aguas de lluvia provenientes de los domicilios.

Posteriormente fue introducido el sistema separado de alcantarillas, concebido para recibir exclusivamente las aguas residuales de la actividad urbana, haciéndose el alcantarillado de las aguas pluviales en sistema propio e independiente.

2.1.1.4. SISTEMA SEPARADO ABSOLUTO

El sistema separado absoluto ofrece las siguientes ventajas:

- a) Las tuberías, de dimensiones menores, favorecen el empleo de tubos de barro vitrificado y de otros materiales (concreto, PVC, fibra de vidrio), facilitando la ejecución y reduciendo el costo y plazos de construcción.
- b) Dentro de una planificación integrada, es posible la ejecución de las obras por partes, construyéndose y extendiéndose, en primer término la red de mayor importancia para la comunidad, con una inversión inicial menor.
- c) El alejamiento de las aguas pluviales se facilita admitiendo evacuaciones múltiples en sitios más cercanos.
- d) Las condiciones para el tratamiento de alcantarillas son mejores para evitar la contaminación de las aguas receptoras en caso de *desbordamientos* que se registran durante períodos de lluvias intensas.

2.1.1.5. UNIDADES CONSTITUYENTES DE UN SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO.

Un sistema de alcantarillado sanitario comprende

1. Tuberías:
 - a) colectores [secundarios y principales (troncales)]
 - b) interceptores
 - c) emisores
 - d) sifones invertidos (si son necesarios)
2. Equipo complementario accesorio:
 - a) pozos de inspección
 - b) tanques de lavado (cuando sean necesarios)
3. Plantas de bombeo (cuando sean inevitables)
4. Estaciones de tratamiento (si son necesarias)
5. Obras de disposición final

2.1.1.6. CRITERIOS Y PARÁMETROS DE PROYECTO

a) Área Hidráulica de los Conductos

Los colectores, interceptores y emisarios son proyectados para funcionar como conductos libres. En estas condiciones, siempre se conoce la dirección de flujo del líquido, al contrario de lo que sucede para las redes de agua (en forma de malla o circuito).

Los colectores son proyectados para trabajar, como máximo, a la media sección, destinándose la mitad superior de los conductos a la ventilación del sistema y a las imprevisiones y oscilaciones excepcionales del nivel.

Los interceptores y emisores que reciben efluentes de redes relativamente extensas, que corresponden a poblaciones tributarias mayores, están sujetos a menores variaciones de caudal y por ello pueden ser dimensionados para funcionar con tirantes de $2/3$ a $4/5$ del diámetro (o altura de los conductos).

b) Diámetro Mínimo

El diámetro mínimo de los colectores sanitarios es establecido de acuerdo con las condiciones locales.

Área exclusivamente residenciales	150 mm
Área de ocupación indiscriminada y áreas industriales	200 mm

c) Profundidad

Se establece como profundidad mínima tolerada 1,50 m (en relación con la generatriz inferior de los tubos), para posibilitar las conexiones domiciliarias y proteger los tubos contra cargas externas. Sin embargo, ese valor debe ser considerado excepcional y apenas admisible en los tramos de situación desfavorable.

La profundidad óptima, generalmente, está comprendida entre 2,00 y 2,50 m para facilitar la conexión de los inmuebles y evitar interferencias de los colectores domiciliarios con otras tuberías.

La profundidad máxima se relaciona con la economía del sistema que tiene en cuenta las condiciones de ejecución y mantenimiento de la red pública y de los colectores domiciliarios (conexiones). El valor 4,50 m puede ser tomado como una indicación frecuente que sin embargo es excedida en tramos relativamente cortos, con la finalidad de evitar instalaciones de bombeo.

d) Materiales

Los tubos de barro vitrificado pueden ser considerados el material ideal para redes del alcantarillado sanitario.

Otros materiales comúnmente empleados son: tubos de concreto, de asbesto-cemento, de hierro fundido, de PVC, de fibra de vidrio, etc.

Los materiales a base de cemento son menos resistentes a las evacuaciones desagradables (residuos industriales).

Los tubos de hierro fundido solamente son aplicados en situaciones especiales (tramos de pequeño recubrimiento, tramos de velocidad excesiva, etc.).

Los pozos de inspección son ejecutados con ladrillos pulidos, mampostería de concreto o con piezas pre-modeladas de hormigón.

2.1.2 OBRAS DE DRENAJE MAYOR

2.1.2.1 DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS DE PASO

Para realizar el correcto análisis de un problema particular relacionado con el cruce de una depresión natural, el diseño de la obra hidráulica de paso que dé solución al mismo, comenzará por obtener los conocimientos técnicos básicos necesarios sobre dicha estructura.

Las obras hidráulicas de paso son estructuras utilizadas para vencer los obstáculos existentes en el terreno como: ríos, arroyos, hondonadas, cañadas, etc. Dichas obras se pueden clasificar así:

1. Estructuras que sirven para la conducción de agua, entre las cuales se encuentran:

- Sifones: Son conductos cerrados diseñados para trabajar a tubo lleno, mediante la acción de la gravedad.

- Puentes canales: Son canales de sección variable (rectangular, semicircular, etc.) soportadas por pilares; estas estructuras son empleadas para el paso del agua sobre una depresión.
- Puentes colgantes: Estructuras utilizadas para el cruce de tuberías sobre obstáculos naturales; estas estructuras están constituidas por cables tendidos a partir del extremo superior de las torres de soporte.
- Alcantarillas: Son conductos que llevan el agua a través de un terraplén.
- Bóvedas: Estructuras de sección transversal semicircular, parabólica, etc., cuyo espesor es reducido con respecto a las dimensiones de la misma.

2. Estructuras que no son diseñadas para la conducción de agua. Dentro de esta clasificación se citan las siguientes:

- Puentes: Son estructuras empleadas para salvar aquellos cauces, cuya sección transversal sea muy ancha o de gran profundidad respecto a la rasante del camino.
- Pilotes: Estructuras utilizadas como soporte para el cruce de tuberías sobre depresiones topográficas.

La clasificación anterior está realizada basándose en la utilidad que presta cada estructura contemplada; dicha utilidad varía desde el paso de tuberías y canales por barrancas, hasta el caso de estructuras que mediante el drenaje de caminos, permiten el acceso de personas, vehículos, etc, a comunidades que se encuentran aisladas en épocas lluviosas por efectos de las crecidas en los ríos y quebradas.

2.1.2.2 CRITERIOS PRELIMINARES DE UBICACIÓN DE LAS OBRAS DE PASO

El diseño de una obra de paso presenta la necesidad de establecer su ubicación y dependiendo de si la estructura tiene o no relación con el cauce de un río, lo que se representa:

a) Para el caso de obras que están relacionadas con el cauce de un río, es importante definir la ubicación del área de donde se tomarán las referencias o características del posible lugar de ubicación de la obra, con el objeto de definir los puntos de estudio. Dichos puntos pueden presentar los siguientes casos:

1. El cauce está perfectamente definido y la ubicación de la obra es evidente. En este caso se respetan al máximo las condiciones naturales del cauce.
2. Cuando el cauce de las corrientes es divagante e indefinido.

Básicamente, la ubicación se define con el reconocimiento del lugar, el cual puede presentar varios casos:

- El área del cruce para la obra de paso se localiza en su punto de control. Este caso presenta condiciones ideales.
- La línea de cruce de la obra de paso se encuentra en ladera, por lo cual se daría un drenaje fácil, ya que drenaría áreas pequeñas.
- La línea se encuentra ubicada en lomerío. En este caso dificulta la aplicación de cuencas drenadas.
- Línea ubicada en terreno plano. En este caso el estudio del drenaje es difícil, ya que las áreas de las cuencas son complicadas de definir.

La ubicación de la obra se realiza tratando de no alterar las condiciones normales del cauce, o que éstas se mantengan con la menor perturbación posible, por lo que se presentan a continuación las condiciones ideales que deberían satisfacerse:

- El cauce debe ser en lo posible definido.
- El cruce debe hacerse en un tramo recto del cauce, procurando que forme un ángulo de 90° con respecto al eje del camino.

- No deben existir trastornos hidráulicos locales (islas, pozos, socavaciones, erosiones, etc.)
- Los taludes de las márgenes del cauce deberán ser uniformes procurando una semejanza de un canal artificial.
- El cauce en el punto de cruce, debe ser lo más estrecho posible.
- Debe existir un suelo adecuado para la cimentación.
- El nivel de aguas máximo para el cual se diseña la obra debe ser manejado naturalmente por el cauce, sin que éste sea obligado hidráulicamente a ello.

b) Cuando la obra de cruce no tiene relación con el cauce de un río, la estructura se colocará basándose en la ruta que ésta cruza, tratando de mantener las características de flujo del fluido a conducir o las cargas vivas a soportar. A la vez se toma en cuenta que el diseño geométrico de la carretera, algunas veces obliga a ubicar la obra que se pretende implementar en un lugar determinado.

2.1.2.3 ESTUDIOS PREVIOS AL DISEÑO DE OBRAS DE PASO

Las obras de paso o cruce, son estructuras que se utilizan para salvar arroyos, hondonadas, cañadas, y otras. Además pueden constituir el drenaje transversal en caminos o carreteras. Para el diseño de una obra de paso, es indispensable establecer los estudios básicos necesarios para tal fin, los cuales se realizarán de tal manera que permitan conocer y definir los diferentes pasos y actividades requeridas para su desarrollo. Los estudios mencionados comprenden entre otros, los siguientes: Estudio Hidrológico, Estudio Hidráulico, Estudio Geológico, Estudio Topográfico y Estudio de Mecánica de Suelos. Cabe mencionar, que la amplitud y profundidad de cada uno de dichos estudios, dependerá del grado de importancia y/o envergadura de la obra a diseñar.

2.1.2.4 ESTUDIO TOPOGRÁFICO

Se puede decir que estos estudios, constituyen el primer paso a seguir para el diseño de una obra civil en particular y tienen como finalidad, proporcionar información sobre la planimetría y altimetría del terreno, estableciendo las posiciones relativas de los puntos situados por encima y por debajo de la superficie terrestre, con las cuales será posible posteriormente, el trazo de las curvas de nivel para la elaboración de planos.

La información mencionada anteriormente, puede ser recopilada por medio de un levantamiento topográfico, para lo cual pueden utilizarse los siguientes métodos:

- Levantamiento por radiaciones.
- Levantamiento de la poligonal de contornos por medio de ángulos internos, conservación de azimutes o deflexiones, ya sea por estadía o por medida directa.
- Levantamiento mediante Estación Total.

Estos estudios topográficos pretenden:

- Justificar la elección del cruce.
- Fijar la posición del eje de la obra y esquematizar su posible ubicación.
- Estimar los volúmenes de obra para ubicar de forma aproximada las excavaciones o rellenos a efectuar.

Sobre el eje del camino, se requiere además, conocer el cadenamamiento y cota del terreno, así como la subrasante y ángulo de esviajamiento en el lugar donde se emplazará la obra de cruce, para lo cual será necesario trazar y nivelar el fondo del cauce.

De ser necesario en esta etapa, deberán efectuarse las rectificaciones y modificaciones respectivas al cauce, con el objeto de minimizar los volúmenes de obra a remover y en lo posible, prever las erosiones que pueden causarse principalmente a la salida de la obra.

2.1.2.5 ESTUDIO HIDROLÓGICO

A) Conceptos Básicos

Hidrología: Se define como el estudio de la ocurrencia y distribución de las aguas naturales en el globo terrestre.

La definición anterior, precisa del conocimiento de los conceptos recarga y escurrimiento. El primero se relaciona con el agua subterránea y el segundo, con el agua superficial. A continuación se presenta la definición y clasificación del concepto escurrimiento, por ser de finalidad primordial en el presente estudio.

Escurrecimiento: Se define como el agua proveniente de la precipitación que circula sobre o debajo de la superficie terrestre y que llega a una corriente para finalmente, ser drenada hasta la salida de la cuenca. Se clasifica en:

- 1. Escurrecimiento Superficial O Escurrecimiento Directo:** Parte del escurrimiento que viaja sobre la superficie del terreno hasta alcanzar la salida de la cuenca.
- 2. Escurrecimiento Sub - Superficial:** Parte del escurrimiento que se infiltra a través de la superficie del suelo y aunque su recorrido es más lento, puede convertirse durante el mismo en superficial o subterráneo, dependiendo de la permeabilidad del estrato de suelo presente.
- 3. Escurrecimiento Subterráneo O Escurrecimiento Base:** Parte del escurrimiento debido a una percolación profunda de agua infiltrada en el subsuelo. Se utilizará el término escurrimiento, para referirse al escurrimiento superficial, por ser éste el de mayor injerencia para el estudio de las obras de paso.

B) Propósito de los Estudios Hidrológicos

La Ingeniería Hidrológica tiene como objetivo el desarrollo de proyectos que permitan la construcción de obras que hidráulicamente proporcionen alta funcionalidad al menor costo.

Por lo tanto, al proyectar una obra hidráulica de gran envergadura, se requiere de la estimación del caudal en avenidas máximas extraordinarias, que llegarán a dicha estructura en un período determinado, principalmente con el objeto de determinar el nivel de aguas que pueda alcanzar dicha avenida.

Un proyectista, al planear una obra, nunca estará seguro de precisar las condiciones a las cuales quedará sujeta dicha obra. Para el caso, un proyectista estructural, conoce las cargas impuestas a su estructura, pero no tiene seguridad de que estas cargas no serán excedidas. No conoce qué cargas por viento o por sismo pueden ejercerse sobre la estructura. Tomará en cuenta esta incertidumbre, haciendo consideraciones razonables y utilizando un amplio factor de seguridad. De forma análoga, el ingeniero encargado de los estudios hidráulicos estará menos seguro de los escurrimientos que afectan al proyecto.

Las incertidumbres hidrológicas no son de ninguna manera únicas del diseño hidráulico, porque las demandas futuras de aguas, los beneficios y los costos, todos son inciertos en determinado grado, pero un error serio en las estimaciones de la Hidrología, previsto o esperado, pueden tener efectos devastadores sobre la economía del proyecto, de aquí que la importancia de una acertada determinación del caudal en avenidas máximas extraordinarias, en él ó los puntos de control, radica en las consecuentes pérdidas económicas (incluso humanas), que puedan producirse por una subestimación de dicha avenida.

C) Factores que incluye el estudio hidrológico

El análisis que comprende el estudio hidrológico, se realiza basándose en el estudio de los factores que afectan el escurrimiento del agua, entre los cuales están:

- a) Cantidad y tipo de la precipitación.
- b) Intensidad de la precipitación.

- c) Tamaño de la cuenca.
- d) Pendiente a lo largo del cauce.
- e) Permeabilidad de suelos y rocas.
- f) Condiciones de saturación.
- g) Cantidad y tipo de vegetación.

D) Métodos para la determinación del caudal de diseño

Los aspectos ya mencionados, junto al acceso a los datos disponibles, dirigirán el método a seleccionar para calcular el caudal. Dichos métodos a emplear son los siguientes:

- a) Métodos Empíricos.
- b) Métodos Estadísticos.
- c) Métodos Hidrometeorológicos.

Para la descripción de los métodos anteriores, se requiere del conocimiento de algunos conceptos básicos sobre cuencas, con el propósito de lograr una mayor comprensión de los mismos.

E) Conceptos básicos sobre cuencas

Cuenca: Se define como una zona de la superficie terrestre en donde (si fuera impermeable), las gotas de lluvia que caen sobre ella tienden a ser drenadas por el sistema de corrientes hacia un mismo punto de salida.

La línea imaginaria que limita una cuenca de otra cuenca vecina, se llama Parte aguas, está formada por los puntos de mayor nivel topográfico. Entre los parámetros de mayor importancia que define el comportamiento de las cuencas, se tiene:

- a) **Forma:** Por su forma, las cuencas pueden ser típicas, achatadas, alargadas, etc.

- b) **Área:** Es la medida de la superficie de la cuenca en proyección horizontal, la cual se encuentra delimitada por sus líneas imaginarias que forman el parte aguas. Entre los métodos más utilizados para el cálculo, se tienen: el procedimiento basado en la aproximación a figuras geométricas conocidas y el uso del planímetro, siendo el segundo el más exacto.
- c) **Cauce Principal:** Aquel cauce en el cual su distancia resulta más larga en el recorrido del río.
- d) **Pendiente Media:** La pendiente media del cauce principal es igual al desnivel entre los extremos de la corriente, dividido entre su longitud medida en planta.

F) Tiempo de Concentración

Supóngase que en una cuenca impermeable se hace caer uniformemente una lluvia de intensidad constante durante un largo tiempo. Al principio, el caudal que sale de la cuenca será creciente con el tiempo, pero llegará un momento en que alcance un punto de equilibrio, es decir, en que el volumen que entra por unidad de tiempo por la lluvia, sea el mismo que el caudal de salida de la cuenca. El tiempo que transcurre entre el inicio de la lluvia y el establecimiento del caudal de equilibrio, se denomina tiempo de concentración y equivale al tiempo que dura el viaje de una gota de agua, desde el punto más alejado de la cuenca, hasta el sitio de consideración (el punto donde se determina el caudal); naturalmente, el tiempo de concentración depende de la longitud máxima que debe recorrer el agua hasta la salida de la cuenca y la velocidad que adquiere, en promedio de la misma.

Esta velocidad está en función de las pendientes del terreno, de los cauces y de la rugosidad de la superficie de los mismos.

G) Periodo de Diseño

Es el período de tiempo promedio entre la ocurrencia de una creciente de cierta magnitud y la ocurrencia de otra igual o mayor; este período es el que se utiliza para diseñar una obra de drenaje.

Los puentes y bóvedas deben diseñarse para transitar avenidas con períodos de retorno iguales o mayores al período de servicio para el cual se diseñan estas estructuras, o tomando en cuenta la importancia de la obra. Sin embargo, debido a que las curvas de intensidad, duración y frecuencia (I-D-F) están calculadas para lluvias normales de 24 horas de duración máxima, y la distribución de frecuencia de las tormentas es diferente a la distribución de lluvias convectivas, se recomienda usar períodos de retorno entre 25 y 50 años, para el diseño de obras de paso.

H) Método de California para el análisis de pequeñas cuencas

Generalidades

Este método implica criterios y cálculos más relevantes que se efectúan en un análisis hidráulico del sistema de drenaje superficial de aguas lluvias para cualquier zona en particular.

Objetivos del Estudio Hidrológico

- a) Determinar el caudal máximo probable que fluye a través de las quebradas que atraviesan la zona de interés.
- b) Revisión de la capacidad hidráulica de las obras de paso, que desalojará el caudal que generen las subcuencas en estudio.

Información básica para la elaboración del estudio hidrológico

En la elaboración de un estudio se tiene en consideración la siguiente información:

- a) Mapas topográficos, escala 1:25,000 de la zona en estudio.

- b) Visitas de campo para complementar información sobre condiciones de drenaje existente, así como también verificación del uso del suelo y tipo de vegetación.
- c) Información sobre precipitación acontecida y registrada en las estaciones meteorológicas de la zona.
- d) Investigación de la magnitud de las crecidas de las quebradas en estudio a la altura de los puntos de interés o descarga, así como aguas abajo de las mismas.

Características generales de las cuencas

- a) *Topografía*: La superficie del terreno en estudio puede variar de plano, ligeramente inclinado y fuertemente inclinado formando pequeñas quebradas y ríos en la superficie de la zona de estudio.

Así también la forma de la subcuenca influye en el escurrimiento, ya que una cuenca larga, estrecha y en la parte superior de pendientes fuertes, requiere un tiempo mínimo de concentración para el agua precipitada a concentrarse en el punto de interés.

- b) *Suelo y vegetación*: Las características de la zona de estudio requieren una investigación respecto a los suelos, lo que nos muestra si estos poseen o no una alta capacidad de infiltración debido a los materiales que se encuentran, lo que influye en el drenaje superficial.
- c) *Clima*: Estrechamente relaciona al tipo de vegetación con potencial de desarrollo en esas condiciones y las precipitaciones de la zona.

Características geométricas de las subcuencas

Las cuencas hidrológicas se analizan considerando el área de influencia de cada una de estas determinando su parte-aguas. Teniendo conformada la cuenca hidrológica se identifican y evalúan sus características geométricas más importantes las cuales son:

- a) **Forma:** las características respecto a su largo, ancho y distribución de la red de drenaje superficial.
- b) **Pendiente:** la pendiente del terreno es un factor importante en el proceso del flujo de superficie y por lo tanto un parámetro hidrológico de interés.

Los métodos utilizados para el cálculo de las pendientes de las quebradas en estudio se determinan de la siguiente manera:

- b.1) Por medio de método directo: clinómetro.
- b.2) Por medio del alfiler: para poder obtener la pendiente media, primero se hace un reconocimiento visual detectando zonas con diferentes inclinaciones, en los cambios de sección se toman las elevaciones, con las distancias tomadas del cuadrante topográfico y estas elevaciones se determinan las pendientes por cada tramo, posteriormente con todas estas pendientes se determina la pendiente media por análisis estadístico. Por medio de planos topográficos: se toman del plano las cotas correspondientes a la elevación máxima y mínima de la subcuenca en estudio, de la semisuma se obtiene la pendiente media.

Luego de obtener las pendientes por los métodos anteriores se comparan y se verifican que los datos obtenidos sean similares.

- c) **Elevación:** las variaciones de elevación en el interior de las subcuencas así como la elevación media son datos necesarios para el estudio de la temperatura y la precipitación. Esto a la vez indica la energía potencial del sistema.

- d) **Área y perímetro:** estas características de las subcuencas se determinan utilizando la tecnología moderna tomando como principal recurso el programa AutoCAD R14 que simplifica de manera sorprendente este proceso dejando atrás los métodos antiguos tales como el uso del planímetro, la cuadrícula y las coordenadas. De esta manera se obtienen datos más precisos y confiables, puesto que se reduce el error por factor humano e instrumental.

Estimaciones de Caudales

Para la estimación de los caudales de las escorrentías que generan las áreas tributarias definidas para cada uno de los puntos de interés se hace uso del método de la fórmula racional cuyo método es efectivo para analizar cuencas de áreas pequeñas.

Para el estudio de las cuencas se determinan cada uno de los parámetros de la ecuación:

- a) Coeficiente de Escorrentía (C), tomando en consideración las características fisiográficas del suelo en el área de aporte y condiciones de permeabilidad del suelo, se asigna un coeficiente de escorrentía.
- b) Intensidad de Precipitación: es calculada a partir de los datos de precipitaciones de lluvias proporcionadas de las estaciones meteorológicas.

2.1.2.6 ESTUDIO HIDRÁULICO

El diseño de una obra de paso, debe contar con el estudio hidráulico, del cual depende determinar la sección hidráulica capaz de transportar el caudal requerido, sin causar trastornos locales que afecten sustancialmente las condiciones y características del cauce, en el tramo donde se implantará la obra. Para el logro de este propósito, se hace un análisis que debe tomar en cuenta las obstrucciones que presenta la obra propuesta.

2.1.2.7 ESTUDIOS GEOLÓGICOS.

Las investigaciones geológicas son una parte importante de la planeación preliminar para el diseño de una obra de paso. Estas investigaciones deben orientarse hacia la selección de los sitios que también por otras razones (condiciones topográficas, hidrológicas, etc.) resulte conveniente, previéndose los problemas estructurales que se originarán por las condiciones particulares que se tienen en el sitio y localizándose las fuentes de materiales naturales adecuadas para el uso y aprovechamiento en la estructura propuesta.

El estudio geológico, se hace necesario en la implementación de obras de paso, ya que el éxito y la economía de éstas, depende en cierta medida del grado en que la estructura quede adaptada a las condiciones geológicas del terreno en que se construye, al grado que para fines de cálculo, se tiende a considerar a las masas rocosas o de suelo, como una parte integrante de la estructura. Se considera pertinente, definir algunos conceptos:

- Geotecnia: Es una especialidad de la Geología, a quien compete el estudio de la mecánica de rocas y mecánica de suelos.
- Rocas: este término, se usa en ingeniería geológica para referirse a una masa de material natural compacta, de semi-dura a dura, compuesta por uno o más minerales.
- Suelo: Agregado natural de minerales que pueden ser separados por medios mecánicos suaves. Comúnmente se acepta, que son aquellos materiales de la corteza terrestre que pueden excavarse sin el auxilio de explosivos.

Los estudios geológicos son efectuados normalmente por geólogos; pero es importante y necesario, que el ingeniero civil, conozca sus objetivos y sea capaz de interpretar y utilizar sus resultados.

Desde el punto de vista geológico, para los cruces de los ríos, se estudia la clasificación fluvial, la estabilidad del cauce, la conformación de las márgenes, la clase y espesor del acarreo y la presencia de algunas condiciones particulares que puedan influir en la construcción o conservación de la estructura. Se estudia el abastecimiento de agua.

En obras de menor envergadura, aún cuando por tratarse de obras pequeñas no se requiere de una exploración geológica detallada, es necesario que el ingeniero que localiza el sitio de la implementación observe cuidadosamente las características del terreno, así como del material del que se va a construir, ya que una falla en el funcionamiento de la obra, está relacionada con la seguridad de la misma, pues depende, por un lado de su costo, y por otro, del costo de las pérdidas asociadas con dicha falla.

Es frecuente que un reconocimiento superficial sea suficiente para conocer con seguridad las condiciones de la zona y con base a informes presentados por el ingeniero, se cuente con los elementos suficientes para elaborar el proyecto. Sin embargo, en la mayoría de los casos, se requiere efectuar una exploración con mayor detalle, en este caso, los métodos de muestreo más empleados en nuestro medio consisten en: pozos a cielo abierto, penetración estándar y perforación rotatoria. En la práctica, la columna geológica en una perforación, consiste simplemente en la sucesión de los diferentes estratos encontrados.

Antes de que sea necesario gastar en exploraciones del subsuelo, el geólogo debe proporcionar al ingeniero, la información preliminar para el proyecto de la obra, como la que a continuación se detalla:

- Los tipos de roca que se encuentran, su distribución y sus relaciones estructurales.
- La presencia de rocas que pueden presentar problemas de cimentación.

- La existencia de condiciones especiales como resultado de fenómenos de glaciación o de depósitos lacustres.
- La presencia de fallas de importancia o de un excesivo fracturamiento.
- La profundidad a la que a actuado el intemperismo, para estimar una cimentación o un corte.
- La posibilidad de conseguir yacimientos de materiales para construcción.
- Las condiciones generales de las aguas superficiales y subterráneas del lugar.

2.1.2.8 ESTUDIO DE SUELOS

El estudio de suelos tiene gran importancia, ya que presenta información sobre el comportamiento que podría tener el suelo ante la transmisión de cargas de la estructura a implementar. Este estudio tiene el propósito de hacer una investigación exploratoria para obtener información de las condiciones del suelo en el lugar del emplazamiento.

El principal objeto de la exploración es obtener datos sobre la profundidad, espesor, extensión y composición de cada uno de los estratos, además obtener un aproximado de la resistencia y compresibilidad de la estratigrafía para hacer los estimados preliminares de los asentamientos de la estructura, por lo que se recurrirá a ensayos tanto de campo como de laboratorio, que dependerán básicamente del tipo de suelo y de la obra a construir. Los ensayos son procedimientos realizados a una muestra de suelo para el conocimiento de determinadas propiedades. Su propósito es identificar o clasificar el material, determinándole propiedades físicas y estableciendo criterios de control. Para este fin la realización de ensayos, implica disponer de muestras que proporcione resultados confiables.

El muestreo basado en la exploración del subsuelo, a través de un orificio llamado técnicamente sondeo, permite observar directamente de la muestra, un análisis cualitativo, además de los respectivos análisis cuantitativos y estadísticos practicados en el laboratorio, los cuales determinarán las características de los estratos de suelo referidos al sitio en estudio.

Generalmente las pruebas o ensayos están sistematizados en las normas de la ASTM y las normas AASHTO, ambas instituciones dedicadas al establecimiento y regulación de dichos parámetros.

Los suelos tienen algunas propiedades físicas importantes que no los definen por completo, pero a las cuales conviene referirse en algunos casos en forma comparativa. Entre estas propiedades se tienen:

- Resistencia a las Deformaciones: depende de la resistencia que el suelo presenta al esfuerzo cortante y éste a su vez depende de dos propiedades mecánicas denominadas cohesión y fricción interna; la primera es la resistencia que presentan las partículas de suelo a ser apartadas unas de otras; mientras que la segunda, es la resistencia que presentan dichas partículas de suelo a ser deslizadas.
- Compresibilidad: Se refiere a la reducción de volumen de un suelo debido a la aplicación de una presión exterior
- Elasticidad: Es la capacidad que tienen los suelos de volver a su posición original después de haber sido deformados.
- Permeabilidad: Es la propiedad de algunos suelos de permitir el paso del agua a través de sus poros.
- Capilaridad: Es la propiedad de los suelos de absorber agua, por contacto con una fuente adyacente de este líquido y de transmitirla en todas las direcciones.

Para prever el funcionamiento y seguridad de una obra, será necesario concebir una idea general del tipo de suelo existente en los alrededores y en el lugar donde se construirá dicha estructura, además se tendrá que diferenciar la topografía, estratificación del suelo, el relieve y accidentes naturales, la vegetación, el nivel freático (el cual se puede evidenciar a través de pozos de abastecimiento de los vecinos del lugar, grietas en el suelo entre otros), etc.

A continuación se mencionan algunas consideraciones acerca del número de sondeos y profundidades de los diferentes ensayos a realizar para el caso de puentes, por considerar esta estructura como una de las de mayor relevancia dentro del contexto del presente estudio.

A) Numero de Sondeos.

El número de sondeos para el caso de puentes, puede seguir estos criterios :

- a) Uno a cada orilla del cauce y otro al centro (este último en caso de ser necesario).
- b) Uno ubicado sobre cada pila y estribo.

B) Profundidad de Sondeo

Debe llegar hasta encontrar un estrato de suelo resistente o el manto rocoso. De encontrarse este último, deberá perforarse 3 mts. Adicionales como mínimo, para verificar el estado de la roca (grietas o fisuras).

C) Ensayos Requeridos.

• Ensayo de penetración estándar (SPT) ASTM- D 1586.

Propósito: Extraer muestras representativas y continuas para utilizarlas en los diferentes ensayos de laboratorio. Pretende a través de muestras alteradas:

- a) Definir la estratigrafía del suelo hasta la profundidad del sondeo.
- b) Establecer la resistencia del suelo basándose en el número de golpes.

- c) Obtener en forma indirecta al ángulo de fricción interna, la cohesión y la compacidad relativa del suelo, haciendo uso de gráficas de correlación para establecer la resistencia del estrato y verificar la estabilidad de las laderas adyacentes.
- d) Encontrar la profundidad del estrato resistente de suelo o roca.

- **Contenido de Humedad.**

Propósito:

- a) Determinar las condiciones de humedad prevalecientes en los diferentes estratos y dar recomendaciones para su control.
- b) Determinación de filtraciones, nivel freático, influencia del río, etc.

- **Descripción e identificación de suelos.**

Procedimiento visual manual. ASTM-D2488.

- **Análisis granulométrico de los suelos. ASTM-D 422.**

Propósito:

- a) Clasificar los diferentes tipos de suelos existentes.
- b) Estimar en forma indirecta la permeabilidad del suelo.

- **Limite Liquido, Limite Plástico, Índice Plástico.**

Propósito:

Determinar el grado de plasticidad que tiene el suelo para dar recomendaciones sobre su control.

- **Prueba de Compresión Triaxial. ASTM-D 2850.**

Propósito:

Determinar la resistencia al esfuerzo cortante del estrato resistente previamente encontrado por medio de la prueba de penetración estándar.

- **Ensayo de Permeabilidad. ASTM-D 2434.**

Propósito:

Determinar el coeficiente de permeabilidad para predecir posibles socavaciones.

Los ensayos serán más exhaustivos dependiendo de la importancia y/o envergadura así como del tipo de obra a implementar.

El objeto del sondeo es principalmente, determinar la profundidad del manto rocoso o de un estrato de suelo muy firme. Finalmente, las recomendaciones técnicas para las fundaciones se harán basándose en los resultados obtenidos y a las profundidades proporcionadas por las correspondientes pruebas, jugando un papel muy importante el criterio y experiencia del ingeniero responsable.

2.1.2.9 OTROS PARÁMETROS A TOMAR EN CUENTA EN EL DISEÑO EL IMPLEMENTACION DE OBRAS DE PASO.

Para el diseño de obras hidráulicas, se requiere indispensablemente de los estudios antes mencionados, además de la consideración de otros aspectos que pueden en muchos casos, facilitar o dificultar la implementación, mantenimiento u operación de las mismas.

Todo lo anterior persigue como objetivo principal, la elección del diseño óptimo en cuanto a aspectos económico y funcional se refiere. Dentro de éstos, se mencionan:

La importancia relativa a la elección de la zona más adecuada, ya que de ella depende, en gran medida, los problemas que puedan presentarse durante la vida útil de la misma, aumentando innecesariamente los costos de operación y mantenimiento. Para ello, se recomienda, en caso de que la longitud del camino sea corta, que los reconocimientos se efectúen de ser necesarios a pie. En caso contrario, dichos reconocimientos se efectúen por medio de fotografías aéreas.

Sobre este aspecto, se puede concluir que los errores o defectos de una mala elección directa, se reflejarán en las etapas sucesivas (construcción y operación) de la obra.

Otro aspecto que se debe tomar en cuenta y que incide en la rentabilidad de un proyecto, es que con frecuencia se presentan casos de cuencas semejantes en superficie, pendiente, precipitación pluvial, vegetación, etc. Con dimensiones similares. En estos casos, es conveniente tipificar, es decir, que aunque el estudio de como resultado obras con tipo y dimensiones diferentes, en la elección definitiva, deberán unificarse estas características para obtener así las obras más adecuadas, no perdiendo de vista, el costo de cada alternativa resultante.

Desde el punto de vista ingenieril, el mejor diseño de una obra hidráulica, en particular, será aquel que sirva al propósito para el cual me proyectado, es decir, que la probabilidad de falla, sea tan pequeña pero todavía positiva, ya que de lo contrario al proporcionar seguridad y protección contra la peor o más desastrosa avenida, se obtendrán diseños antieconómicos que probablemente imposibiliten su ejecución.

Deberá efectuarse una evaluación exhaustiva acerca del impacto ecológico que se ocasionará al cauce y áreas adyacentes. En forma simultánea, se desarrollará un plan de monitoreo, que contenga medidas de mitigación (preventivas) con el propósito de minimizar una serie de consecuencias, entre las que se incluyen:

- a) Degradación del tramo aguas abajo del cauce, por pérdidas de material de sedimentos retenidos.
- b) Pérdida de sitios únicos. (Geológicos, históricos, arqueológicos existentes).
- c) Liberación del agua del fondo del vaso que puede tener alto contenido de sales disueltas o bajo contenido de oxígeno, con un cambio resultante en las especies acuáticas.

- d) Cambio en la calidad del agua, que pueda favorecer el crecimiento de algas en las aguas receptoras o conducir hacia un cambio a las especies acuáticas.
- e) La alteración de la sección del cauce en el punto seleccionado, propiciará la formación de un vaso de almacenamiento, el que a su vez creará una barrera a las rutas normales de migración de las diferentes especies.
- f) Daño a la pesca causada por la diversidad de equipo necesario para su erección. Sin agregar los efectos que puedan manifestarse a largo plazo y que por lo tanto sean de carácter irreversible.

2.1.3 ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO EN VÍAS URBANAS

2.1.3.1 DEFINICIÓN DE PAVIMENTO

Se define como pavimento¹ al piso construido por el hombre con el fin de proporcionar una mejor calidad sobre una terracería compactada para que el tránsito sea más rápido, seguro, confortable y eficiente.

Un pavimento adecuado es el que llega a la falla funcional después de haber resistido el tránsito de proyecto, hasta llegar a la calificación de rechazo.

2.1.3.2 CLASIFICACIÓN DE LOS PAVIMENTOS

La clasificación de los pavimentos varía de autor en autor, pero si se toma la utilizada por Jesús Moncayo V los pavimentos se pueden clasificar como:

- | | |
|--------------|-----------------|
| a- Flexibles | c- De adoquines |
| b- Rígidos | d- Empedrados |

¹ Tomado de Trabajo de Graduación: “Estudio comparativo de los diferentes tipos de pavimentos asfálticos usados en El Salvador”, Autor: Alex Enrique Alas Merlos, 1989, UES.

2.1.3.3 PAVIMENTOS FLEXIBLES

Los pavimentos flexibles están constituidos por varias capas de materiales que deben tener la resistencia necesaria para soportar el tráfico, producto del cual la resistencia a las deformaciones será de forma decreciente con la profundidad.

Es una estructura que se construye sobre una subrasante o terracería compactada, cuyos elementos son una combinación de agregados minerales y aglutinantes bituminosos.

Para fines de construcción de caminos estos aglutinantes bituminosos son líquidos y viscosos.

La consistencia de los aglutinantes a las temperaturas normales es variable, las cuales van desde ligeramente más espesas que el agua hasta llegar a ser materiales duros y quebradizos fáciles de romper con un martillo; pero estos más duros fluyen cuando son sometidos a temperaturas más elevadas y continuas; siendo esta una característica propia de los aglutinantes bituminosos; por esta condición de fluidez, estos pavimentos son conocidos como flexibles.

Para este tipo de pavimentos la carga recibida es distribuida y disipada a través de las diferentes capas de la estructura hasta llegar a transmitir a la subrasante una carga que no excede a la de su capacidad soportante.

2.1.3.4 ESTRUCTURA DE LOS PAVIMENTOS FLEXIBLES

En los pavimentos flexibles los agregados constituyen del 88% al 96% del peso del pavimento, o más del 75% del volumen del mismo. Los materiales comunes más usados son: Piedra partida, grava triturada y no triturada y arena; también existe la posibilidad de utilizar escoria volcánica.

La estructuración de éste tipo de pavimentos está constituida por capas de dichos materiales, las cuales reciben la siguiente denominación de abajo hacia arriba:

- a- Suelo soportante o subrasante
- b- Sub-base
- c- Base
- d- Carpeta de Rodamiento
- e- Sello impermeabilizante.

Cabe mencionar que dentro de esta estructuración, algunas de ellas podrían eliminarse en cierto momento, tal es el caso de la sub-base, la cual desaparecerá de la estructura si la subrasante cumple con un CBR adecuado y las condiciones generales del suelo lo permiten. De igual forma, en ocasiones no se emplea la capa de sello.

En la figura II-1 presentada a continuación, se observa la estructuración típica de los pavimentos flexibles.

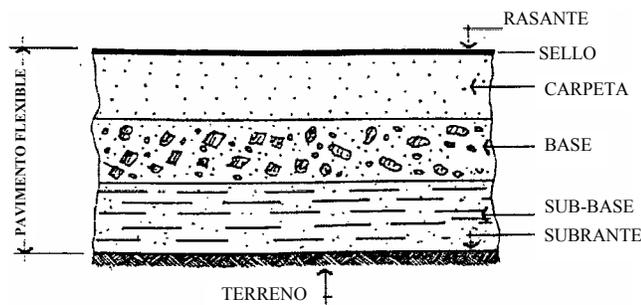


Fig. II-1 estructura de pavimento flexible

Para que un pavimento flexible proporcione buenos resultados es necesario que éste tenga durante su vida útil las siguientes cualidades:

Ausencia de agrietamiento y deformaciones, resistencia a la intemperie (efectos del agua superficial, calor, frío y oxidación); resistencia a la humedad interna, y que tenga una superficie uniforme e impermeable.

2.1.3.5 SUELO SOPORTANTE O SUBRASANTE

No es directamente una capa y pertenece a todos los tipos de pavimento, pero es de mucha importancia definir sus funciones y características.

Para los pavimentos flexibles es la zona que soporta las cargas de tránsito transmitidas por la sub-base y base, y esta limitado en su parte superior por la superficie subrasante. Existen dos funciones básicas que debe de cumplir el suelo de soporte y son:

- a) Mantener el mayor valor posible de soporte; porque entre más fuerte se considere la superficie, menor será el costo de las capas superiores.
- b) El movimiento diferencial vertical debe de ser mínimo; de esta manera las ondulaciones en la superficie serán menores y el rodamiento vehicular será mas suave.

2.1.3.6 SUB-BASE

La sub-base es una capa de material selecto, que se coloca para atenuar o suavizar las deformaciones perjudiciales para la subrasante, por ejemplo cambios volumétricos asociados a cambios de humedad, evitando que se reflejen a la superficie del pavimento. Otras funciones de la sub-base:

- Servir de drenaje al pavimento; esto quiere decir que actúa como drenaje para desalojar el agua que se infiltre al pavimento.
- Elimina o disminuye en lo posible, los cambios de volumen, elasticidad y plasticidad perjudiciales que pudiera tener el material de la subrasante.
- Controla la ascensión capilar procedente de las capas freáticas, protegiendo el pavimento de posibles deformaciones que se producen más que todo en época lluviosa.

Los materiales empleados como subbase son de tipo granular, recomendándose que tengan un valor de soporte (CBR) mínimo del 30% sobre muestra saturada y compactada al 100% del proctor modificado u otra compactación que recomiende el Ingeniero en el lugar del trabajo, un índice plástico (IP) no mayor ^y un límite líquido (LL) no mayor de 25.

Además éstos materiales deben ser fáciles de compactar para poder alcanzar la densidad máxima; naturalmente cuando menor es la calidad del material colocado mayor será el espesor necesario para soportar los esfuerzos transmitidos.

2.1.3.7 BASE

Las principales funciones de la base son:

- Proporcionar un elemento resistente que transmita a la sub-base y a la subrasante los esfuerzos producidos por el tránsito sobre la carpeta asfáltica.
- Drenar el agua que se filtre a través de la carpeta y hombros hacia las cunetas.
- Ser resistente a los cambios de temperatura, humedad y desintegración por abrasión producida por el tránsito.
- Además puede considerarse como una función económica, ya que permite reducir el espesor de la carpeta asfáltica que es más costosa.

Por otro lado al hablar de base debemos considerar dos clases:

- Base Granular
- Base Estabilizada: suelo con cemento Pórtland, cal o asfalto.

Los materiales empleados en las bases granulares pueden ser: grava o piedra triturada; grava suelo y arena.

Con respecto a las bases estabilizadas se podría decir que es un asunto económico, que hay casos en los que es mejor y más barato recurrir a un mejoramiento del suelo del lugar, que transportar otros materiales desde grandes distancias.

Los siguientes casos pueden justificar una estabilización:

- a. Un suelo de subrasante desfavorable, muy arenoso, o muy arcilloso.
- b. Materiales para bases o sub-base en el límite de especificaciones.
- c. Condiciones de humedad desfavorable.
- d. Cuando se necesita una base de calidad superior, como en una autopista.
- e. En repavimentación, aprovechando los materiales existentes.

a) Estabilización de base con suelo cemento

La estabilización de suelo con cemento Pórtland es la más usada en el mundo, es muy sencilla de hacer y no necesita equipo especial de construcción.

En nuestro país no se ha usado mucho las capas de suelo cemento, sólo se emplea el cemento como un material que sirve para disminuir la plasticidad en suelos fuera de especificaciones. Este papel de modificador, es muy limitado para el cemento.

Al mezclar un suelo con cemento se produce un nuevo material, con mejoras características que el usado como agregado. Esta estabilización no es tan sensible a la humedad como la hecha con asfalto. Pueden usarse casi todos los suelos para efectuarlo, excepto los altamente orgánicos, aunque los más convenientes son los granulares, fáciles de disgregar. Los limos, las arenas limosas y arcillosas, así como los talpetates, todas las gravas y las arenas son agregados adecuados para producir suelo cemento. Algunas ventajas de las bases estabilizadas respecto a la de los suelos granulares son:

- a. Es más resistente y como capa base reparte las cargas a una mayor área, permitiendo así reducir el espesor de las capas. Espesor de suelo cemento = 0.6 espesor suelo granular.
- b. Tiene mayor módulo de elasticidad.
- c. Es más impermeable.
- d. Es muy resistente a la erosión.
- e. En presencia de la humedad, en lugar de perder resistencia la aumenta.
- f. Al secarse no pierde compactación, como muchos suelos granulares.
- g. Su resistencia aumenta bastante con el tiempo.

b) Estabilización de suelo con cal.

El uso de cal para mejorar suelos con mayor plasticidad, a parte de conseguir ese fin, aumenta también su resistencia a la compresión sin confinar, produciendo una textura granular más abierta.

La cantidad de cal es de un 2% a 8% en peso. Para que la cal reaccione conveniente (este no es el caso del cemento), se necesita que el suelo tenga minerales arcillosos, o sea sílice y alúmina, y se pueda lograr la acción puzolánica, que aglomerará adecuadamente las partículas del suelo, El suelo cementó adquiere su resistencia rápidamente, ya que solo se necesita que el suelo se hidrate adecuadamente. En cambio el suelo-cal necesita la reacción química de los iones calcio y los minerales arcillosos que lentamente adquieren resistencia.

Una ventaja del suelo-cal es que su período de curado puede iniciarse más tarde, en cambio, el suelo cemento requiere curado inmediato. Por lo general, las arenas no reaccionan favorablemente con la cal y es difícil estabilizarlas con ella.

El éxito de la estabilización con cal, no solo para disminuir plasticidad, sino para adquirir resistencia, es el tipo de suelo o el tipo de minerales arcillosos que contengan.

El criterio para diseñar en el laboratorio las mezclas suelo-cal, depende del papel que vaya a desempeñar la cal:

- a. Modificador de plasticidad o humedad.
- b. Proporcionador de resistencia.

c) Estabilización de bases con asfalto

En algunos casos conviene estabilizar un material usando algún producto asfáltico para elaborar capas base o sub-base. A estas bases asfálticas también se les conoce como "Bases Negras". El uso de productos asfálticos (asfaltos rebajados, emulsiones asfálticas y cementos asfálticos), está limitado a suelos granulares o de partículas gruesas. Es muy difícil estabilizar un material arcilloso, por los grumos de esos suelos.

La estabilización con asfalto puede tener dos fines:

- a. Reducir la absorción de agua del material, usando poca cantidad de asfalto.
- b. Incrementar la resistencia de un material usando mayor cantidad de asfalto, como en las bases asfálticas.

2.1.3.8 CARPETA DE RODAMIENTO.

Es la parte superior del pavimento y la que soporta directamente las solicitudes de tránsito por lo que absorbe en primera instancia el peso vehicular. Además es la encargada de proporcionar una superficie de rodamiento adecuada, con textura y colores convenientes y poder resistir los efectos abrasivos del tráfico. Hasta donde sea posible, debe impedir el paso del agua al interior del pavimento.

2.1.3.9 SELLO IMPERMEABILIZANTE

Es el que en algunas ocasiones, se coloca sobre la capa de rodamiento; siendo su función principal impermeabilizarla. Está formado por una mezcla bituminosa, sobre la cual se esparce a veces un riego de arena o chispa.

2.1.3.10 PAVIMENTOS RÍGIDOS

Un pavimento rígido está integrado por concreto de cemento Pórtland; consiste en una mezcla relativamente rica en cemento Pórtland, arena y agregado grueso tendido en una sola capa; con o sin acero de refuerzo (figura II-2). Cuando se construye adecuadamente, tiene una larga vida y un costo de mantenimiento relativamente bajo. Pocas veces es resbaladizo, aún cuando se encuentra húmedo, a menos que esté cubierto con lodo o aceite.

Las condiciones de las losas de pavimentos de concreto están regidas por las propiedades del concreto empleado en el colado y por las propiedades de la infraestructura así como de las capas de asiento. El concreto soporta esfuerzos de compresión relativamente elevados, pero tiene muy poca resistencia a la tensión; debido a esto la resistencia a la flexión de las losas también es baja. El concreto como otros materiales, se dilata o se contrae cuando la temperatura aumenta o disminuye.

Estas complicaciones y otras que no se mencionan aquí. Hacen que la determinación teórica de los esfuerzos en las losas de pavimento de concreto sea extremadamente difícil.

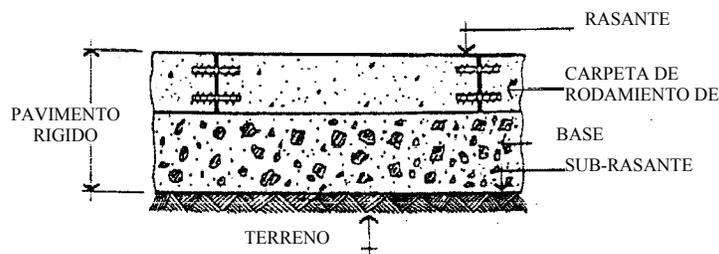


Fig. II- 2 Esquema básico de la estructura de un pavimento rígido

2.1.3.11 PAVIMENTOS DE ADOQUINES

Los adoquines de concreto son elementos macizos, prefabricados, de espesor uniforme e igual entre sí con forma de prisma recto tal que al colocarlos sobre una superficie encajen unos con otros de manera que solo queden juntas entre ellos (figura II- 3).

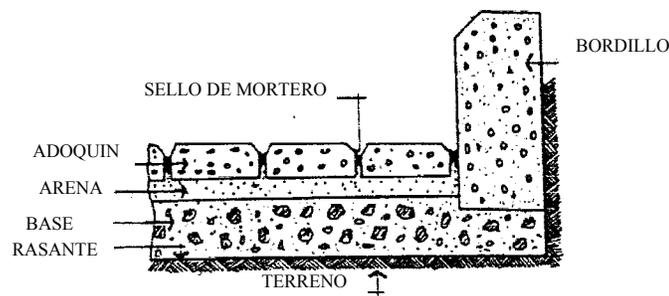
Los pavimentos de adoquín tienen un rango de aplicación casi tan amplio como el de los otros tipos de pavimentos. Se pueden utilizar en andenes, zonas peatonales, en vías internas de urbanizaciones, calles y avenidas, con tráfico vehicular que puede ir desde unos cuantos vehículos livianos, hasta gran número de vehículos pesados; en zonas de cargas, patios de puertos, plataforma de aeropuertos y zonas donde se tienen cargas muy altas. Este rango amplio de aplicaciones implica la necesidad de formular diseños diferentes para la estructura del pavimento según el tráfico que va a soportar y las características del suelo sobre el cual se construirá con variaciones en el espesor de los adoquines, en el material y espesor de la base.

Este diseño se puede elaborar con métodos apropiados que garanticen el buen desempeño y durabilidad del pavimento, lo que se refuerza con unos adecuados procedimientos y controles durante su construcción.

Las ventajas que ofrecen los pavimentos de adoquines sobre los otros tipos de pavimentos, en varios aspectos específicos son:

- Al proceso de construcción.
- A su apariencia.
- Al manejo del pavimento.
- Las relativas a la seguridad.
- Las relacionadas a la durabilidad.
- Algunas limitaciones que presentan los pavimentos de adoquines son:

- Se debe apartar del nivel freático del terreno.
- No debe perder su sello y estabilidad ante la caída de lluvia por copiosas que éstas sean.
- Nunca debe trabajar como canal colector de aguas que pueda llegar a soportar caudales voluminosos y rápidas.
- Nunca se deben someter a un chorro de agua a presión.
- Genera más ruidos e induce mayor vibración al vehículo que otros tipos de pavimentos.



.Fig. II-3 Esquema básico de la estructura de un pavimento de adoquín

2.1.3.12 PAVIMENTOS EMPEDRADOS

Actualmente, estos pavimentos se han dejado para obras de tipo turístico o calles de poblaciones pequeñas de poco tránsito. Sin embargo, se puede estructurar un pavimento de estos para resistir tránsitos relativamente pesados, colocándoles una capa base adecuada y cementando adecuadamente las piedras. Esto se logra, estructural y estéticamente, colando sobre la base o subrasante una capa asiento de concreto pobre ($150 - 200 \text{ kg/cm}^2$) y ahogando en ella dos tercios del espesor de las piedras, dejando el resto para apariencia empedrado. Bien diseñados y contruidos estos pavimentos pueden ser tan hermosos como los pavimentos adoquinados.

La capa de piedras, bien colocadas a mano, se puede considerar como una carpeta que recibe las cargas de los vehículos y las transmite a las siguientes capas. Por lo tanto una capa empedrada vale lo que la capa o capas abajo de ella valen.

Las piedras tienen dimensiones muy variables y su tamaño máximo determina el espesor del empedrado. Un empedrado de calle para peatones se puede hacer con pequeñas piedras de 5.00 a 6.00 cms.

No hay regla ni especificaciones al respecto. La regla es la costumbre o práctica del lugar para absorber las irregularidades de las piedras, de manera que superficialmente estén niveladas, se debe colocar una capa de asiento de arena limosa, para asentarlas en ella.

2.1.4 INTERSECCIONES VIALES

2.1.4.1 CAPACIDADES Y NIVELES DE SERVICIO DE LAS CARRETERAS REGIONALES

- **Autopistas Especiales (nivel de Servicio C):** Operación estable, pero crecientemente más crítica. Velocidad promedio de viaje de 110 kilómetros por hora. Flujo de servicio a 75 por ciento de la capacidad, o no más de 1,640 automóviles o vehículos livianos por hora carril.
- **Carreteras Rurales de cuatro o más Carriles sin Control en los Accesos (nivel D):** Se aproxima la situación de flujo inestable, con tasas de 89 por ciento de la capacidad o sea 1,940 automóviles por hora carril, a una velocidad de viaje de 92 kilómetros por hora bajo condiciones ideales.
- **Arterias Urbanas y Suburbanas (nivel D):** Se aproxima la situación de flujo inestable. La velocidad se reduce a 40 por ciento de la velocidad de flujo libre. Se amplían los retrasos en las intersecciones.

- **Carreteras de dos Carriles (nivel D):** Se aproximan condiciones para flujo inestable. La velocidad promedio de viaje es de alrededor de 80 kilómetros por hora. El flujo vehicular en ambas direcciones alcanza el 64 por ciento de la capacidad, con oportunidades continuas para adelantar. 1,800 automóviles por hora en ambos sentidos es el tope límite, bajo condiciones ideales.

2.1.4.2 LAS VELOCIDADES DE DISEÑO.

Las nuevas normas de diseño propuestas para El Salvador llevan a 110 kilómetros por hora el límite superior de la velocidad directriz.

Las velocidades de diseño se van reduciendo con la gradualidad que impone la tipología utilizada, hasta los niveles inferiores que corresponden a los caminos vecinales o locales, donde dicha velocidad se reduce hasta 40 kilómetros por hora en terreno montañoso según las normas de Costa Rica y hasta 30 kilómetros por hora en las condiciones más restrictivas que aceptan El Salvador, Honduras y Nicaragua.

Tomando en debida consideración las referencias anteriores, se ha elaborado la siguiente tabla 2-a, que muestra las variaciones recomendables en las velocidades de diseño para las carreteras de la red regional, teniendo a la vista solamente lo que se refiere a los rangos de volúmenes de tránsito para diseño y las condiciones topográficas del terreno, sea que se trate de terreno plano, ondulado o montañoso. Por debajo de los 50 kilómetros por hora, la velocidad de diseño es más propia de caminos de bajos volúmenes de tránsito, que escapan a la tipología de las carreteras centroamericanas.

Tabla 2-a Velocidades de diseño en kilómetros por hora, en función de los volúmenes de tránsito.

Tipo de terreno	Volúmenes de Tránsito Diario o TDPA, en vpd			
	> 20000	20000 - 10000	10000 - 3000	3000 – 500
Plano	110	90	80	70
Ondulado	90	80	70	60
Montañoso	70	70	60	50

*fuente Manual de Carreteras de la SIECA, Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras.

2.1.4.3 COMPONENTES BÁSICOS DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL

2.1.4.3.1 LOS CARRILES DE CIRCULACIÓN

Divididas o no, las carreteras están provistas de uno, dos o más carriles de circulación por sentido y, excepcionalmente, de un solo carril habilitado para la circulación en ambos sentidos, con bahías o refugios estratégicamente ubicados a lo largo de la vía, para permitir las operaciones de adelantamiento o el encuentro seguro de dos vehículos en sentidos opuestos. Se debe tomar nota que el carril es la unidad de medida transversal, para la circulación de una sola fila de vehículos, siendo el ancho de la calzada o superficie de rodamiento, la sumatoria de los carriles, a la que también se hace referencia en la clasificación de las carreteras.

Para ofrecer las mejores condiciones de seguridad y comodidad para los usuarios, la superficie de rodamiento de las carreteras debe ser plana y sin irregularidades, resistente al deslizamiento y habilitada para la circulación del tránsito bajo todas las condiciones climáticas previsibles.

Existe una clara y comprobada relación entre el ancho del carril, el ancho utilizable de los hombros o la ubicación de las obstrucciones laterales y la capacidad de las carreteras, según los resultados que muestra la tabla 2-b.

Los datos mostrados en el cuadro son calculados para flujos ininterrumpidos del tránsito, con un nivel de servicio B y pavimentos con estructuras de alta calidad.

Tabla 2-b Efecto combinado sobre la capacidad ideal del ancho de carril y la ubicación de las restricciones laterales.

Ancho Útil de Hombros u Obstrucción Lateral Metros	PORCENTAJE DE CAPACIDAD EN RELACIÓN A LA DEL CARRIL DE 3.6 METROS.		
	3.6	3.3	3.0
CARRETERAS DE DOS CARRILES			
1.8	100	93	84
1.2	92	85	77
0.6	81	75	68
0	70	65	58

CARRETERAS DE CUATRO CARRILES SIN MEDIANA			
1.8	100	95	89
1.2	98	94	88
0.6	95	92	86
0	88	85	80

Fuente: AASHTO, A Policy on Geometric Design of Highways and Streets, 1994, manual de carreteras SIECA.

a. El Ancho de los Carriles: El mismo cuadro demuestra también que la escogencia del ancho de los carriles es una decisión que tiene incidencia determinante en la capacidad de las carreteras. Como parámetro de referencia durante el diseño, se debe tener a la vista la estructura del tránsito proyectado, que a su vez y en la medida de la importancia relativa del tránsito pesado dentro del mismo, hará necesario que la dimensión de cada carril sea habilitada para que los camiones y las combinaciones de vehículos de diseño, con 2.6 metros de ancho, se puedan inscribir cómodamente y a las velocidades permisibles, dentro de la franja de circulación que les ha sido habilitada. En el ambiente vial centroamericano, un ancho de carril de 3.6 metros se considera como el ideal para las condiciones físicas más exigentes de la vía y el tránsito, en coincidencia con las normas norteamericanas vigentes, variando según el tipo de carretera hasta un mínimo tolerable de 2.7 metros en caminos rurales de poco tránsito.

Los carriles de aceleración y deceleración, al igual que los carriles adicionales para ascensos y descensos, determinados por el alineamiento vertical de las carreteras con porcentajes significativos de vehículos pesados en la corriente del tránsito y bajas velocidades, deberán disponer de un ancho mínimo de 3.3 metros.

b. Pendiente Transversal de los Carriles: La pendiente transversal de una carretera de primera clase con dos carriles en tangente, debe ser del 2.0 por ciento del centro de la sección hacia fuera. Cuando existan más de dos carriles por sentido, cada carril adicional irá incrementando su pendiente transversal entre 0.5 y 1.0 por ciento.

En áreas de intensa precipitación pluvial, la pendiente de los carriles centrales puede incrementarse a 2.5 por ciento, con un medio por ciento incremental en los carriles contiguos hacia fuera, pero sin superar un 4.0 por ciento. Para carreteras con superficie de calidad intermedia, la pendiente transversal desde la cresta de la sección puede variarse entre 1.5 y 3.0 por ciento, en tanto que las carreteras con superficie de rodamiento de baja calidad, el rango de pendiente transversal puede fijarse entre 2.0 y 4.0 por ciento.

2.1.4.3.2 HOMBROS O ESPALDONES

Los hombros o espaldones, que son las franjas de carretera ubicadas contiguas a los carriles de circulación y que, en conjunto con éstos, constituyen la corona o sección comprendida entre los bordes de los taludes, tienen su justificación en:

- i) la necesidad de proveer espacios para acomodar los vehículos que ocasionalmente sufren desperfectos durante su recorrido en defecto de los hombros, estos vehículos en problemas se ven invitados a invadir los carriles de circulación, con riesgos para la seguridad del tránsito.
- ii) para llenar la importante función de dar estabilidad estructural a los carriles de circulación vehicular por medio del confinamiento.

- iii) para permitir los movimientos peatonales en ciertas áreas donde la demanda lo justifique.
- iv) para proporcionar el espacio lateral libre suficiente para la instalación de las señales verticales de tránsito.

2.1.4.3.3 ACERAS

Donde hay abundancia de peatones, los volúmenes de tránsito son elevados y las velocidades permitidas son significativas (mayores de 60 kilómetros por hora), especialmente en sitios de circunvalación de poblados y ciudades, se recomienda que al lado de los carriles exteriores, se construyan aceras o andenes para la circulación peatonal.

Como una recomendación general de aplicación en Centroamérica, se deben construir aceras en las calles y en las carreteras que carezcan de hombros, procurándose en este último caso que las aceras estén fuera de la pista de rodaje y, posiblemente, en los límites del derecho de vía.

Los datos de tránsito confirman que las aceras ofrecen un medio efectivo para reducir accidentes peatonales. Al respecto se dan recomendaciones sobre el ancho mínimo de las instalaciones en la tabla 2-c.

Tabla 2-c Anchos mínimos de hombros y aceras

Tipo de carretera		Acceso	Tipo de Superficie	Ancho de Hombros(m)		Ancho de Aceras (m)
				Internos	Externos	
AR	Autopistas Regionales	Controlado	Alto	1.0 - 1.5	1.8 - 2.5	
TS	Troncales Suburbanas	Controlado	Alto	1.0 - 1.5	1.8 - 2.5	1.2 - 2.0
TR	Troncales Rurales	-	Alto	0.5 - 1.0*	1.2 - 1.8	1.2 - 1.5
CS	Colectoras Suburbanas	-	Intermedio	0.5*	1.2 - 1.5	1.0 - 1.2
CR	Colectoras Rurales	-	Intermedio	-	1.2 - 1.5	1.0 - 1.2

*solo con mediana. FUENTE: Manual de carreteras SIECA

2.1.4.3.4 BORDILLOS Y CUNETAS

Los bordillos se usan extensamente en las carreteras urbanas y suburbanas, siendo su uso muy limitado, más bien nulo, en las carreteras rurales. Esto tiene que ver con la función que desempeñan dichos dispositivos, como son el control del drenaje, la delimitación del borde del pavimento, la determinación del borde de las aceras o de la zona de protección de los peatones o, simplemente, por razones de estética. Típicamente los bordillos se clasifican en montables y de barrera o no montables, según que tengan la altura y conformación apropiada para que los vehículos automotores puedan abordarlos o no.

2.1.4.3.5 DRENAJE SUPERFICIAL

El drenaje superficial debe ser muy efectivo para evacuar rápidamente las aguas de la superficie del pavimento y evitar que éstas se infiltren dentro de la estructura del mismo, ocasionándole daños que pueden ser considerables y de efectos inmediatos o a corto plazo. También previenen que el lodo o suciedades de las áreas no pavimentadas de la carretera penetren los lados del carril exterior de circulación, causando problemas de visibilidad de la línea de demarcación del borde separador entre el pavimento y sus hombros. Los canales de drenaje o cunetas se construyen a los lados de las carreteras para conducir el agua hacia las alcantarillas, cajas o puentes; así como alejarlas de la carretera en concordancia con la configuración topográfica de su localización. Existen cunetas laterales, contra cunetas, cunetas centrales y transversales, bordillos-cuneta y rápidos.

2.1.4.4 LAS DISTANCIAS DE VISIBILIDAD EN CARRETERAS

2.1.4.4.1 DISTANCIAS DE VISIBILIDAD DE PARADA

Esta es la distancia requerida por un conductor para detener su vehículo en marcha, cuando surge una situación de peligro o percibe un objeto imprevisto adelante de su recorrido.

Esta distancia se calcula para que un conductor y su vehículo por debajo del promedio, alcance a detenerse ante el peligro u obstáculo. Es la distancia de visibilidad mínima con que debe diseñarse la geometría de una carretera, cualquiera que sea su tipo.

La distancia de visibilidad de parada, D , tiene dos componentes, la distancia de percepción y reacción del conductor, que está regida por el estado de alerta y la habilidad del conductor, y se identifica como d_1 , más la distancia de frenado que se denomina d_2 . La primera es la distancia recorrida por el vehículo desde el momento que el conductor percibe el peligro hasta que aplica el pedal del freno.

Y la segunda, es la distancia que se necesita para detener el vehículo después de la acción anterior. El tiempo de reacción para actuar el freno es el intervalo que ocurre desde el instante en que el conductor percibe la existencia de un objeto o peligro en la carretera adelante, hasta que el conductor logra reaccionar aplicando los frenos. Los cuatro componentes de la reacción en respuesta a un estímulo exterior se conocen por sus iniciales PIEV, que corresponden a percepción, intelección, emoción y volición. Diversos estudios sobre el comportamiento de los conductores han permitido seleccionar un tiempo de reacción de 2.5 segundos, que se considera apropiado para situaciones complejas, por lo tanto más adversas. La distancia de visibilidad de parada no contempla situaciones al azar, que obliguen a los conductores a realizar maniobras imprevistas, por lo que en los manuales modernos de diseño se ha incorporado el concepto de distancia de visibilidad de decisión, que se define como aquella requerida por un conductor para detectar algo inesperado dentro del entorno de una carretera, reconocerlo y seleccionar una trayectoria y velocidad apropiadas, para maniobrar con eficiencia y seguridad. Por su concepto, estas distancias resultan sustancialmente mayores que las distancias calculadas de visibilidad de parada.

2.1.4.4.2 DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE ADELANTAMIENTO

La distancia de visibilidad de adelantamiento se define como la mínima distancia de visibilidad requerida por el conductor de un vehículo para adelantar a otro vehículo que, a menor velocidad relativa, circula en su mismo carril y dirección, en condiciones cómodas y seguras, invadiendo para ello el carril contrario pero sin afectar la velocidad del otro vehículo que se le acerca, el cual es visto por el conductor inmediatamente después de iniciar la maniobra de adelantamiento. El conductor puede retornar a su carril si percibe, por la proximidad del vehículo opuesto, que no alcanza a realizar la maniobra completa de adelantamiento.

2.1.4.4.3 CRITERIOS PARA MEDIR LA DISTANCIA VISUAL

a. Altura del Ojo del Conductor.

Experiencias y estudios realizados han confirmado que desde 1960, la altura promedio de los automóviles, por el efecto del mayor uso de vehículos compactos, ha decrecido en 66 milímetros, que se correlaciona bien con una reducción de 53 milímetros en la altura promedio del ojo del conductor. Como resultado, la altura promedio del ojo del conductor ha sido reducida de 1,140 a 1,070 milímetros, cambio que ha tenido como efecto el alargamiento de la distancia mínima de visibilidad en aproximadamente un 5 por ciento en una curva vertical en cresta. Para camiones grandes, la altura del ojo del conductor está situada entre 1.8 y 2.4 metros, con esta última dimensión como la más frecuente y utilizable en el diseño.

b. Altura de los Objetos.

Para los cálculos de la distancia de visibilidad de parada, se ha utilizado desde 1965 un objeto con altura de 150 milímetros, ocupando como criterio la altura que podría tener una roca, un pequeño animal o cualquier obstáculo de los que frecuentemente se encuentran.

Si se utilizara como referencia la altura de las luces traseras de un vehículo, situadas normalmente entre 460 y 600 milímetros sobre la superficie de rodamiento, se perdería el detalle suficiente para enfrentar obstáculos más pequeños, cuya presencia es más usual y mayor su aporte a la inseguridad de la conducción.

2.1.4.5 EL ALINEAMIENTO HORIZONTAL DE LAS CARRETERAS

2.1.4.5.1 CURVATURA HORIZONTAL Y SOBREELEVACIÓN

En el diseño de curvas horizontales se deben considerar dos casos:

- Tangente seguida por curva horizontal. En esta situación, las fuerzas centrífugas actúan en contra de la operación segura de los vehículos cuando entran y circulan por la curva.
- Alineamiento compuesto de tangente y curva horizontal y vertical. Gobiernan el diseño factores como el efecto de las fuerzas centrípetas y centrífugas, el movimiento lento de los vehículos pesados cuando ascienden las pendientes y las altas velocidades cuando bajan.

Para dar seguridad y economía a la operación del tránsito, se han introducido factores limitantes en los métodos de diseño del alineamiento horizontal, como el radio mínimo de curva o grado máximo de curva, la tasa de sobreelevación máxima o peralte máximo, los factores de fricción y las longitudes de transición mínima cuando se pasa de una tangente a una curva.

2.1.4.5.2 FACTOR MÁXIMO DE FRICCIÓN LATERAL Y TASA DE SOBREELEVACIÓN Ó PERALTE

El factor de fricción lateral depende principalmente de las condiciones de las llantas de los vehículos, el tipo y estado de la superficie de rodamiento y de la velocidad del vehículo.

Por otra parte la sobreelevación ó peralte depende de las condiciones climáticas, tipo de área, urbana ó rural, frecuencia de vehículos de baja velocidad y las condiciones del terreno.

Por las condiciones variables existentes entre países, algunos investigadores han registrado factores de fricción lateral diferentes, aún para condiciones similares de composición del pavimento, debido a diferencias en la textura del pavimento, condiciones climáticas y diferencias en la manufactura de las llantas utilizadas.

En general, los valores máximos de fricción lateral para pavimentos de concreto húmedo han variado de 0.5 a 30 kilómetros por hora a 0.35 a 100 kilómetros por hora.

Para pavimentos húmedos de concreto y llantas lisas, el factor alcanzó 0.35 a 70 kilómetros por hora. En la tabla 2-d se presentan valores representativos que se utilizan en el diseño geométrico de las carreteras en los países que se mencionan.

Tabla 2-d Valores máximos típicos para “e” y “f”

País	“e”	“f”	Velocidad de diseño Km/h	Tipo de carreteras
Gran Bretaña	0.06	0.15	100	Especiales
	0.07	0.10	120	Autopistas
Estados Unidos	0.08	0.14	80	Rurales
	0.12	0.10	110	Rurales
Alemania	0.06	0.04	160	Autobanh - terreno plano
		0.10	100	Autobanh-terreno montañoso
Malasia	0.10	0.15	95	Camino Rural
Honduras	0.04	0.18	30	Rurales
	0.10	0.13	100	Autopistas Suburbanas
El Salvador	0.04	0.17	30	Urbanas y Rurales
	0.10	0.11	110	Autopistas Suburbanas y Rurales

Fuente: Manual de Diseño Geométrico, Manual de Carreteras SIECA

2.1.4.5.3 RADIOS MÍNIMOS Y SUS CORRESPONDIENTES GRADOS MÁXIMOS DE CURVA

Los radios mínimos son los valores límites de la curvatura para una velocidad de diseño dada, que se relacionan con la sobreelevación máxima y la máxima fricción lateral escogida para diseño. Un vehículo se sale de control en una curva, ya sea porque el peralte o sobreelevación de la curva no es suficiente para contrarrestar la velocidad, o porque la fricción lateral entre las ruedas y el pavimento es insuficiente y se produce el deslizamiento del vehículo. Un vehículo derrapa en las curvas debido a la presencia de agua o arena sobre la superficie de rodamiento.

El uso de radios más reducidos solamente puede lograrse a costas de incómodas tasas de sobreelevación o apostando a coeficientes de fricción lateral que pueden no estar garantizados por la adherencia de las llantas (calidad, grado de desgaste del grabado, presión, etc.) con la superficie de rodamiento de la carretera.

El grado de curva o de curvatura (D) es el ángulo sustentado en el centro de un círculo de radio R por un arco de 100 pies ó de 20 metros, según el sistema de medidas utilizado.

Utilizando los valores recomendados para el factor de fricción (f) y la tasa de superelevación ó peralte.

2.1.4.5.4 CURVAS HORIZONTALES DE TRANSICIÓN

Para dar seguridad al recorrido de los vehículos desde una sección en recta ó tangente de una carretera a una determinada curva horizontal circular, los conductores desarrollan a su manera y en ocasiones invadiendo el carril vecino, una curva que podría denominarse de transición.

En los nuevos diseños se ha vuelto práctica común intercalar una curva de transición, que facilite a los conductores el recorrido seguro y cómodo de la curva, manteniendo el vehículo inscrito dentro de su carril y sin experimentar la violencia de la fuerza centrífuga que es propia de la circulación por dicha curva. La transición en espiral facilita el movimiento del timón, evitando cambios abruptos en la aceleración radial, que causa mucha incomodidad al conductor y los pasajeros, ya que la fuerza centrífuga se va incrementando hasta la curva circular y disminuye a la salida en sentido inverso, hasta alcanzar de nuevo la tangente. Esta longitud de transición es la longitud de la carretera en la cual se cambia de la sección con pendientes transversales normales que corresponde a una sección en tangente, a una sección con pendiente sobreelevada en un solo sentido.

Su punto inferior hacia el interior de la curva. Igualmente, la curva de transición ofrece una distancia apropiada de transición para la construcción de los sobreelevados exigidos por la curva circular.

2.1.4.5.5 SOBREELEVADOS EN CURVAS

Los sobreelevados se diseñan siempre en las curvas horizontales de radios pequeños, combinados con carriles angostos, para facilitar las maniobras de los vehículos en forma eficiente, segura, cómoda y económica. Los sobreelevados son necesarios para acomodar la mayor curva que describe el eje trasero de un vehículo pesado y para compensar la dificultad que enfrenta el conductor al tratar de ubicarse en el centro de su carril de circulación. En las carreteras modernas con carriles de 3.6 metros y buen alineamiento, la necesidad de sobreelevados en curvas se ha disminuido a pesar de las velocidades, aunque tal necesidad se mantiene para otras condiciones de la vía. Para establecer el sobreelevado en curvas deben tomarse en cuenta las siguientes consideraciones:

- a) En curvas circulares sin transición, el sobreebancho total debe aplicarse en la parte interior de la calzada. El borde externo y la línea central deben mantenerse como arcos concéntricos.
- b) Cuando existen curvas de transición, el sobreebancho se divide igualmente entre el borde interno y externo de la curva, aunque también se puede aplicar totalmente en la parte interna de la calzada. En ambos casos, la marca de la línea central debe colocarse entre los bordes de la sección de la carretera ensanchada.
- c) El ancho extra debe efectuarse sobre la longitud total de transición y siempre debe desarrollarse en proporción uniforme, nunca abruptamente, para asegurarse que todo el ancho de los carriles modificados sean efectivamente utilizados. Los cambios en el ancho normalmente pueden efectuarse en longitudes comprendidas entre 30 y 60 m.
- d) Los bordes del pavimento siempre deben tener un desarrollo suave y curvado atractivamente, para inducir su uso por el conductor.
- e) Los sobreebanchos deben ser detallados minuciosamente en los planos constructivos y por medio de controles durante el proceso de construcción de la carretera.

2.1.4.5.6 DISTANCIA DE VISIBILIDAD EN CURVAS HORIZONTALES

Obstrucciones a la visibilidad, localizadas en el interior de las curvas horizontales, tales como edificaciones, muros, árboles o bosques, barreras longitudinales, taludes en cortes y otros similares, deben ser tomados en cuenta para aplicarles el tratamiento de despeje que acompaña a un buen diseño. Los controles que se utilizan para un diseño apropiado son la distancia de visibilidad y la velocidad de diseño, elementos que deben ser bien estudiados y revisados para conciliarlos con las condiciones del sitio, ya sea para recomendar cambios de alineamientos ó remoción de obstrucciones, según la solución que califique de ser más factible.

La línea de vista es la cuerda de la curva y la distancia de visibilidad de parada se mide a lo largo de la línea central del carril interior de la referida curva. Se requiere que la ordenada media desde el centro de la curva hasta la obstrucción, no obstaculice la visibilidad de parada requerida en sus valores alto y bajo, para satisfacer las necesidades del conductor.

2.1.4.6 ALINEAMIENTO VERTICAL

2.1.4.6.1 TIPOS DE TERRENOS

El alineamiento vertical de una carretera está ligada estrechamente y depende de la configuración topográfica del terreno donde se localice la obra. Se compone de líneas rectas y curvas en el plano vertical, identificándose las subidas o pendientes ascendentes con un signo positivo (+), y las bajadas con signo negativo (-), expresadas usualmente en porcentajes.

Aparte de consideraciones estéticas, costos de construcción, comodidad y economía en los costos de operación de los vehículos, siempre deben tomarse en cuenta los siguientes factores:

- Visibilidad y accidentalidad.
- Composición del tránsito.
- Relación entre la velocidad y sus engranajes de cambio en la operación del vehículo.

Idealmente se desea que los vehículos operen en el cambio mas alto en el alineamiento vertical, sin necesidad de cambiar hasta la detención; pero por consideraciones económicas se aceptan pendientes mayores a las ideales. La tabla 2-e, a continuación, contiene una clasificación de las pendientes en los terrenos naturales donde se localizan las carreteras.

Tabla 2-e Clasificación de los terrenos en función de las pendientes naturales.

Tipo de Terreno	Rangos de Pendiente (%)
Llano o plano	$G \leq 5$
Ondulado	$5 > G \leq 15$
montañoso	$15 > G \geq 30$

fuelle: Manual de Carreteras SIECA, G = pendiente

La AASHTO identifica las tres categorías generales de terreno del cuadro anterior, en la forma que se describe seguidamente:

- **Terreno plano:** Es aquel en el cual se dan condiciones topográficas favorables para los levantamientos de campo, el diseño horizontal y vertical, la construcción y reconstrucción de las obras viales, facilitándose el mantenimiento y la segura, cómoda y económica operación de los vehículos. Las distancias de visibilidad en el alineamiento horizontal y vertical pueden lograrse sin mayores dificultades.
- **Terreno ondulado:** Presenta frecuentes pendientes de subida y bajada y, ocasionalmente, ofrece algunas dificultades y restricciones en el alineamiento horizontal y vertical de las carreteras.
- **Terreno Montañoso:** El cual ofrece dificultades y altos costos en la construcción por la frecuencia de cortes y rellenos, que se requieren para lograr alineamientos horizontales y verticales aceptables.

Las pendientes longitudinales y transversales son frecuentes en este tipo de terreno.

Las pendientes de las carreteras ya construidas tienen una influencia muy relevante en la operación de los vehículos que circulan por ellas. En los automóviles, las pendientes de subida hasta 5 por ciento, no tienen influencia apreciable en su velocidad, cuando se compara con las correspondientes a terreno plano.

En pendientes de subida mayores, la velocidad decrece progresivamente, y en las de bajada estos vehículos livianos sufren un pequeño aumento, siempre comparadas con las velocidades en terreno plano. Las condiciones del sitio relacionadas con comodidad y seguridad, imponen restricciones a estas velocidades. En vehículos pesados, la influencia de las pendientes es bastante significativa por el atraso que produce a otros vehículos, especialmente en carreteras con altos o significativos volúmenes de tránsito, ya que la velocidad de estos vehículos se reduce tanto en subida, como en bajadas.

2.1.4.6.2 CURVAS VERTICALES

En términos generales existen curvas verticales en crestas o convexas y en columpio o cóncavas. Las primeras se diseñan de acuerdo a la más amplia distancia de visibilidad para la velocidad de diseño y las otras conforme a la distancia que alcanzan a iluminar los faros del vehículo de diseño.

De aplicación sencilla, las curvas verticales deben contribuir a la estética del trazado, ser confortables en su operación y facilitar las operaciones de drenaje de la carretera. La configuración parabólica de estas curvas es la más frecuentemente utilizada.

a. Diseño de Curvas Verticales en Cresta ó Convexa.

Existen dos condiciones para diseñar este tipo de curvas: La primera considera que la longitud de la curva (L) es mayor que la distancia de visibilidad (S) y la segunda se presenta cuando L es menor que S . La tabla 2-f ejemplifica lo anterior, basándose en los criterios descritos:

Tabla 2-f Cuadro de diseño de curvas verticales en cresta basados en las distancias de visibilidad de parada y adelantamiento

Velocidad de diseño Km/h	Velocidad de marcha Km/h	Distancia de parada de diseño (m)	Tasa de curvatura vertical K, long (m) por % de G*	Distancia mínima de adelantamiento para diseño (m)*	Tasa de curvatura vertical K, Long (m) por % de G*
30	30 - 30	30 - 30	3 - 3	217	50
40	40 - 40	45 - 45	5 - 5	285	90
50	47 - 50	60 - 65	9 - 10	345	130
60	55 - 60	75 - 85	14 - 18	407	180
70	67 - 70	95 - 110	22 - 31	482	250
80	70 - 80	115 - 140	32 - 49	541	310
90	77 - 90	130 - 170	43 - 71	605	390
100	85 - 100	160 - 205	62 - 105	670	480
110	91 - 110	180 - 245	80 - 151	728	570

Fuente: Manual de Carreteras SIECA

b. Diseño de Curvas en Columpios o Cóncavas

Se han identificado los siguientes cuatro criterios para usarse en el cálculo de las longitudes de curvas en columpios:

- El primero se basa en la distancia iluminada por los faros delanteros del vehículo.
- El siguiente toma en cuenta básicamente una sensación subjetiva de comodidad en la conducción, cuando el vehículo cambia de dirección en el alineamiento vertical.
- El tercero considera requerimientos de drenaje.
- El último se basa en consideraciones estéticas.

2.1.4.7 CRITERIOS DE SELECCIÓN Y DISEÑO DE LAS INTERSECCIONES

Conviene hacer de inicio algunas consideraciones básicas de alcance general, sobre el diseño de las intersecciones de las carreteras:

- El diseño de las intersecciones de una carretera debe corresponder en un todo a su función, responder así a las necesidades de los vehículos automotores que se interceptan o mezclan en dicha área de encuentro.
- La seguridad en las intersecciones, depende en gran medida de su percepción por los usuarios, de la facilidad con que la geometría y el funcionamiento de la misma es percibida desde lejos y en sus proximidades, y comprendida por automovilistas y peatones. En este sentido, resulta interesante el mantenimiento de una cierta homogeneidad en el diseño de las intersecciones a lo largo de una carretera. Asimismo, debe tenerse en mente el propósito de que el cruce y sus aproximaciones constituyan un conjunto coherente.
- Debe resaltarse el diseño y construcción de aquellas intersecciones que marcan el cambio entre dos tramos diferentes. Concretamente, la primera intersección de una carretera o segmento de la misma tiene una importancia decisiva para el comportamiento de los conductores en el conjunto de la instalación vial. En dicha intersección deben manifestarse las nuevas funciones de la vía, la velocidad que se pretende garantizar, su capacidad y la transición entre los dos regímenes de circulación.
- En las intersecciones a nivel, puede ser útil el empleo de materiales especiales en la superficie de rodamiento, que sean visibles día y noche y que demarquen el espacio del cruce.
- La velocidad de circulación en la intersección y su entorno debe reflejarse en su geometría y ser complementada por una señalización clara y concisa.

- Adquiere importancia decisiva en las intersecciones la información sobre destinos, por lo que un efectivo señalamiento de tipo informativo resulta imperativo para facilitar la oportuna toma de decisiones de parte de los usuarios.
- Desde el punto de vista de la geometría del diseño geométrico, deben establecerse con cierta exactitud los radios de giro, en función del vehículo de diseño, y proyectarse en forma consecuente las islas y contornos de la intersección.

2.1.4.8 CONCEPTOS GENERALES DE UNA INTERSECCIÓN

Intersección: Es el área donde dos o más carreteras se intersectan, ya sea uniéndose o simplemente cruzándose. A cada vía que sale o llega a una intersección se le puede identificar como ramal o acceso de la intersección. A los elementos que unen las distintas ramas de una intersección se les conoce como enlaces, que adquieren el nombre de rampas cuando unen dos vías a diferentes niveles.

Tipos de Maniobras: Dentro del área de una intersección, se realizan maniobras de divergencia o separación, convergencia o integración y cruce, a las cuales se deben añadir las maniobras de entrecruzamiento. Todas estas maniobras son fuente de conflictos, no sólo para el conductor que realiza la maniobra misma, sino que puede abarcar también a otros vehículos que se aproximan a la zona de conflicto, en la cual los conductores involucrados en el propio uso de la intersección, pueden causar trastornos o problemas a los demás conductores que operan hacia delante o hacia atrás de la intersección.

Divergencia o Separación: Es la maniobra más sencilla y, por lo tanto, la menos conflictiva de las que se realizan en una intersección. El área de conflicto comienza en el punto donde se reduce la velocidad del vehículo que se separa de la corriente, afectando al vehículo que va detrás de él a distancia prudencial, hasta que completa la maniobra.

Convergencia o Integración: No puede realizarse a voluntad del conductor, sino que debe ser diferida hasta que exista un espacio adecuado entre dos vehículos que circulen por el carril al cual se va a incorporar. El área de conflicto se extiende hasta donde el vehículo que converge alcanza la velocidad de la corriente del tránsito en dicho carril.

Área de Conflicto: El área de conflicto del cruce ocurre a una distancia del área de posible colisión hacia atrás, tanto del vehículo que cruza como de los vehículos que facilitan dicho cruce en la intersección.

Entrecruzamiento: Se identifica como el cruce de dos corrientes de tránsito que circulan en un mismo sentido y se efectúa mediante sucesivas maniobras de convergencia y separación. La zona de entrecruzamiento la constituye un camino de un sentido de circulación, cuya longitud y ancho determina la posibilidad de que en forma segura se realicen las maniobras de convergencia en un extremo y de divergencia en el extremo opuesto.

Áreas de maniobra: Que incluye el área potencial de colisión o conflicto y la parte de los accesos desde la cual se ve afectada la operación de los vehículos. Las áreas de maniobras pueden ser simples, múltiples y compuestas.

Área de maniobra simple: Es simple cuando dos vías de un solo sentido de circulación y un solo carril se cruzan, convergen y divergen.

Área de maniobra múltiple: Es múltiple cuando se presentan las mismas condiciones de circulación unidireccional, pero concurren más de dos carreteras o arterias en la intersección.

Área de maniobra compuesta: Es compuesta, cuando las maniobras se efectúan en más de un solo carril de circulación.

2.1.4.9 ELECCIÓN Y CLASIFICACIÓN DEL TIPO DE INTERSECCIONES A UTILIZAR

2.1.4.9.1 ELECCIÓN DEL TIPO DE INTERSECCIÓN

La elección del tipo de intersección es clave en el diseño de las carreteras, ya que éstas condicionan ampliamente la capacidad de la red, la seguridad de su funcionamiento y la integración de la carretera en el medio en que se localiza. La elección del tipo de intersección depende de varios factores, entre los que se mencionan:

- Características geométrica de las vías que se intersectan y del tránsito que las utiliza, así como el número e importancia jerárquica de las carreteras que convergen en el sitio. Los volúmenes y la clasificación del tránsito, las proporciones de giros a la izquierda, a la derecha y cruces directos. También se dará importancia al movimiento peatonal, de ciclistas y otros. La regulación del tránsito y la cantidad y tipo de accidentes registrados por intersección, tendrá especial relevancia para la elección del tipo de diseño.
- Condiciones del sitio: la topografía, la disponibilidad y costo del terreno, las condiciones de visibilidad, las características y exigencias del ambiente y la posibilidad de usar materiales especiales en el pavimento, que sean visibles día y noche para delimitar el espacio del cruce.

2.1.4.9.2 CLASIFICACIÓN GENERAL

En general se clasifican las intersecciones de la siguiente manera, mencionadas en orden creciente de importancia y complejidad en su diseño:

- Intersecciones convencionales al mismo nivel.
- Intersecciones controladas por semáforos.
- Intersecciones a distinto nivel e intercambios.
- Intersecciones canalizadas.
- Rotondas ó intersecciones giratorias.

a. Las Intersecciones Convencionales y Canalizadas.

Las intersecciones convencionales a nivel han sido el tipo más común de diseño de cruces de carreteras en el pasado. Hoy día, continúan siendo el tipo de intersección más común en áreas urbanas, suburbanas y rurales de Centroamérica, siendo sin embargo sustituidas de manera gradual y quizá un poco lenta, por otros tipos de intersecciones más complejas, cuando los volúmenes de tránsito o los porcentajes de giros en las intersecciones aumentan, justificando las modificaciones.

Las intersecciones convencionales a nivel pueden justificarse:

- Cuando los recorridos no tienen un marcado carácter de tránsito a larga distancia.
- Cuando no se trata de un único cruce a nivel, sino de una sucesión de pasos preseñalizados, de diseño similar, que evita el efecto sorpresa.
- Cuando el tránsito es inferior a cierto umbral, que algunas publicaciones establecen en menos de 250 – 350 vehículos por hora para la vía secundaria y 900 vehículos por hora para la principal.
- Cuando el diseño de la señalización es cuidadoso a efectos de legibilidad y comprensión por los conductores.

b. Consideraciones sobre las Intersecciones Semaforizadas.

Este tipo de intersecciones se ha convertido en la forma de regulación más común de las intersecciones urbanas en todo el mundo, a partir de ciertos volúmenes de tránsito.

Las intersecciones semaforizadas presentan las siguientes ventajas:

- Proporcionan unas reglas simples y universales para el paso de vehículos.
- Pueden adaptarse a través de modificaciones del ciclo y fases de los semáforos a distintas condiciones de tránsito.

- Facilitan el paso de peatones, otorgándoles tiempo propio dentro del ciclo usual de los semáforos.
- Su ocupación de superficie es mínima, donde usualmente el valor del terreno es alto y grandes las limitaciones para su adquisición.
- Permiten la coordinación de los recorridos principales mediante la coordinación de los semáforos en cascada, para mayor efectividad de la circulación del tránsito.
- Se integran bien en la textura urbana.

Sus desventajas más claras son:

- Aumentan los tiempos inútiles de espera donde se presentan condiciones de escasa o nula circulación durante prolongados períodos.
- Requieren un mantenimiento continuo y complejo si forman parte de una red centralmente operada por computadoras, como sucede en el entramado de las vías de ciertas áreas urbanas.
- Su complejidad aumenta notablemente si se trata de asegurar todos los movimientos en la intersección y, en concreto, los giros a la izquierda. Estos últimos entran en conflictos con los pasos de peatones.
- No permiten el cambio de sentido.

c. El Proceso de Selección del Diseño.

Para seleccionar el tipo de intersección, existen aspectos generales a considerar, donde el proceso de estudio podría incorporar las siguientes fases:

- Un estudio del tránsito de vehículos en la intersección, actuales y proyectados, que incluya volúmenes por acceso, movimientos direccionales, distribución horaria y datos en hora pico ó punta y composición del tránsito por tipos de vehículos.

- Estudios especiales del movimiento peatonal, donde el caso lo justifique.
 - Definición previa de los objetivos de la intersección con relación al funcionamiento de la carretera.
 - Definición de objetivos en relación con el entorno, en especial lo relativo a la preservación de lugares con atractivos turísticos y la protección del ambiente local.
 - Estudio de posibles opciones dentro de parámetros de diseño conciliados con su entorno, tomando en cuenta capacidad, nivel de servicio, costos de construcción y mantenimiento.
- El elemento costo ha sido determinante para que en las carreteras regionales de Centroamérica muchas intersecciones continúen funcionando como simples intersecciones a nivel, cuando los volúmenes de tránsito y la intensificación de los conflictos son una clara demostración de que hay que utilizar intersecciones canalizadas y, en algunos casos, intersecciones a desnivel o intercambios.

El diseño de las intersecciones es sensitivo a condiciones variadas de operación del tránsito y sus dimensiones se relacionan directamente con las características operativas que se desean.

2.1.4.10 TIPOS DE INTERSECCIONES

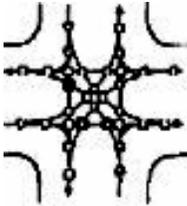
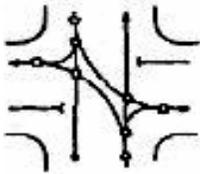
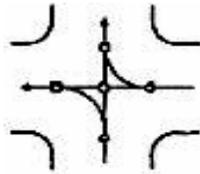
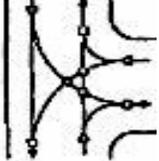
El número de conflictos que puede enfrentar el tránsito vehicular en una intersección de dos carreteras es considerable, pero se puede modificar dentro de ciertos límites a voluntad del diseñador, como se muestra en la figura II- 4.

La frecuencia de los conflictos depende de los volúmenes de tránsito que se encuentran en la distribución de las trayectorias del flujo de vehículos.

La clasificación de las carreteras, los volúmenes de tránsito que atienden y la velocidad con que operan en los distintos ramales, con su enorme potencial de conflictos, son los factores que determinan el tipo de intersección a seleccionar.

En este sentido existen intersecciones de tres, cuatro y más accesos, con y sin canalizaciones. En la siguiente figura II- 4 se presentan algunos tipos de intersecciones

Fig. II- 4 Intersecciones de tres y cuatro accesos con posible numero de conflictos.

Intersección de cuatro accesos con un solo carril por sentido y sin control		Conflictos Saliendo 8 Entrando 8 Cruce directo 4 Giros 12 Total 30
Intersección de cuatro accesos con un solo carril por sentido y con semáforo		Conflictos Saliendo 4 Entrando 2 Cruce directo 0 Giros 2 Total 8
Intersección de cuatro accesos con dos direcciones sin semaforo		Conflictos Saliendo 2 Entrando 2 Cruce directo 1 Giros 0 Total 5
Intersección de tres accesos con un solo carril por sentido y sin semaforo		Conflictos Saliendo 3 Entrando 3 Cruce directo 0 Giros 2 Total 8

Fuente: Manual de Carreteras SIECA

a) Las Intersecciones en T.

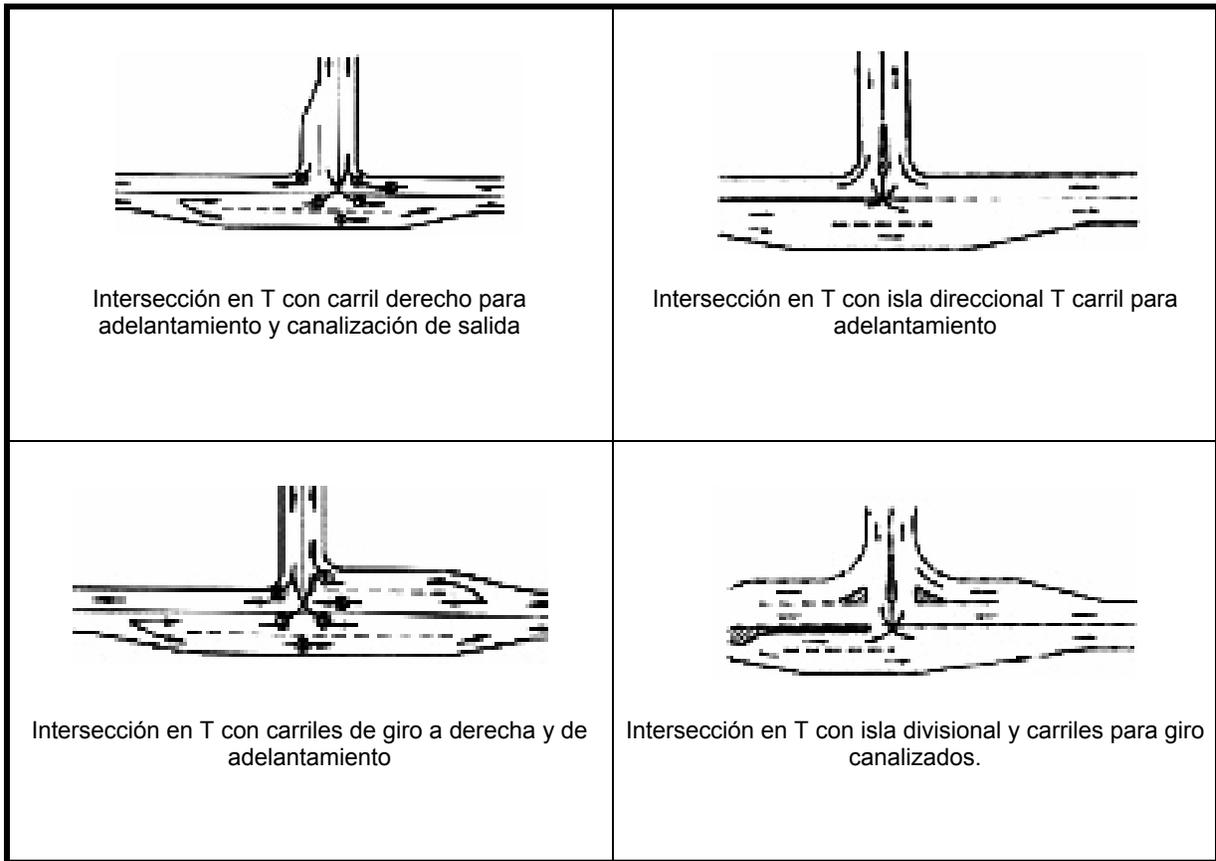
Las intersecciones de tres accesos o en T, sin canalizaciones, son comunes y se diseñan para situaciones bien identificadas de bajos volúmenes de tránsito, con poca presencia de vehículos pesados. Es usual incorporar este tipo de diseño en intersecciones rurales de carreteras de dos carriles de circulación.

En situaciones de alta velocidad y significativos volúmenes de giros, se necesita mayor área para la maniobrabilidad de los vehículos, motivo por el cual se utilizan carriles auxiliares que aumentan la capacidad y seguridad de los vehículos que giran a la derecha o la izquierda. Cuando existe presencia de vehículos lentos, los carriles auxiliares permiten al tránsito directo o de frente, maniobrar con facilidad para evadir esta dificultad. A continuación se presentan las siguientes situaciones en las cuales se hacen necesarios los carriles auxiliares para controlar el funcionamiento de las intersecciones:

- Cuando el volumen de tránsito de cruce directo es elevado y el que gira a la izquierda es menor.
- Cuando el tránsito de cruce directo es alto y el que gira a la derecha es menor.
- Cuando los movimientos de giros en la intersección son elevados.

Para enfrentar estas situaciones en carreteras de tres accesos, existen diferentes tipos de configuraciones geométricas que contribuyen a mejorar el funcionamiento de estas intersecciones a nivel, utilizando el recurso de semaforizarlas, canalizarlas u operarlas sin canalización alguna, lo cual depende de las condiciones de los volúmenes de tránsito, de consideraciones económicas y de los aspectos ambientales. Se ha preparado la figura II-5.

Fig. II- 5 Intersecciones de tres accesos O en “T”

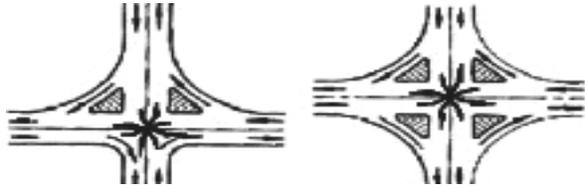
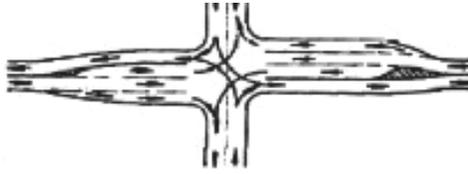
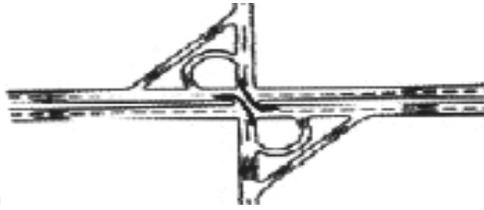


Fuente: Manual de Carreteras SIECA

b) Las Intersecciones de Cuatro Ramales.

Las intersecciones sencillas de cuatro ramales resultan apropiadas para cruces de caminos de bajos volúmenes de tránsito, también son apropiadas para caminos de poco tránsito que intersectan carreteras de mucho volumen, pero donde las maniobras de giro son de menor significación relativa. Las intersecciones ensanchadas con carriles adicionales, incrementan la capacidad de la intersección para los movimientos de cruce directo y los giros en la arteria principal. (Ver figura II-6).

Fig. II- 6 Tipos de intersecciones de cuatro accesos.

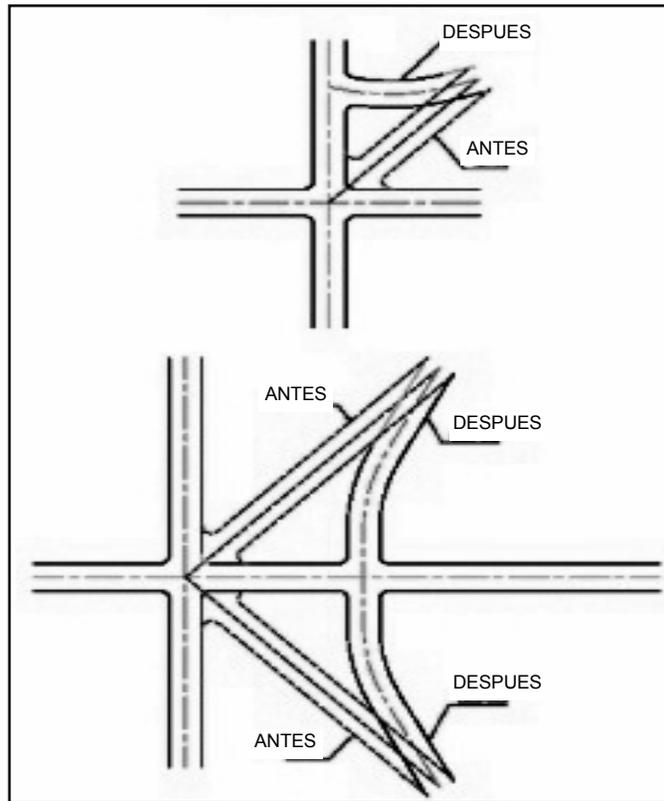
<p><u>Canalizadas</u></p>	
<p><u>Ensanchadas</u></p>	
<p><u>Sencillas</u></p>	
<p><u>Semi trebol a nivel</u></p>	

Fuente: Manual de Carreteras SIECA

c) Otras Intersecciones.

Además de los modelos de intersecciones antes mostrados, existen también intersecciones bastante conflictivas con más de cuatro accesos o ramales, como las que se presentan a manera de, limitada ilustración en la figura II-7, pero que pueden ser simplificadas en las formas mostradas en la misma lámina.

Fig. II-7 Intersecciones con más de cuatro accesos; su realineamiento.



Fuente: Manual de Carreteras SIECA

2.1.4.11 ELEMENTOS DE DISEÑO GEOMÉTRICO

2.1.4.11.1 ORIENTACIONES BÁSICAS PARA EL ALINEAMIENTO Y EL PERFIL LONGITUDINAL

Como regla general, el alineamiento de una intersección a nivel debe ser en tangente y las pendientes tan suaves como ello sea posible.

Aunque las condiciones del terreno son las que dictan la última palabra, es bajo esas condiciones ideales que los conflictos entre vehículos, peatones y ciclistas se reducen, pues al usuario se le da tiempo para percibir, discernir y realizar las maniobras necesarias para pasar por la intersección, ocasionando un mínimo de interferencias.

Las distancias de visibilidad, por otra parte, deben ser iguales o mayores que los mínimos recomendados para determinadas condiciones.

Por consideraciones de economía en los costos y seguridad en las operaciones, las carreteras deben interceptarse en ángulo recto o lo más cercano a dicho ángulo (hasta un ángulo de 75 grados se considera generalmente deseable, un ángulo de 60 grados puede ser una variación máxima permisible).

Las intersecciones en ángulos agudos, requieren amplias áreas para las maniobras de giro, o sea que incrementan las áreas de exposición a los peligros, y tienden a limitar la visibilidad, sobre todo de los conductores de vehículos pesados de carga.

Por lo que se refiere al perfil longitudinal, se insiste en conservar las distancias de visibilidad a lo largo de las dos carreteras y de la intersección misma, por lo que debe evitarse la combinación de gradientes que hacen difícil el control de los vehículos. Ya se ha dicho que, en el diseño de la propia intersección, las pendientes deben ser suaves, como lo deben ser también en el espacio diseñado para el almacenamiento de los vehículos detenidos en la denominada plataforma de almacenamiento.

Como una regla final, el alineamiento y las pendientes longitudinales en las intersecciones, están sujetas a restricciones mayores que los mismos elementos de diseño en los tramos entre intersecciones.

2.1.4.11.2 CURVATURA PARA GIROS

Los parámetros más importantes que se utilizan en el diseño geométrico de las intersecciones son el vehículo de diseño, el ángulo de giro, el radio de los bordillos, el ancho de los carriles y el tamaño ó área de la isla, cuando exista el propósito de construir una intersección canalizada.

La operación de salida o entrada al carril de la carretera es facilitada cuando el borde exterior es diseñado con espirales o curvas compuestas para evitar que los conductores realicen abruptas maniobras de deceleración, para permitir el desarrollo de la sobreelevación antes de la curvatura máxima y para posibilitar que los vehículos sigan una trayectoria natural en su desplazamiento. Estos elementos de diseño son determinados en muchos casos por el comportamiento de los vehículos pesados en la corriente del tránsito, cuyas dimensiones y características de giro, establecen las diferencias en la trayectoria del voladizo frontal externo y la rueda trasera interna, cuando giran en la intersección. También se deben tomar en cuenta las características operacionales, los costos de construcción y mantenimiento de las intersecciones, la presencia de peatones, ciclistas y otros tipos de vehículos a motor; así mismo, el tipo de control del tránsito y la disponibilidad del derecho de vía.

2.1.4.11.3 SOBREELEVACIÓN DE CURVAS EN INTERSECCIONES

En intersecciones a nivel, la sobreelevación máxima de las curvas debe ser del 10 por ciento, recordando que en carretera abierta y condiciones favorables del clima la sobreelevación alcanza hasta un máximo tolerable de 12 por ciento.

Los radios y las longitudes de los carriles para giros en intersecciones son de dimensiones limitadas, los conductores se dan cuenta de esta situación y aceptan una mayor fricción lateral en este tipo de curvas, que las que encuentran en otros tramos de carretera abierta, cuando las velocidades no son afectadas por los otros vehículos. Cuando los volúmenes de tránsito son de significación, los conductores operan a velocidades menores por cuanto deben realizar maniobras de separación y confluencia con las otras corrientes de tránsito.

Es aconsejable dar la sobreelevación máxima posible en las curvas de las intersecciones, sin dejar de reconocer la dificultad práctica de obtener la sobreelevación deseada sin cambios abruptos en las terminales.

Este hecho ha sido reconocido para disponer el uso de bajas tasas de sobreelevación en el desarrollo de curvas estrechas con radios mínimos. Se recomiendan los valores de sobreelevación mostrados en la tabla 2-g, en función de las velocidades de diseño.

Tabla 2-g Sobreelevación en curvas de intersecciones

Radio (m)	Rangos de sobreelevación, %					
	Velocidades de diseño de curvas, Km/h					
	20	30	40	50	60	70
15	2 - 10	-	-	-	-	-
25	2 - 7	2 - 10	-	-	-	-
50	2 - 5	2 - 8	4 - 10	-	-	-
70	2 - 4	2 - 6	3 - 8	6 - 10	-	-
100	2 - 3	2 - 4	3 - 6	5 - 9	8 - 10	-
150	2 - 3	2 - 3	3 - 5	4 - 7	6 - 9	9 - 10
200	2	2 - 3	2 - 4	3 - 5	5 - 7	7 - 9
300	2	2 - 3	2 - 3	3 - 4	4 - 5	5 - 6
500	2	2	2	2 - 3	3 - 4	4 - 5
700	2	2	2	2	2 - 3	3 - 4
1000	2	2	2	2	2	2 - 3

Fuente: Manual de Carreteras SIECA

2.1.4.12 Los Giros a Izquierda

- **Consideraciones Especiales para el Diseño de los Giros a Izquierda**

El elemento más crítico en el diseño geométrico de una intersección a nivel, son los volúmenes de tránsito que giran a la izquierda, debido a la alta peligrosidad de la maniobra en relación con los otros movimientos que son característicos en estas áreas de conflicto. La disposición de excluir o permitir los giros a izquierda en una intersección, afecta los niveles de servicio de las carreteras y la seguridad de la misma intersección.

Gran parte de los accidentes que suceden tienen relación con los giros a izquierda y la capacidad de las intersecciones es altamente influenciada por los vehículos que giran en ese sentido.

Los vehículos que giran a la izquierda entran en conflicto con

- i.) El tránsito que viene de paso en sentido contrario
- ii.) El tránsito que cruza la intersección
- iii.) El tránsito de paso en el mismo acceso.

De lo anterior se desprende que es deseable en alto grado proveer carriles para giros a izquierda, aunque desafortunadamente no siempre es posible lograrlo.

Algunos de los factores geométricos y operacionales que influyen en la disposición de construir carriles para giros de izquierda, son los que siguen:

- Clasificación funcional de carreteras de dos o más carriles, con y sin mediana.
- Uso de dispositivos para el control del tránsito, con semáforos, marcas en el pavimento y señales verticales.
- Velocidad de los vehículos.
- Volúmenes de tránsito que giran a la izquierda.
- Otros volúmenes de tránsito en la intersección bajo análisis.
- Características del entorno de la intersección (urbano, suburbano, rural).
- Características topográficas del sitio.

2.1.4.13 CARRILES AUXILIARES PARA ACELERACIÓN Y DECELERACIÓN

Considerando los volúmenes de tránsito, es aconsejable la construcción de carriles de aceleración y deceleración (carriles para cambios de velocidad).

Para asegurar el movimiento normal de la corriente de tránsito, con el mínimo de perturbación que pudieren causar los movimientos de giros en la intersección.

Los carriles de aceleración para los vehículos que salen de la vía secundaria y los de deceleración para los que entran a la vía secundaria desde la vía principal, en ambos casos deben disponer de una apropiada longitud de transición y diseñarse con un ancho mínimo de 3.0 metros, aunque es más deseable que tengan el ancho de carril de la carretera a la cual se integra. Estos carriles de aceleración y deceleración son parte de una intersección a nivel, aunque igualmente y con el mismo concepto, se utilizan en las terminales de las rampas de los intercambios. Este tipo de instalaciones se diseña habitualmente para carreteras de alta velocidad y grandes volúmenes de tránsito, como las autopistas especiales y las colectoras primarias.

Es importante mencionar que este tipo de carriles, no se recomiendan en intersecciones operadas con semáforos o controladas por las señales de ALTO.

Para diseñar carriles de aceleración, deben considerarse los factores siguientes:

- Velocidades de ruedo
- Tasas de aceleración
- Distancias de visibilidad
- Pendientes
- Entorno
- Proporción de vehículos pesados en la carretera secundaria

La longitud de un carril de aceleración se basa en la velocidad que llevan los vehículos que entran a la intersección, la manera de acelerar, la velocidad de los vehículos que entran en relación con el tránsito directo y los volúmenes de tránsito de las carreteras que se intersectan.

En el caso de los carriles de deceleración, es necesario conocer los siguientes factores:

- Radio de la curva de entrada a la vía secundaria
- Tasas de deceleración
- Velocidad de ruedo de la corriente de tránsito
- Entorno

La longitud de carriles de deceleración depende de estos factores:

- La velocidad a la cual los conductores maniobran para entrar a este carril auxiliar, que es la velocidad promedio del ruedo al inicio del mismo.
- La manera de decelerar en cambio o embrague por 3 segundos.
- Los conductores frenen confortablemente hasta que alcanzan la velocidad promedio de ruedo de la curva al principio de la carretera secundaria.

En relación con estos carriles para cambios de velocidad, es una práctica común proveer una transición para facilitar la traslación del vehículo desde un carril sobre la vía principal hacia el carril auxiliar lateral o viceversa.

En los accesos de las intersecciones, estos carriles auxiliares funcionan como carriles de refugio para los vehículos que giran, reduciendo así situaciones azarosas y al mismo tiempo aumentar la capacidad.

2.1.4.14 VISIBILIDAD EN LAS INTERSECCIONES

Los accidentes en las intersecciones son comunes y parte de ellos se deben a diseños obsoletos o diseños que, pese a ser adaptados a las nuevas tecnología, enfrentan situaciones de incomprensión de parte de los usuarios sobre la operación funcional de los mismos.

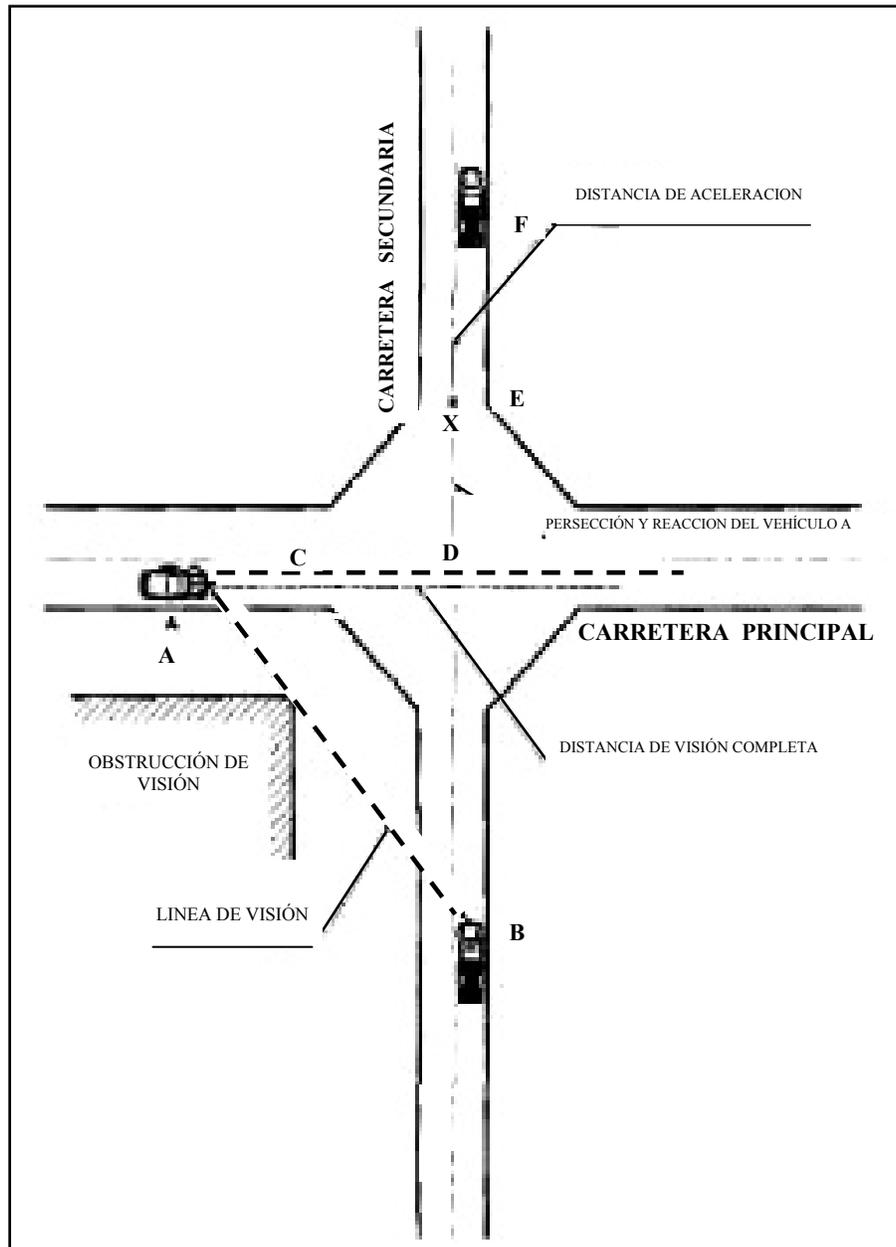
Consecuentemente, el diseño de esta parte de las carreteras debe ser estudiado con mucho cuidado para evitar, hasta donde sea posible, todas las situaciones de riesgo que puedan llevar a movimientos azarosos de la corriente de tránsito. Uno de los elementos que debe llamar especial atención, es el diseño de distancias seguras de visibilidad en los accesos para los vehículos que circulan por la intersección.

El conductor que se aproxima a una intersección a nivel debe tener una visión sin obstáculos de la intersección completa y de suficiente longitud de la carretera que intercepta, para tener el control necesario del vehículo que le evite colisiones con otros vehículos. Debe existir una distancia de visibilidad suficiente sin obstáculos a lo largo de ambos accesos de las carreteras en una intersección, para permitir que los conductores de los vehículos que se aproximan simultáneamente alcancen a verse el uno al otro con tiempo suficiente para prevenir colisiones.

Cada conductor dispone de tres posibilidades, acelerar, reducir la velocidad y detenerse. Para cada caso, la relación espacio-tiempo-velocidad determinará el triángulo de visibilidad libre de obstrucciones que debe existir o, de otra manera, establecer las restricciones operativas necesarias para la seguridad de los movimientos donde se presenten condiciones inferiores a las deseables.

Cualquier objeto dentro del triángulo de visibilidad mostrado en la figura II-8, que sea suficientemente alto sobre la elevación de la carretera adyacente, como para ser un obstáculo visual, debe ser removido o reducido en su altura.

Fig. II- 8 Triangulo de Visibilidad.



Fuente: Manual de Carreteras SIECA

2.2 TRABAJO DE CAMPO

a) Inspecciones Y Visitas A La Zona De Interés Del Proyecto:

Se realizaron visitas periódicas a la colonia Solórzano, con el fin de recolectar la mayor información en beneficio del diagnostico actual que se obtuvo de la zona.

Entre los aspectos que se observaron y se evaluaron se pueden mencionar:

- Deficiencias o falta del sistema de alcantarillado de la zona.
- Funcionabilidad de la red vial interna de la colonia Solórzano.
- Deficiencias del sistema de drenaje.
- Deficiencia de las características de la estructura de pavimento de la zona.
- Topografía del terreno.
- Calidad de las características mecánicas de los suelos de la zona.
- Las características hidrológicas de la zona.

b) Levantamiento topográfico

En esta etapa se hizo el levantamiento de la quebrada sinaí, con el método de poligonal abierta, partiendo del costado sur hacia el norte de la quebrada, también se hizo el amarre respectivo de todos los detalles importantes como lo son tramos de canaleta, muros de retención, tuberías, que existían a lo largo del cauce de la quebrada.

Se realizó también la nivelación de secciones transversales a cada 20 mts sobre el cauce de la quebrada, utilizando el método de nivelación compuesta definiendo bancos de marca en la zona de la quebrada.

Esto proporcionó información sobre planimetría y altimetría del terreno, con lo cual fue posible obtener la configuración del terreno.

c) Estudio de suelos

Dicho estudio fue de gran importancia, para obtener información sobre, las propiedades físicas y mecánicas del subsuelo, la estratigrafía del área de estudio, presiones admisibles del suelo a diferentes profundidades, depósitos orgánicos en la zona.

Las pruebas que se realizaron fueron las siguientes:

- Ensayo de penetración estándar (SPT) ASTM – D – 1586- 92.
- Ensayo California Bearing Ratio (CBR).

De los cuales se efectuaron dos sondeos de cada ensayo, en puntos definidos de la zona con la maquinaria y equipo normado que debe utilizarse para la realización de dichas pruebas.

d) Estudio hidrológico

Definió las características hidrológicas de la zona, y tuvo como objetivo determinar el caudal máximo probable que fluye a través de la quebrada Sinaí que atraviesa la zona de interés y revisar la capacidad hidráulica de la obra de paso ubicada en la zona.

El estudio hidrológico se realizó con la siguiente metodología:

- Se realizó la digitalización del cuadrante topográfico (1:25000), de la zona delimitada por el punto de interés del estudio, por medio de un escáner y se archiva la imagen digitalizada.
- Luego se recurre al programa AUTOCAD para realizar el arrastre del archivo de la imagen por medio del comando Raster Image ubicado en las herramientas de insertar de AUTOCAD.
- Trasladada dicha imagen al programa AUTOCAD, se procede a ubicar la imagen con su escala natural (1:25000), utilizando el comando ALIGNE se adapta la imagen a una escala conveniente determinada que permita el trabajo sobre dicha imagen.
- Luego de lo anterior se procede a trazar el parte de aguas determinado por el punto de interés hasta formar el área de la cuenca, además se traza el cauce más largo de la cuenca con los comandos LINE o POLYLINE

- Para obtener el área y el perímetro, de dicha cuenca se utilizan los comandos AREA Y PERIMETER, respectivamente los cuales nos dan las dimensiones de dichos parámetros.
- Con la información anterior, además de las elevaciones de la cuenca, coeficiente de escorrentía, precipitación y otros, se introducen al programa de cálculo de caudales con el cual se obtuvieron los parámetros presentados en la tabla No 2 .m.

2.2.1 DIAGNOSTICO ACTUAL DE LA ZONA.

a) Ubicación y población:

La colonia Solórzano se ubica en la parte sur oriente de la ciudad de Santa Ana, específicamente en la zona del by pass hacia Metapan (aproximadamente a 300 mts al oriente de la rotonda, entrada principal a la ciudad de santa ana).

Los colindantes de la colonia son los siguientes al norte con la colonia piramidal y barrio el ángel, al oriente con la colonia 5 de marzo y el nuevo colegio San José, al sur con la urbanización Bella Santa Ana, y al occidente con el sistema de By Pass. Internamente la colonia Solórzano tiene una población aproximada de 600 personas y se comunica con el sector urbano de la ciudad por medio de la arteria vehicular llamada by pass hacia Metapan.

b) Problemas Técnicos de Geometría, Drenaje, Alcantarillado y Estructura de Pavimento

b.1) Problemas de Geometría:

El 80 % de la red interna vial de la colonia Solórzano se alinea sobre terreno plano, las pendientes de dicha red oscilan en un rango del 1% a un máximo del 3%. Lo cual no genera muchas limitaciones a la capacidad vial y el nivel de servicio.

Reflejándose especialmente en la velocidad media de operación de los vehículos. Esto en cuanto al alineamiento vertical y horizontal.

La sección transversal en algunos tramos de la red representa una restricción a la capacidad, velocidad y seguridad de la red. Como puntualmente sucede en la calle Capitán Guzmán a la altura de la obra de paso sobre la quebrada Sinaí donde se pierde el ancho inicial de los carriles que es de 9.0 mts y se reduce a 4.25 mts lo cual dificulta la operación del volumen de tránsito mixto de la zona, lo cual se refleja en la velocidad de los automotores y las molestias de tiempo que esta ocasiona.

b.2) Problemas de drenaje:

La red vial interna de la colonia Solórzano presenta serios problemas relacionados con el sistema de drenaje, como ha quedado evidenciado por las temporadas de lluvias críticas. En particular, sobre la red en estudio se han identificado un área de inundación recurrente. La zona de inundación más crítica ocurre en la obra de paso sobre la quebrada Sinaí y su prolongación aguas abajo.

Este problema es propiciado por algunos aspectos:

- La deforestación.
- Ubicación de nuevos centros urbanos aguas arriba de la obra de paso.

El caudal que desemboca sobre este punto es la acumulación de estos problemas. Dicho caudal es encausado por una tubería de 36 pulgadas de diámetro y una canaleta de sección transversal siguiente con altura de 0.50 mts, ancho de 2.72 mts y cama de 2.0 mts.

Aguas abajo de la obra de paso se producen desbordamientos del flujo de agua acumulado debido a la obstrucción de las tuberías de desagüe que tienen un diámetro de 36 pulgadas ubicadas dentro del sistema de bóveda.

Además contribuye de sobre manera la ubicación de la prolongación de la 17 avenida sur en la dirección del cauce de la quebrada convirtiéndose en un cauce natural debido a la falta de sistemas de drenaje adecuados que proporcionen una mayor funcionabilidad tales como cordón cuneta, canaletas u otras alternativas.

b.3) Problemas de alcantarillado:

Dentro de dicha problemática debe mencionarse, que no existe sistema de alcantarillado en la totalidad de la colonia ya que proyectos anteriores no se llevaron a cabo por el alto costo económico de dicha obra y la falta de apoyo institucional hacia los habitantes de la colonia Solórzano para obtener fondos o alternativas viables de proyectos de infraestructura de alcantarillado tan necesarias en la zona.

Algunos problemas que presenta la zona por falta de este servicio se mencionan a continuación:

- Aguas servidas fluyen por cunetas y zanjas, generando focos de diseminación de enfermedades.
- Contaminación de suelos, aguas superficiales y freáticas, por falta del sistema de alcantarillado.

b.4) Problemas relacionados con la estructura de pavimento:

La estructura de pavimento no existe en la totalidad de la red vial interna de la colonia Solórzano, se ha utilizado el terreno natural (actualmente es suelo selecto, mezclas de suelo y otros), como estructura para el rodamiento de automotores, esto indica que la proyección de subrasante puede efectuarse basándose en la referencia de cordón cuneta que ya existe en la mayoría de calles y avenidas de la colonia empalmando así las pendientes del cordón con las que se pretendan proyectar para la subrasante del sistema de pavimento que se implemente.

Dentro de los problemas que presenta la red vial interna de la colonia Solórzano por la falta de estructura de pavimentos podemos mencionar:

- La falta de una adecuada sección transversal lo cual produce deformaciones en la superficie de la carretera que no permite el flujo de las aguas pluviales y dificultan el tránsito,
- Corrugaciones la cual se manifiesta como una serie de ondulaciones constituidas por crestas y depresiones perpendiculares a la dirección del tránsito, los cuales se suceden muy próximas, unas de otras, a intervalos aproximadamente regulares, en general menor de 1 metro, a lo largo de la superficie.
- Baches o cavidades en la superficie de la carretera en forma de tazón, cuyo diámetro promedio usualmente es menor de 1 m.

b.4.1) Identificación de las Principales Deficiencias

Mediante la evaluación de la red vial interna de la colonia Solórzano se ha identificado mejoras necesarias relacionadas con las deficiencias básicas en la red observadas durante el inventario vial.

Dentro de este no se incluyen las necesidades que surjan como consecuencia de aumento de capacidad debido a los volúmenes de tránsito futuros. Estos requerimientos incluyen:

- La adecuación de la red vial interna a normas mínimas para la operación de tránsito local en condiciones de seguridad y eficiencia.
- La pavimentación de las diferentes calles y avenidas de la colonia Solórzano con un sistema adecuado a las características propias de la zona.
- El mejoramiento geométrico para incrementar las velocidades mínimas de operación.

c) Problemas de obra de paso mayor (bóveda).

La bóveda existente en la zona conecta la colonia 5 de marzo con la colonia Solórzano, tiene una longitud total de 42.6 mts y una altura de 4.0 mts, esta se compone de una losa superior de 0.8 mts sobre la cual pasa el tránsito, un sistema de 16 tuberías con un diámetro de 36 pulgadas ejerciendo la función de drenar el flujo de la quebrada, dichas tuberías descansan sobre una losa intermedia con espesor de 0.6 mts, que esta conectada con los muros de retención de mampostería de piedra que sirven como cimentación.

Los problemas de funcionalidad estructural que presenta dicha bóveda son los siguientes:

- La sección de rodamiento vehicular de la bóveda es de un ancho de 4.25 mts, que es menor que la sección típica de la red interna de la colonia que es de 9.0mts y obstaculiza el flujo normal de vehículos.
- La funcionalidad de las tuberías es mínima, por la acumulación de materiales y desechos que obstruyen el libre paso del flujo de la quebrada Sinaí.
- Las cimentaciones presentan socavación en algunos de sus puntos, lo cual aminora la capacidad estructural del sistema de bóveda.

d) problemas de tránsito.

La cantidad de vehículos que circulan la zona se incremento debido a la nueva ubicación del colegio San José, lo cual a generado problema de congestionamiento en horas pico a las 6:35 a.m y 12:30 p.m, sobre todo por la falta de pavimento y secciones adecuadas de rodamiento en ciertos puntos lo cual proporciona un flujo lento de vehículos.

e) Problemas geotécnicos.

Dentro de estos se pueden mencionar los siguientes:

- Inundaciones en el tramo donde se encuentra la bóveda sobre la calle capitán guzmán.
- Algunas de las calles, se convierten en canales naturales cuando hay desbordamiento del caudal de la quebrada Sinaí.
- La forma irregular del cauce de la quebrada Sinaí, y la falta de una canalización adecuada incrementa los problemas de inundación en la zona.
- Las pendientes variables, la acumulación de material de relleno, la falta de mantenimiento de las tuberías obstruidas ha contribuido a la deformación del cauce natural de la quebrada y sus consiguientes desbordamientos.

2.3 ANÁLISIS DE RESULTADOS

A continuación se presentan los diferentes resultados obtenidos en los distintos estudios realizados en la etapa de campo realizada.

2.3.1. Estudio de suelos

A continuación se resume las condiciones del subsuelo detectadas en las perforaciones y los ensayos realizados:

- a) **Condiciones del subsuelo:** En la tabla 2-h se presentan las condiciones inadecuadas del subsuelo.

Tabla 2-h profundidad de los suelos sueltos y/o inadecuados

Sondeo No.	Prof. de Expl. (m).	Prof. De suelos sueltos y/o inadecuados(m)	Observaciones
s-1	8.00	0.0- 1.50	Arena limosa café oscuro, ligeramente orgánica a veces contaminada con ripio, suelta, parcialmente saturada.
		1.50 - 5.00	Arena limosa y arena arcillosa café oscuro, suelta a semidensa, parcial saturada.

Sondeo No.	Prof. de Expl. (m).	Prof. De suelos sueltos y/o inadecuados(m)	Observaciones
s-2	5.00	0.0- 0.50	Arena limosa café oscuro, con restos de ripio, muy suelta, parcial saturada.
		0.50 - 2.50	Arena limosa y arena arcillosa café oscuro, sueltas a semidensas, parcial saturadas.

Fuente: Estudio de suelos colonia Solórzano julio 2002, I.C.I.A SA. de C.V

Nota: la profundidad esta referida a partir del nivel de brocal de cada perforación realizada.

b) Capacidad de carga:

La capacidad de carga admisible del subsuelo correlacionada a través de los ensayos de penetración estándar (SPT) es variable según cada sondeo y profundidad, como se indica en la tabla 2- i:

Tabla 2-i capacidad de carga del subsuelo, (kg/cm²) según la profundidad.

Prof. en metros	Sondeos	
	S-1	S-2
0.50	0.8+	0.1+
1.00	0.4*	0.5
1.5	0.4*	0.5
2.00	0.5	0.9
2.50	0.7	1.8
3.00	0.6	3.4
3.50	0.8	1.4
74.00	1.2	1.8
4.50	0.9	2.9
5.00	1.6	2.7
5.50	2.6	
6.00	1.7	
6.50	2.2	
7.00	3.1	
7.50	2.4	
8.00	4.2	

Fuente: Estudio de suelos colonia Solórzano julio 2002, I.C.I.A S.A. de C.V.

Notas:

- 1- La profundidad esta referida a partir del nivel de terreno existente al momento de la investigación de campo.

- 2- Valores de capacidad de carga calculados para un ancho de fundación $B < 1.22$ mts y un asentamiento máximo de 25.4 mm. Según Meyerhof, 1960.
- 3- (*) Suelo ligeramente orgánico.
- 4- (+) ripio o suelo contaminado con ripio.

c) Contenidos de humedad.

Los contenidos de humedad natural (w%) de los suelos interceptados indican un estado variable de parcial saturado a saturado, sin embargo se debe tomar en cuenta que estos suelos disminuyen su resistencia cuando se saturan por las condiciones actuales del subsuelo (julio/2002) podrían cambiar significativamente si se incrementan sus contenidos de humedad natural (w %).

Hasta la máxima profundidad de exploración no se detecto roca ni el nivel freático o tabla de agua permanente. Sin embargo se detectan suelos saturados a profundidades variables.

d) Ensayo California Bearing Ratio (CBR).

Los ensayos realizados a las muestras obtenidas de dos pozos a cielo abierto excavados en el sector objeto de estudio, se obtuvieron los siguientes valores:

Tabla 2-j Datos de CBR de muestras obtenidas.

Pozo	Clasificación	CBR de diseño	PVS máximo
No. 1	Limo arenoso café oscuro, de media plasticidad (ML'')	14%	1490.00 kg/m ³
No. 2	Limo arenoso café oscuro, de media plasticidad (ML'')	16%	1468.00 kg/m ³

Fuente: Estudio de suelos, colonia Solórzano julio 2002, I.C.I.A. S.A de C.V

e) Recomendaciones.

Para la realización del diseño de los muros de retención que se generan en las colindancias, tomar en consideración los siguientes parámetros del suelo, presentados en la tabla 2-k:

Tabla 2-k Parámetros del subsuelo

Parámetros del Subsuelo	Condiciones del Suelo		
	N < 15	16 < N < 20	N < 20 o Compactado
Angulo de la fricción interna (ϕ)	28°	29°	30°
Cohesión (C, ton / m ²)	0.00	0.00	0.00
Peso volumétrico húmedo del suelo (γ_h , ton / m ³)	1.50	1.60	1.65
Capacidad de carga admisible del suelo (q_{ad} , kg/cm ²)	Referirse a los valores de capacidad de la tabla 2-i		

Fuente: Estudio de suelos colonia Solórzano julio 2002. I.C.I.A S.A de C.V

nota: Se deberá considerar para diseño de muros u otras obras de protección, el reglamento de diseño sísmico vigente en la Republica de El Salvador.

Se recomienda proveer a los muros de adecuadas juntas de construcción (separadas a una distancia máxima de 6.00 mts) y de buenos sistemas de drenaje transversal, a través de barbacanas, esto es con el objeto de reducir las presiones hidrostáticas provocadas por las infiltraciones anormales de agua al subsuelo. Adicionalmente los muros deberán ser provistos de material granular en un espesor promedio de 0.30 mts en el contacto muro relleno.

Se recomienda también proteger los muros y taludes del fenómeno de la erosión, tanto en la parte superior como en la parte inferior de los mismos, esto es con el objeto de evitar erosiones que produzcan inestabilidades en las fundaciones.

2.3.2 ESTUDIO HIDROLÓGICO.

Los parámetros hidrológicos y los resultados obtenidos del estudio realizado se presentan a continuación referente a la zona de estudio, específicamente la quebrada Sinai.

El tipo de cuenca que se tiene en la zona se clasifica como superficial exorreica, pues el punto de interés definido esta dentro de los limites de la cuenca trazada (ver anexo No.4).

Se tiene que el orden tributario de dicha cuenca es de 1 ya que se concentra el aporte solamente en el cauce de la quebrada Sinai.

Los Parámetros Físicos Que Presenta Dicha Cuenca Son Los Siguietes:

Tabla 2-1 Parámetros generales de la Cuenca.

PARÁMETROS	DESCRIPCIÓN
Nombre de la Cuenca analizada	SOLÓRZANO
Nombre de la Quebrada mas larga	SINAI
Área en Km ² de la cuenca en estudio	2.371
Perímetro en Km de la cuenca en estudio	6.917
Longitud del cauce mas largo(mts) de la cuenca	2561.900
PARÁMETROS	DESCRIPCIÓN
Elevación Máxima (m.s.n.m)	770.000
Elevación Mínima (m.s.n.m)	660.000
Coefficiente de escorrentía determinado	0.20*
Coefficiente "n" de Manning (promedio)	0.0155
Intensidad de diseño (mm/min)	3.500*
Área mojada del la sección del punto de interés	1.18
Perímetro mojado de la sección del punto de interés	5.72

*Datos obtenidos de: la tesis Identificación de Riesgos Geológicos de la Ciudad De Santa Ana (Hidrología, Movimiento De Suelos, Tectónico y Volcánico, Martínez López, .Martínez Martínez, Marzo 2002, Universidad de El Salvador, Facultad Multidisciplinaria de Occidente.

Resultados Obtenidos Por Medio De Programa Utilizado:

Tabla 2-m Resultados obtenidos estudio hidrológico.

PARÁMETROS	FÓRMULAS	DATO OBTENIDO
Desnivel	Elev.Máxima - Elev.minima	$(770.000 - 660.000) = 110.000$
Pendiente	Desnivel / Long.CauceLargo	$(110.00/2561.90)*100 = 4.29\%$
Caudal	$(Q = 168CIA)$	278.818 l/s
Velocidad	$(V = (1/n)(Rh^{2/3})(S^{1/2})):$	4.67 m/s
Tiempo de Concentración(Tc)	-	27.60 min

CAPITULO III
PROPUESTAS DE
SOLUCIÓN

INTRODUCCION

Todo diseño de obra civil es el fruto de una serie de procesos ordenados que definen la obtención de un modelo final, que pretende resolver problemas variados como por ejemplo: de albergue, urbanización, construcción de infraestructura para el desarrollo económico y otros, con lo cual se pretende transformar la naturaleza y obtener bienes para uso del hombre.

En el desarrollo del capítulo II, se presentan los diferentes procesos del cálculo estructural de los diseños de carriles de cambio de velocidad, estructura de pavimento, obra de paso y drenajes menores, así como los criterios utilizados, materiales de construcción, detalle de dimensiones, apoyándose en la integración correcta de los distintos estudios realizados como son el levantamiento topográfico, estudio de suelos, estudio hidrológico y los resultados obtenidos de estos que derivan en la elaboración de las propuestas de diseños para el mejoramiento de la Colonia Solórzano y zonas aledañas.

3.1 DISEÑO DE CARRILES DE ACELERACIÓN Y DESACELERACIÓN

3.1.1 CARRILES DE CAMBIO DE VELOCIDAD

Se llaman carriles de cambio de velocidad, aquellos que se añaden a la sección normal de una calzada, con el objeto de proporcionar a los vehículos el espacio suficiente para que alcancen la velocidad necesaria y se incorporen a la corriente de tránsito de una vía, o puedan reducir la velocidad cuando desean separarse de la corriente al acercarse a una intersección.

De acuerdo a esta definición, los carriles de cambio de velocidad pueden ser de aceleración y desaceleración.

Los carriles de aceleración, permiten a los vehículos que entran a la vía principal de la intersección, adquirir la velocidad necesaria para incorporarse con seguridad a la corriente de tránsito de la misma, proporcionando la distancia suficiente para realizar dicha operación sin interrumpir la corriente de tránsito principal.

Los carriles de desaceleración permiten a los vehículos, que desean salir de una vía, disminuir su velocidad después de haber abandonado la corriente de tránsito principal.

3.1.2 PARÁMETROS DE DISEÑO

No pueden establecerse con precisión los requisitos que justifiquen el uso de los carriles de cambio de velocidad por la cantidad de factores que deben considerarse, entre los principales los siguientes: velocidad, volumen de tránsito, tipo de camino, proporción de accidentes; sin embargo, de acuerdo con experiencias y observaciones se ha llegado a las siguientes conclusiones para su empleo: se requieren carriles de cambio de velocidad en caminos de alta velocidad y de alto volumen de tránsito, en donde es necesario modificar la velocidad de los vehículos que se incorporan o dejan la corriente de tránsito principal.

El grado de utilización de los carriles de cambio de velocidad varía directamente con el volumen de tránsito; cuando los volúmenes de tránsito son altos la mayoría de los conductores los emplean para ejecutar sus cambios.

La realización de la memoria de cálculo de los carriles propuestos para la solución del enlace entre el by pass y la colonia Solórzano, se presenta a continuación. El esquema general en planta de la solución se presenta en el anexo No.5.

3.1.3 MEMORIA DE CÁLCULO DE DISEÑO DE CARRILES DE ACELERACIÓN Y DESACELERACIÓN.

a) Datos de entrada:

Velocidad de diseño de la calzada principal (By Pass): 80 Km/h.

a.1) Basándose en la velocidad de diseño de la calzada obtenemos:

Los siguientes parámetros de la tabla No.3-a mostrada a continuación.

Tabla 3-a Longitud de transición en los carriles de cambio de velocidad

Velocidad de proyecto en la carretera, en km/h	50	60	70	80	90	100	110
Velocidad en marcha en km/h	46	55	63	71	79	86	92
Longitud de la transición, calculada en metros	44.8	53.5	61.3	69.1	76.9	83.7	89.5
Longitud de la transición recomendada en metros	45	54	61	69	77	84	90

Fuente: Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras, Secretaría de Obras Publicas México. Pág. 533

De dicha tabla se obtienen los siguientes datos, para una carretera con velocidad de diseño de 80 km/h, la cual es la velocidad real de diseño del By Pass hacia Metapan:

Velocidad de marcha: 71 Km/h

Longitud de transición calculada: 69.1mts

Longitud de transición recomendada: 69 mts.

a.2) Cálculo de las dimensiones del carril de desaceleración.

a.2.1) Cálculo de distancia recorrida durante la desaceleración con motor sin aplicar frenos.

Datos de entrada:

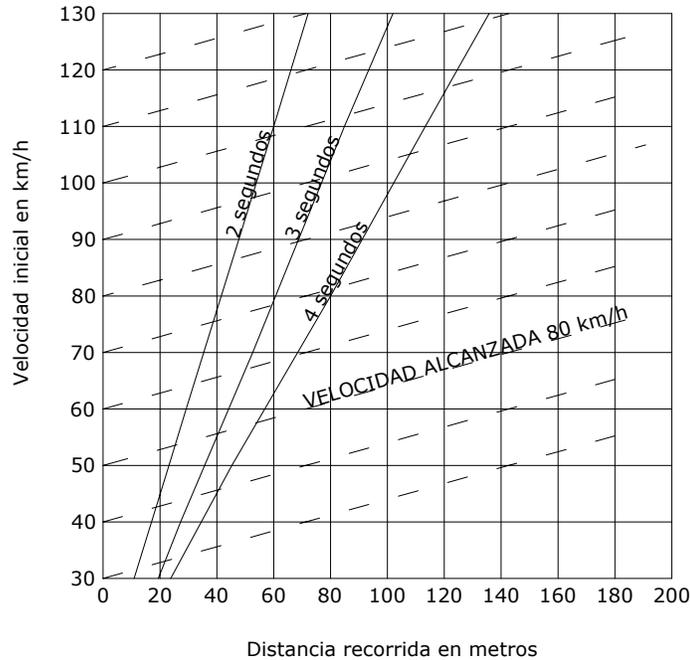
Velocidad de proyecto: 80 km/h.

Tiempo estipulado para maniobra de frenado: 3 seg.

Dados dichos datos ingresar a figura No. III-1 mostrada a continuación, con el proceso siguiente:

A dicha figura se entra con la velocidad de proyecto, en este caso 80 km/h y horizontalmente se busca el punto de intersección con la línea de 3 segundos.

Una vez encontrado el punto se retorna a la escala de velocidades, paralelamente a la línea discontinua que indica las velocidades alcanzadas desacelerando únicamente con motor, a partir del punto de intersección se corta con una vertical el eje de las distancias con la cual se encuentra la correspondiente distancia.



Fuente: Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras, Secretaría de Obras Publicas México.

Figura III-1. Distancia recorrida durante desaceleración con motor sin usar frenos.

Obteniéndose los valores siguientes de dicha figura:

Velocidad recorrida después de recorrer 3 segundos: 73 km/h.

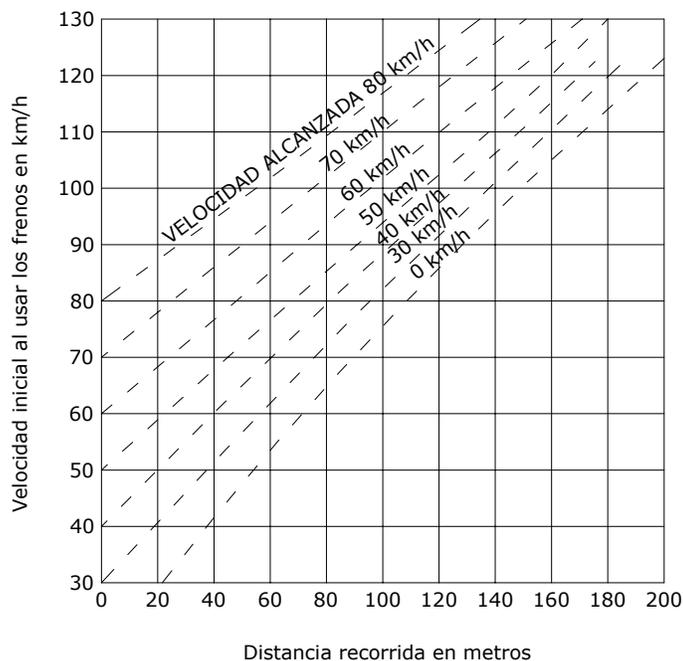
Longitud sin aplicar freno: 60mts.

a.2.2) Cálculo de distancia recorrida durante el frenado.

Velocidad recorrida sin aplicar freno (desacelerando con motor): 73 km/h.

Longitud recorrida sin aplicar freno: 60 mts.

Basándose en la velocidad sin aplicar freno, utilizamos la figura No.III-2 para determinar la distancia recorrida hasta disminuir totalmente la velocidad; $V = 0$ km/h.. Se entra a dicha figura con la velocidad sin aplicar freno obtenida de la figura anterior, con una horizontal se intercepta la velocidad con la que se quiere llegar al final del carril, en este caso cero y desde ese punto se llega al eje de las abscisas, donde se obtendrá la distancia respectiva.



Fuente: Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras, Secretaría de Obras Publicas México

Figura III-2. Distancia recorrida durante el frenado

Obteniéndose el valor siguiente:

Longitud recorrida durante el frenado: 93 metros.

a.2.3) Cálculo de la longitud total de carril de desaceleración.

Longitud total = Longitud sin aplicar frenos + Longitud durante el frenado.

Longitud total = 60 mts + 93 mts

Longitud total = 153 mts.

a.2.3.1) Ancho de carril de aceleración y desaceleración.

Se recomienda que la anchura para carriles de cambio de velocidad, no debe ser menor de 3.35 mts y preferentemente deberá tener 3.65 mts², siempre y cuando el carril de cambio de velocidad quede paralelo al eje del camino tal es el caso del diseño presentado para solucionar, el acceso del By Pass hacia la colonia Solórzano.

² Fuente: Manual De Diseño Geométrico, Secretaria de Obra Publicas México

Tomándose como ancho de diseño de los carriles de cambio de velocidad en el siguiente dato:

Ancho de diseño: 3.65 mts.

a.3) Cálculo de dimensiones del carril de aceleración.

a.3.1) Datos de entrada:

Velocidad de proyecto de la carretera: 80 Km/h.

La longitud correspondiente a la velocidad de marcha de 80 km/h, del carril de aceleración es de 230 mts en total, determinándose una longitud de transición de 69 mts y una longitud de aceleración de 161 mts. Datos obtenidos de la tabla No.3-b presentada a continuación.

Tabla 3-b. Longitud de Carriles de Aceleración

CARRETERA			L-Longitud del carril de aceleración en metros							
Velocidad de proyecto, en Km/h	Velocidad de marcha, en Km/h	Velocidad alcanzada, en Km/h	Velocidad de proyecto del enlace, en Km/h							
			Condición de alto	25	30	40	50	60	70	80
			Y velocidad inicial (Va'), en Km/h							
			0	23	27	35	44	51	63	71
50	46	38	64	44	34	10	----	----	----	----
60	55	47	108	85	74	52	12	----	----	----
70	63	55	158	136	126	100	58	----	----	----
80	71	63	230	204	192	168	124	78	----	----
90	79	71	314	300	284	254	204	158	74	----
100	86	78	404	394	382	350	296	240	162	82
110	92	84	470	464	456	426	375	326	258	178

Fuente: Manual de proyecto geométrico de carreteras, Secretaría de Obras Publicas México Pág. 538

3.2 DISEÑO DE OBRA DE PASO

El diseño de dicha obra hidráulica se baso en los diferentes estudios realizados, los cuales fueron estudio topográfico, hidrológico, de suelos, cálculo hidráulico, cálculo estructural de las componentes de la obra diseñada.

Dicha obra consiste en una caja rectangular, compuesta por una losa de concreto reforzado simplemente apoyada sobre muros de mampostería; los detalles de dichos elementos así como su cálculo estructural se presentan a continuación en la descripción de memoria de cálculo de dicho diseño.

3.2.1 MEMORIA DE CÁLCULO.

3.2.1.1 Cálculo Hidráulico

Se presenta a continuación la comprobación para obtener el área hidráulica requerida, basándose en los datos obtenidos del estudio hidrológico realizado a la quebrada sinai del cual se toman los siguientes:

$$C = 0.20$$

$$I = 2.0 \text{ mm/min}$$

$$A = 2.371 \text{ km}^2$$

a) Obteniendo el Caudal de la fórmula siguiente:

$$Q = CIA (168)$$

Donde:

Q = caudal en m^3 / seg ; C = coeficiente de escorrentía; I = precipitación de lluvia

A = área de cuenca.

$$Q = (0.20) (2.0) (2.371) (168)$$

$$Q = 153.331 \text{ m}^3/\text{seg}$$

b) Determinando el Área Hidráulica requerida.

$$A_{\text{req}} = \sqrt{2Q}$$

$$A_{\text{req}} = \sqrt{2(159.331)}$$

$$A_{\text{req}} = 17.85 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{diseño}} = H * L$$

$$A_{\text{diseño}} = (3.5 \text{ mts alto}) * (6 \text{ mts de luz})$$

$$A_{\text{diseño}} = 21.0 \text{ mts}^2$$

Como $A_{\text{diseño}} > A_{\text{req}}$ cumple.

b.1) Sección hidráulica máxima.

$$A_{\text{req}} = H_{\text{max}} * L$$

$$H_{\text{max}} = A_{\text{req}}/L$$

$$H_{\text{max}} = 17.85 \text{ mts}^2 / 6\text{mts}$$

$$H_{\text{max}} = 2.98 \text{ mts.}$$

b.2) Determinando el Área Máxima a utilizar.

$$A_{\text{max}} = H_{\text{max}} * L$$

$$A_{\text{max}} = (2.98 \text{ mts}) * (6\text{mts})$$

$$A_{\text{max}} = 17.88 \text{ mts}^2.$$

$$A_{\text{diseño}} = 21.0 \text{ mts}^2$$

Como $A_{\text{diseño}} > A_{\text{max}}$ cumple.

A continuación en la figura No. III-3 se presenta la sección hidráulica propuesta para la caja rectangular y sus respectivas dimensiones y detalles que la componen.

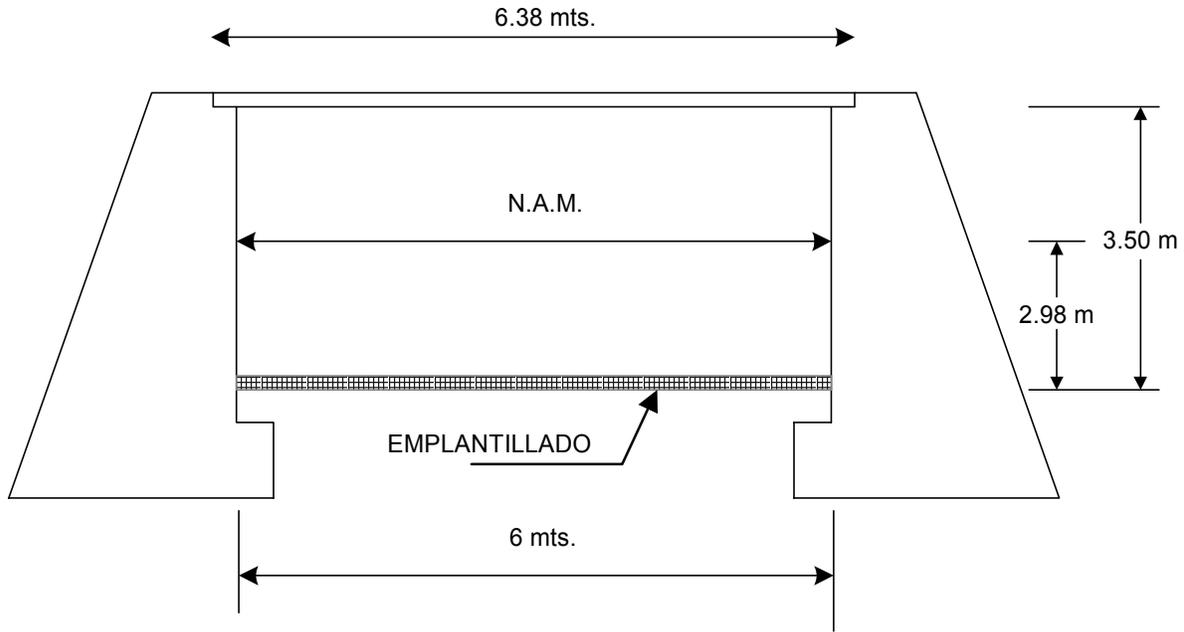


Figura III - 3. Sección Hidráulica

3.2.1.2 Cálculo de Losa.

En las construcciones de concreto reforzado las losas se utilizan para proporcionar superficies planas y útiles. Una losa de concreto reforzado es una amplia placa plana, generalmente horizontal, cuyas superficies superior e inferior son paralelas o casi paralelas entre si. Puede estar apoyada en vigas de concreto reforzado, en muros de mampostería o de concreto reforzado, en elementos de acero estructural, en forma directa en columnas o en el terreno en forma continua.

A continuación se presenta la memoria de cálculo para la losa que compone la caja rectangular, utilizada para solución propuesta.

El detalle de la losa propuesta que conforma la caja rectangular y sus respectivas dimensiones se observa en la siguiente figura No. III-4

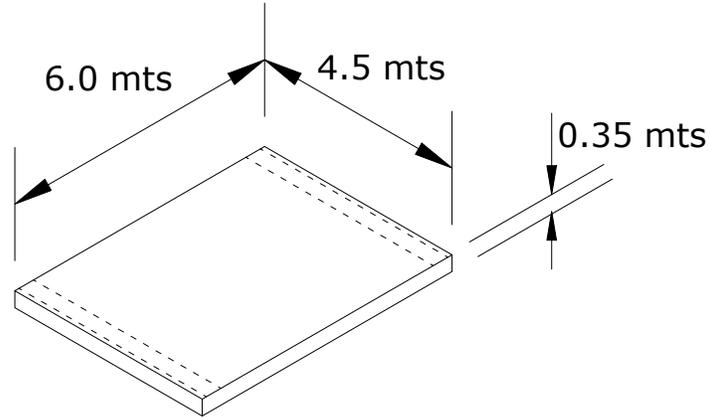


Figura III- 4. Detalle de Losa

a) Determinación del Peralte de Losa.

Longitud centro a centro de apoyo: $676 \text{ cms} - 2(19) = 638 \text{ cms}$

Espesores mínimos recomendados para miembros de peralte constante:

Losa de puente con refuerzo principal paralelo o perpendicular al tráfico:

$$\frac{s+10}{30}; \text{ donde } S: \text{ longitud centro a centro de apoyo}$$

$$s = 638 \text{ cms} (1 \text{ m} / 100 \text{ cms}) (3.28 \text{ pie} / 1 \text{ m}) = 20.93 \text{ pies}$$

$$\frac{s+10}{30} = \frac{20.93+10}{30} = 1.031 \text{ pies} \approx 0.31 \text{ mts}$$

Por lo tanto se debe usar un peralte de 0.35 metros.

b) Cálculo de Cargas de Diseño.

- **CALCULO DE CARGA MUERTA. (Para 1 metro de ancho de losa)**

Peso propio: $w_p = 0.35 + 1.0(2400 \text{ Kg} / \text{m}^3) = 840 \text{ kg} / \text{m}$

Carpeta asfáltica: $w_e = 88 \text{ kg} / \text{m}^2 (0.05 \text{ m}) = 4.4 \text{ kg} / \text{m}$

Relleno: $w_r = (0.35 \text{ m})(1 \text{ m})(1800 \text{ kg} / \text{m}^3) = 630 \text{ kg} / \text{m}$

$$w_t = 1474.40 \text{ kg} / \text{m} \approx 1.47 \text{ T} / \text{m}$$

b.1) Cálculo de Momento Máximo (carga muerta).

$$\text{Momento máximo} = \frac{w_i L^2}{8}$$

$$\text{Momento máximo} = \frac{1.47 (6.38^2)}{8}$$

$$\text{Momento máximo} = 7.48 \text{ T-m}$$

c) Cálculo de Momento Máximo (carga viva)

• **CÁLCULO DE CARGA VIVA**

$$\begin{aligned} \text{Momento máximo} &= 900 \text{ S (lb - pie)} \\ &= 900 (20.93) \\ &= 18,837 \text{ lb-pie} \\ &= 2604.35 \text{ Kg-m} \end{aligned}$$

$$\text{Momento máximo} = 2.60 \text{ T-m}$$

d) Chequeo del Momento de Carga Viva

Chequeando si se afecta el momento de carga viva por el factor f; Ancho de carril = 4.50mts.

Si $E < 7$ pies; el momento se afecta por f.

$$E = 4 + 0.06 (S)$$

Donde: $E =$ ancho de losa sobre el que una rueda es distribuida

$$E = 4 + 0.06 (20.93)$$

$$E = 5.2558 \text{ pies} < 7 \text{ pies};$$

El momento máximo debe afectarse por f.

$$f = \frac{\text{ancho de carril}}{2E}$$

Donde $E = 5.2558 \text{ pie} = 1.60 \text{ metros}$

$$f = \frac{4.50 \text{ m}}{2(1.60)}$$

$$f = 1.41$$

e) Ajuste del Momento de Carga Viva

Afectando el momento de carga viva por f.

$$M_{cv} = 2.60 (f)$$

$$M_{cv} = 2.60 (1.41)$$

$$M_{cv} = 3.67 \text{ T-m}$$

f) Cálculo del Momento de Impacto

$I \leq 30\%$; Donde I factor de impacto.

$$I = \frac{50}{s + 125}$$

$$I = \frac{50}{20.93 + 125}$$

$$I = 0.34$$

$I = 0.34$ entonces usar 30 %

$$M_I = (3.67 \text{ T-m}) (0.30)$$

$$M_I = 1.17 \text{ T-m}$$

g) Diseño de Losa. Método del Factor de Carga.

g.1) Determinación del Acero de Refuerzo.

g.1.1) Refuerzo Principal (inferior paralelo al tráfico)

Se usará. No.3/4" $\varnothing = 1.93 \text{ cms.}$

- Cálculo del peralte efectivo

$$d = h - \text{recubrimiento} - \varnothing / 2$$

$$d = 35 - 5 - (1.93 / 2) = 29.05 \text{ cms}$$

- Calculando momento máximo; del grupo I, se tiene:

$$M_{\text{máx}} = \gamma (M_d + 1.67 (M_L - M_I))$$

Donde: $\gamma = 1.3$ $\beta_o = 1.0$ $\beta_l = 1.67$

$$M_{\text{máx}} = \gamma [M_d * \beta_d + \beta_L (M_L + M_I)]$$

$$= 1.3 [(7.48)(1) + 1.67(3.67 + 1.101)]$$

$$M_{\text{máx}} = 1.3 (15.45)$$

$$M_{\text{máx}} = 20.08 \text{ T-m}$$

g.1.2) Determinación de la Cuantía de Acero Necesaria.

Del equilibrio de fuerza tenemos:

$$0.85F_c \cdot ab = \Delta sty$$

$$a = \frac{\Delta sty}{0.85F'_c(b)}$$

Si $M_n = M$

$$M_n = \phi \Delta sty(d - a/2)$$

$$M_n = \phi \Delta sty \left[d - \frac{\Delta sty}{0.85F'_c(b)2} \right]$$

$$M_{\max} = M_n = M = 20.08 \text{ T-m} = 20.08 (10^5 \text{ kg-cm})$$

$$20.08 \times 10^5 = (0.9 \Delta s * 2800) \left[29.05 - \frac{\Delta s 2800}{0.85(210)(100)(2)} \right]$$

$$20.08 \times 10^5 = (73,206 \Delta s) - 197.647 \Delta s^2$$

$$197.647 \Delta s^2 - 73206 \Delta s + 20.08 \times 10^5 = 0$$

Utilizando la cuadrática tenemos:

$$\Delta s = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

Donde: $a = 197.647$ $b = -73206$ $c = 20.08 \times 10^5$

Resolviendo:

$$\Delta s_1 = 340.54 \text{ cm}^2$$

$$\Delta s_x = 29.83 \text{ cm}^2$$

$$e_{req} = \frac{\Delta s}{bd} = \frac{29.83}{100(29.05)} = 0.0102$$

$$e_{\min} \leq e_{req} \leq e_{\max}$$

$$e_{\min} = 0.002$$

$$\frac{\Delta s}{\Delta gc} = e_{\min} = 0.002$$

$$\Delta s_{\min} = e_{\min} b d = 0.002(100)(35) = 7 \text{ cm}^2$$

$$\Delta s_{\min} = e_{\min} b d = 0.002(100)(35) = 7 \text{ cm}^2$$

$$e_{\max} = 0.75 e_b$$

$$e_b = 0.0369$$

$$e_{\max} = 0.75(0.0369) = 0.027675$$

$$e_{\min} \leq e_{req} \leq e_{\max}$$

$$0.002 \leq 0.0102 \leq 0.02767 \text{ CUMPLE.}$$

- Calcular separación del refuerzo.

$$S = \frac{100}{\frac{A_{s \text{ nec}}}{A_{s \text{ var}}}}$$

$$S = \frac{100}{\left[\frac{29.83}{2.85} \right]}$$

$$S = 9.55 \approx 10 \text{ centímetros}$$

$$\therefore \text{ usar varilla } \frac{3}{4} \text{ pulgada cada } 10 \text{ centímetros}$$

g.1.3) Refuerzo Perpendicular al Principal (Inferior y Perpendicular al Tráfico)

$$\text{Porcentaje} = \frac{100}{\sqrt{s}} \rightarrow \frac{100}{\sqrt{20.93}} = 22.36 \%$$

$$e_{\max} = 0.027675$$

$$e_{req} = 0.027675(0.2236) = 0.0062$$

$$\Delta s_{req} = e b d = 0.0062(100)(35.00) = 21.70 \text{ cm}^2 / m$$

$$\Delta s_{\min} = e b d = 0.002(100)(35) = 7 \text{ cm}^2 / m$$

Usaremos refuerzo No.5 B/N

Separación del refuerzo

$$S^{*5} = \frac{b \Delta s \text{ var}}{\Delta s} = \frac{100(1.98)}{21.70}$$

$$S^{*5} = 9.12 \text{ cm}$$

g.1.4) Refuerzo Superior Paralelo y Perpendicular al Tráfico

Según AC1 – 318 – 95 (A.1.5.12)

Por temperatura y contracción: $2.64 \text{ cm}^2 / \text{m}$

Usando: $\frac{100(1.27)}{2.64} = 48 \text{ cm}; \quad S_{\max} = 3b(3 * 35) = 105 \text{ cm}$

$S_{\max} = 18" \rightarrow 45.72 \text{ cm} \rightarrow \therefore \text{usar No.4 B/N a 25 cm}$

h) Resumen de Diseño de Losa

I.- Refuerzo Inferior

- a) Refuerzo paralelo al tráfico (principal)
Usar N° 6 a.c. 10 cms
- b) Refuerzo perpendicular al tráfico
Usar N° 5 a.c. 10 cms.

II.- Refuerzo Superior

- a) Refuerzo paralelo al tráfico
Usar N° 4 a.c. 25 cms.
- b) Refuerzo perpendicular al tráfico
Usar N° 4 a.c. 25 cms

III.- Esquema del acero de refuerzo en losa

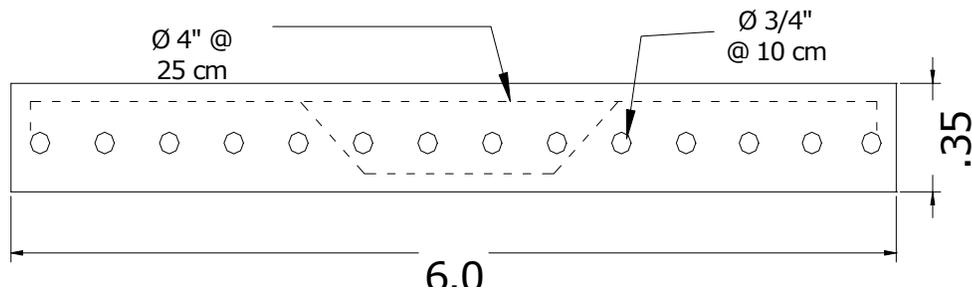


Figura III - 5. Esquema de Refuerzo

3.2.1.3 Cálculo de Muros de Retención.

Los muros de contención se utilizan para detener masas de tierra u otros materiales sueltos cuando las condiciones no permiten que estas masas asuman sus pendientes naturales. Estas condiciones se presentan cuando el ancho de una excavación, corte o terraplén esta restringido por condiciones de propiedad, utilización de la estructura o economía.

A continuación se presenta la memoria de cálculo, para determinar los muros de retención que componen la caja rectangular.

MEMORIA DE CALCULO DISEÑO DE ESTRIBO

- **Datos generales:**

q_{adm} = esfuerzo admisible del suelo

$$q_{adm} = 2.0 \text{ ton/m}^2$$

r_s = peso volumétrico del suelo

$$r_s = 1.5 \text{ ton/m}^3$$

r_m = peso volumétrico de mampostería

$$r_m = 2.7 \text{ ton/ m}^3$$

ϕ = ángulo de fricción interna

$$\phi = 28^\circ$$

- **Predimensionamiento de Muro (Estribo)**

Altura total: $H = 5.25$ metros

Base: $B = 3.56$ metros

Corona: $C = 1.14$ metros

A continuación se presenta el esquema de las dimensiones generales que tendrán los muros de retención en la figura No.III-6 que conformaran la caja rectangular propuesta como solución para el mejoramiento de la zona de la quebrada Sinai, dentro de la colonia Solórzano.

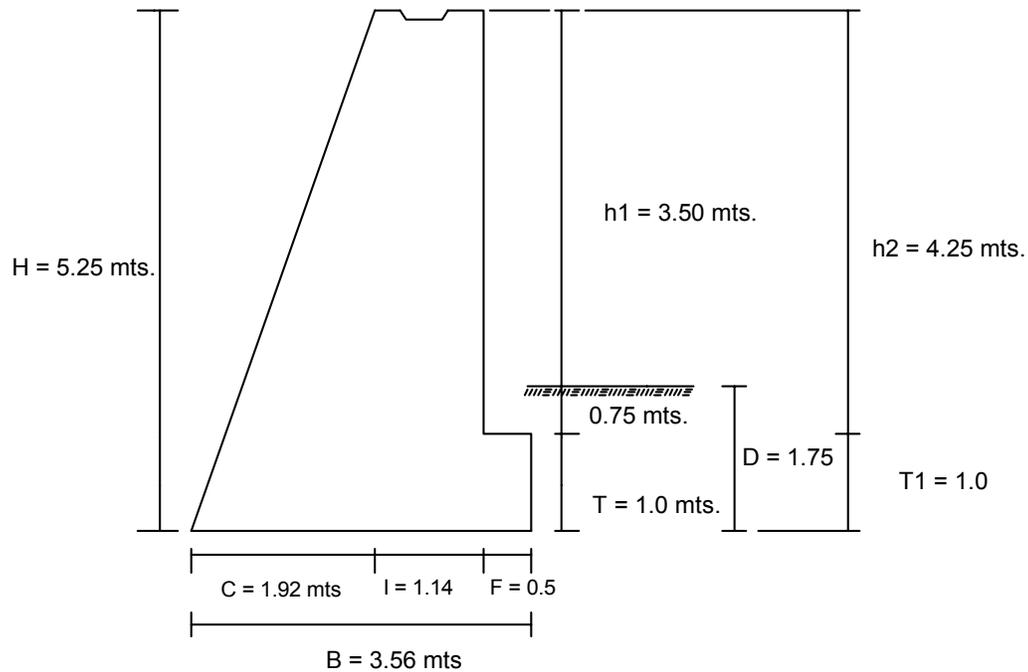


Figura III-6. Muros de Retención

a) Cálculo de Fuerzas Estáticas:

Donde:

K_a = coeficiente activo de Rankine o presión activa

K_p = coeficiente pasivo de Rankine o presión pasiva

$$k_a = \tan^2\left(45 - \frac{\phi}{2}\right) = \tan^2\left(45 - \frac{28}{2}\right)$$

$$k_a = 0.361$$

$$k_p = \tan^2\left(45 + \frac{\phi}{2}\right) = \tan^2\left(45 + \frac{28}{2}\right)$$

$$k_p = 2.769$$

E_A = empuje activo

$$E_A = \frac{1}{2} H^2 k_a r_s = \frac{1}{2} (5.25^2) (0.361) (1.5 \text{ ton} / \text{m}^3)$$

$$E_A = 7.462 \text{ ton/m}$$

E_p = Empuje pasivo

$$E_p = \frac{1}{2} H^2 k_p r_s = \frac{1}{2} (1.75^2) (2.769) (1.5 \text{ ton} / \text{m}^3)$$

$$E_p = 6.360 \text{ ton/m}$$

b) Cálculo de Fuerzas Dinámicas para la zona I los coeficientes de aceleración son

$$\gamma h_{\max} = 0.2 \text{ y } \delta v_{\max} = 0.10$$

$$P\Delta H = \text{fuerza sismica horizontal: } \frac{3}{8} r_s H^2 r h_{\max}$$

$$P\Delta H = \frac{3}{8} (1.5) (5.25^2) (0.20) = 3.10 \text{ ton} / \text{m}$$

$$P\Delta H = \text{fuerza sismica vertical: } \frac{1}{2} r_s H^2 r v_{\max}$$

$$P\Delta H = \frac{1}{2} (1.5) (5.25^2) (0.10) = 2.07 \text{ ton} / \text{m}$$

$$\Delta_{EAH} = \rho d V_x K_A = 2.07 (0.361) = 0.747$$

c) Cálculos de Momentos Resistentes de la Estructura.

c.1) Determinar Peso de Elementos del Estribo y Área:

$$A_1 = (1) (0.5) = 0.5$$

$$A_2 = (1.14) (5.25) = 6.0$$

$$A_3 = (1.92) \left(\frac{5.25}{2} \right) = 5.04$$

$$A_4 = (1.92) \left(\frac{5.25}{2} \right) = 5.04$$

$$W_1 = 0.5 \times 2.7 = 1.35$$

$$W_2 = 6.0 \times 2.7 = 16.2$$

$$W_3 = 5.04 \times 2.7 = 13.61$$

$$W_4 = 5.04 \times 1.3 = 7.56$$

La figura No. III-7 muestra la determinación gráfica de las áreas y pesos del muro.

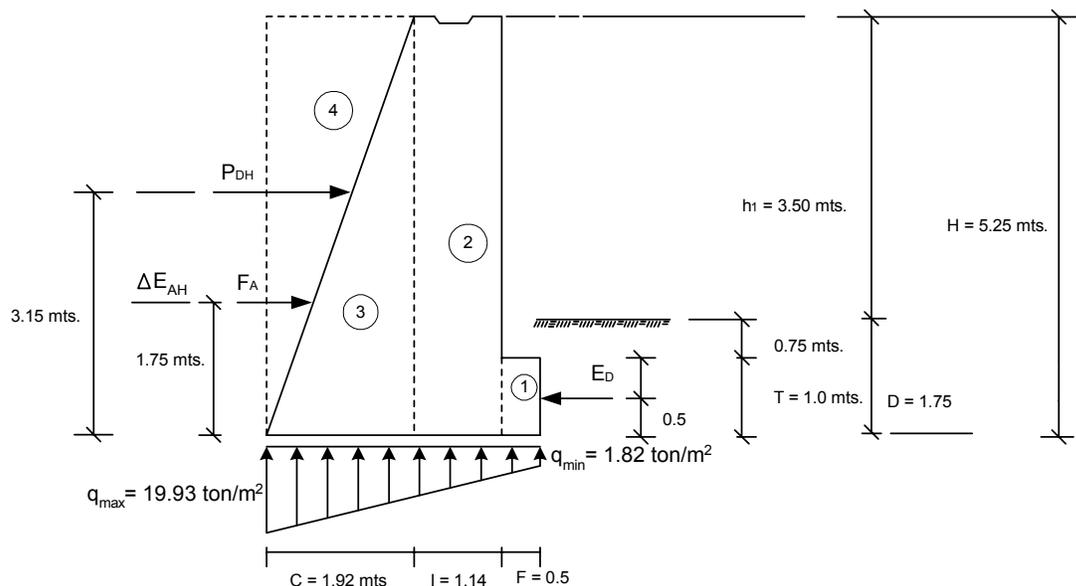


Figura III-7. Esquemas de áreas y fuerzas actuantes en el muro

Las tablas No.3-c y No.3-d presenta los diferentes momentos resistentes y momentos activos calculados soportados por el muro de diseño.

Tabla 3-c. Momentos Resistentes

MOMENTOS RESISTENTES				
ELEMENTO	AREA (m ²)	PESO (w) ton	BRAZO (m)	MOMENTO (Ton-m)
1	0.5	1.35	0.25	0.34
2	6.0	16.2	1.07	17.33
3	5.04	13.61	2.28	31.03
4	5.04	7.56	2.92	22.07
ΣFV		38.72		
EP		6.360	0.5	3.18
ΣMR				73.95

Tabla 3-d. Momentos Activos.

MOMENTOS ACTIVOS			
Elemento	Fuerza	Brazo	Momento
E_A	7.462	1.75	13.06
AE_AH	0.747	1.75	1.31
eDH	3.10	3.15	9.77
$\Sigma F_H = F_A$	11.31		
ΣMA			24.14

d) Cálculo de Factores de Seguridad

I.- Revisión por volteo.

$$F_{SV} = \frac{\sum MR}{\sum MA} > 1.20$$

$$F_{SV} = \frac{73.95}{24.14} > 1.20$$

$F_{SV} = 3.06 > 1.20$, ok cumple no hay problema de volteo.

II.- Revisión por deslizamiento

$$F_{SD} = \frac{F_R}{F_A}$$

$$F_{SD} = \frac{F_R}{F_A} = \frac{\sum p + \sum F_v \tan \gamma}{FA}$$

$$F_{SD} = \frac{6.360 + 38.72 \tan 2/3(28^\circ)}{11.31}$$

$F_{SD} = 1.71 > 1.20$, cumple no es necesario utilizar diente por que; no hay problema de deslizamiento.

III.- Revisión por capacidad de carga.

$$\hat{x}_A = \frac{\sum MR - \sum MA}{\sum FV} = \frac{73.95 - 24.14}{38.72} = 1.286 \text{ m}$$

e) Cálculo de Excentricidad

$$e = B / 2 - x_A$$

$$e = 3.56 / 2 - 1.286$$

$$e = 0.494 \text{ m}$$

$$e_{\max} = B / 6$$

$$e_{\max} = 3.56 / 6$$

$$e_{\max} = 0.59$$

$$e_{\max} > e$$

e esta dentro del tercio medio entonces cumple por capacidad de carga.

f) Cálculo de Esfuerzos (q_{max} y q_{min})

$$q_{max} = \frac{\Sigma F_v}{B} \left(1 + \frac{6e}{B} \right) = \frac{38.72}{3.56} \left(1 + \frac{6(0.494)}{3.56} \right)$$

$$q_{max} = 10.876(1.833)$$

$$q_{max} = 19.935$$

$$q_{min} = \frac{38.72}{3.56} \left(1 - \frac{6(0.494)}{3.56} \right)$$

$$q_{min} = 10.876(0.167)$$

$$q_{min} = 1.82 \text{ ton/m}^2$$

FScc = Factor de seguridad por capacidad de carga.

$$FS_{cc} = \frac{q_c}{q_{max}} > 2.0$$

- *Considerando una Falla Local sin Suelo Cemento*

$$q_c = C N_c + r_s B N'_r$$

$$\text{Tenemos: } \quad \phi = 28^\circ \quad N_q = 8.00 \quad N'_r = 5.00 \quad C = 0$$

$$N'_q = 8.00 \quad N'_r = 4.00 \quad C = 0$$

$$q_c = C N_c + r_s + \frac{1}{2} r_s B N'_r$$

$$q_c = 1.5 (1.5)(8.0) + \frac{1}{2} (1.5)(3.56)(4.0)$$

$$q_c = 18 + 10.68$$

$$q_c = 28.68 \text{ ton/m}^2$$

$$F_{scc} = \frac{q_c}{q_{max}}$$

$$F_{scc} = \frac{28.68}{19.935} = 1.44$$

$$F_{scc} = 1.44$$

Luego: $1.44 < 2.0$ es necesario compactar con suelo cemento.

- *Considerando una falla local con suelo-cemento*

$$q_c = CN_c + r_s DN'q + \frac{1}{2} rsBN'r$$

$$\phi = 28^\circ; \quad N'q = 21; \quad N'r = 20; \quad c = 0$$

$$q_c = (1.5)(1.5)(21) + \frac{1}{2}(1.5)(3.56)(20)$$

$$q_c = 47.25 + 53.4$$

$$q_c = 100.65 \text{ ton/m}^2$$

$$F_{SCC} = \frac{q_c}{q_{\max}} = \frac{100.65}{19.935} = 5.05 > 2.00$$

cumple con capacidad de carga.

3.2.1.4 Rasante de Diseño de Obra de Paso.

Esta se define al considerar la proyección definitiva de la obra de paso a realizarse (caja rectangular), obteniéndose el punto de partida de la rasante, por medio de la elevación total de la obra en el punto de intersección con el flujo de la quebrada Sinai, la cual se encuentra en el estacionamiento 0+290.0 mts del cadenamiento de la calle Cap. Guzmán con elevación de salida de 95.33 mts, partiendo hacia la desembocadura de dicha quebrada con un cadenamiento de 345 mts hacia el norte de dicho punto a lo largo del cual se proyectara la obra de paso diseñada (caja rectangular).

En el anexo No. 6 se presenta, la rasante de diseño de la caja rectangular a lo largo del cauce de la quebrada, con su nivel de tapadera, fondo y cauce de la quebrada definidos para cada estacionamiento del cadenamiento, así como una sección transversal tipo de la sección proyectada.

La definición de las elevaciones del cauce natural se obtuvo del levantamiento topográfico del cauce (nivelación) al igual que las secciones transversales actuales del cauce, y las elevaciones de fondo y tapadera en base a la rasante proyectada.

3.3 DISEÑO DE PAVIMENTO

A continuación se presenta la guía para el diseño estructural de pavimento utilizada en la colonia Solórzano para proponer las alternativas de solución al problema de falta de estructura de pavimento, obteniéndose dos alternativas las cuales son; pavimento de concreto de cemento no reforzado y de concreto asfáltico, para vías urbanas con tráfico vehicular sobre llantas neumáticas, utilizando bases de suelo cemento.

3.3.1 VARIABLES DE DISEÑO

3.3.1.1 Tráfico

a) Conteo del Tráfico

Se obtuvo la información necesaria para el diseño de los pavimentos, desde el punto de vista del tráfico, se ha reducido a determinar el número promedio diario de vehículos comerciales que podrán circular en cada carril, para el primer año de utilización del pavimento (NVDCD).

b) Clasificación de Vehículos

Se entienden como vehículos comerciales aquellos con dos o más ejes (incluyendo el direccional) y seis o más llantas (incluyendo las dos delanteras) y que pesen, estando descargados, 1500 kilos o más. Los buses, a pesar de que cumplen con la definición de vehículos comerciales, no se consideran como tales, y por lo tanto no entran en los conteos, pero en el método de diseño propuesto se han tomado las precauciones necesarias para considerar sus efectos en el comportamiento y estabilidad de los pavimentos.

El NVDCD se obtiene por conteos directos de tráfico en vías de características similares a las de las que se van a pavimentar, o con la ayuda de la siguiente clasificación de las vías, de menor a mayor, según el nivel de tráfico.

c) Clasificación de Vías

- c.1) **Vías de servicio secundarias:** Son vías de poca longitud cuya función principal es dar acceso directo a las edificaciones. Prestan servicio al tráfico generado por 30 predios como máximo, con un NVCDC de 5 ó menos.
- c.2) **Vías de servicio primarias:** Reciben los vehículos de varias vías de servicio secundarias. Prestan servicio al tráfico generado por 150 predios como máximo y el NVCDC está entre 6 y 20.
- c.3) **Vías colectoras:** Recogen el tráfico de las vías de servicio primarias y secundarias de un área determinada y lo conducen a un sistema de vías de mayor rango. Su longitud puede ser considerable y el NVCDC varía entre 21 y 60.
- c.4) **Vías arterias:** Pueden tener varios kilómetros de longitud y su función es canalizar el flujo de vehículos entre zonas de uso residencial, industrial y comercial. El tráfico diario puede ser de aproximadamente 6 000 vehículos en ambas direcciones y el NVCDC oscila entre 61 y 200.
- c.5) **Vías regionales:** Tienen continuidad a lo largo de toda un área urbana. Soportan fundamentalmente el tránsito intermunicipal con un volumen de tráfico alto, de hasta 30 000 vehículos diarios en ambas direcciones. El NVCDC está entre 201 y 700.

Al estudiar el sistema de vías arterias se deben considerar además las vías vecinas o paralelas, que eventualmente puedan servir total o parcialmente como rutas de desvío de la vía arteria y que necesitan de un diseño adecuado para soportar este tráfico adicional.

d) Crecimiento del Tráfico

El crecimiento anual del tráfico para las vías de servicio secundarias se considera nulo en razón a la imposibilidad de llevar a cabo futuros desarrollos en dichas vías, una vez se haya alcanzado la densidad de construcción permitida.

Dado que el crecimiento del tráfico difícilmente es mayor que el de la población, se estimó, para las demás categorías de vías, un crecimiento del cuatro por ciento (4%).

e) Peso de los Vehículos

Partiendo de la clasificación de las vías se adoptaron diferentes características para el vehículo típico que circula en cada una. En la tabla No. 3-e se presentan los diferentes pesos de vehículos según la clasificación de la vía y la configuración de cada eje considerando el peso promedio en toneladas del eje trasero de los vehículos comerciales.

Tabla 3-e. Pesos de Vehículos

PESO DEL EJE TRASERO (Toneladas)	SENCILLO	TANDEM	TRIDEM
Vía de servicio secundario	8.2	15	18.2
Vía de servicio primario	9	17	20
Vía colectora	10	18	22
Vía arteria	11	20	24
Vía regional	12	23	27

Fuente: manual, revista del ingeniero ASIA.

f) Período de Diseño

El periodo de diseño para los pavimentos se debe fijar con base en la utilización que se vaya a hacer de las vías, el crecimiento del tráfico y por último el flujo de las asignaciones de la administración pública, para la construcción y mantenimiento de las mismas. En la tabla de diseño se ha establecido 20 años como período de diseño básico; si se quieren utilizar otros valores, se deben ajustar los espesores dados en la tabla No 3-1.

3.3.2 CARACTERISTICAS GENERALES DE LA SUBRASANTE

Para el diseño de pavimentos es recomendable conocer las características del suelo tanto como sea posible (uniformidad, clasificación, capacidad de soporte, etc.) para lo cual la asesoría de un laboratorio de suelos es fundamental. Si no se dispone de esta ayuda, el diseñador puede, con base en observaciones cuidadosas, clasificar el suelo dentro de una de las siguientes categorías:

- a) **Suelos de baja capacidad:** Son suelos con alto contenido de arcilla o limos, que en estado húmedo son blandos. Se caracterizan por tener un valor de CBR (%) y un módulo de reacción "K" (kgf/cm^2). menor que 3 y 2,7 respectivamente y un índice de plasticidad mayor que 30.
- b) **Suelos de regular capacidad:** Mantienen un grado moderado de estabilidad o firmeza cuando están en condiciones de humedad desfavorables. Los suelos característicos de esta clasificación son los arenosos, con algún contenido de limo y arcilla, con valores de CBR entre 3 y 15 y de k entre 2,7 y 6,3 y con un índice de plasticidad menor que 20.
- c) **Suelos de buena o excelente capacidad:** Mantienen sus características estructurales y su capacidad de soporte cuando están saturados. En esta clasificación están incluidas las arenas limpias, los cascajos y las mezclas de cascajo con arena o limo, bien o mal gradadas. Se caracterizan por tener un CBR de más de 15 y un k por encima de 6,3. Son suelos sin plasticidad.
- d) **El suelo de la subrasante debe ser razonablemente homogéneo.** Cuando se encuentran zonas de poca extensión con un material diferente al predominante, se deben remover y hacer un relleno con un material de las mismas características de composición y compactación del que se encuentra en las zonas aledañas.

3.3.3 MATERIALES PARA PAVIMENTACIÓN

El concreto de cemento, el concreto asfáltico, los adoquines de concreto y las bases de suelo cemento, deberán cumplir con los requisitos y especificaciones locales o internacionales. Tales como: Ministerio de Obras Públicas, American Concrete Instituto (ACI): Portland Cement Association (PCA); Asphalt Instituto; etc., y con los requisitos mínimos que aparecen en las Tabla de diseño.

3.3.3.1 ESPECIFICACIONES Y REQUISITOS DE MATERIALES

El suelo de la subrasante debe ser razonablemente homogéneo. Cuando se encuentran zonas de poca extensión con un material diferente al predominante, se deben remover y hacer un relleno con un material de las mismas características de composición y compactación del que se encuentra en las zonas aledañas, y no con un material de préstamo diferente, tal como un suelo granular.

- a) El suelo cemento debe tener una resistencia a la compresión a los 7 días de 2; 1,7 y 1,4 MPa para suelos arenosos, limosos y arcillosos, respectivamente.
- b) El concreto debe tener un módulo de rotura a los 28 días mayor que 4 MPa (= 40 kgf/cm²). Las juntas transversales deberán tener preferiblemente una inclinación de uno en el sentido longitudinal por seis en el sentido transversal, de manera que la llanta izquierda pase la junta antes que la derecha.
- c) Espesores mínimos recomendados por el Asphalt Instituto (tabla 3-1).
- d) Espesores mínimos para bases de suelo cemento:
 - 75 mm si el CBR de la subrasante es > 6%
 - 100 mm si el CBR de la subrasante es \geq 6%.

- e) Pavimentos de concreto de cemento; el incremento o la reducción del espesor de las placas de concreto será de 5 mm por cada 5 años de aumento o disminución del periodo de diseño, respectivamente.
- f) Para períodos de diseño de 25 ó más años se deben colocar pasadores de transferencia de carga en las juntas transversales de los pavimentos para las vías arterias.
- g) La junta longitudinal deber ser un plano vertical construido o inducido. Cuando la vía que se va a construir tiene algún tipo de confinamiento lateral (aceras, bordillos, pavimentos o construcciones existentes, etc.) no se requiere de la utilización de refuerzo en la junta longitudinal para mantener la unión entre las placas. Si no existe dicho confinamiento, se deben colocar, en el tercio medio de la profundidad de la losa, varillas de acero de 12 mm (1/2") de diámetro, con una longitud de 1 m. cada 600 mm (60 cm).
- h) Bases de suelo cemento; el incremento o la reducción del espesor de las bases de suelo cemento será 4 mm por cada 5 años de aumento o disminución en el período de diseño, respectivamente.
- i) Se deberá colocar un espesor mínimo de base de suelo cemento de: 100 mm para subrasantes con CBR o igual a 6 y 75 mm para valores mayores que 6.
- j) Para los pavimentos de asfalto no se deben hacer reducciones en el espesor del concreto asfáltico, por debajo de los que aparecen en las Tabla de diseño, pues con ello se violan las recomendaciones básicas del método del Asphalt Instituto.

3.3.4 SELECCIÓN DE LOS ESPESORES DE LOS PAVIMENTOS

3.3.4.1 Métodos de Diseño

Los espesores registrados en la tabla de diseño se obtuvieron con base en métodos propuestos por la Portland Cement Association ("Thickness Design for Concrete Pavements"), por el Asphalt Instituto ("Asphalt Pavements for Highways and Streets") y por el ICPC ("Diseño de Espesores para Pavimentos de Adoquines de Concreto") para los pavimentos de concreto de cemento, de asfalto y de adoquines respectivamente.

3.3.5 MEMORIA DE CÁLCULO DE DISEÑO DE PAVIMENTO

A. Trafico

A.1 Conteo del tráfico.

Se realizó durante una semana en el intervalo de tiempo del lunes 2 de septiembre al 7 de septiembre del 2002 en las vías interiores de acceso vehicular que comprendían la zona de estudio en la colonia Solórzano, realizándose específicamente sobre la intersección entre la calle Capitán Guzmán y la prolongación de la 15 Av. Sur, donde se identificó previamente la mayor cantidad de tráfico y los sentidos de los flujos vehiculares que se dan en la zona, la metodología utilizada fue la de conteo directo, para lo que se identificó el horario de mayor acumulación vehicular dentro de la zona de estudio. Basándose en lo anterior, se identificaron los intervalos de tiempo crítico para la realización de los conteos vehiculares directos, precisándose de la siguiente manera por la mañana en horario de 6:30 a 7:45 am., y por la tarde de 12:45 a 1:45 pm.

Los datos obtenidos de dicho estudio se presentan, en las siguientes tablas (No.3-f al No.3-i), teniendo proyecciones semanales de ambos horarios, promedio de ambas y proyecciones hasta de 25 años de dichos flujos.

Tabla 3-f Promedio Semanal de Vehículos de 6:30 a 7:45 a.m

TIPOS \ FLUJO		FEP	FE 15 AV	FSP	F15 AV	TOTAL
MOTOS		1	1	0	0	2
CARROS		52	15	24	1	92
PICK-UP		51	14	22	1	88
MICROBUS		32	13	6	2	53
CAMION	2 EJES	3	0	0	0	3
	3 EJES	0	0	0	0	0
BUSES		2	3	1	1	7
TRAILERS		0	0	0	0	0
MINIVAN		10	2	3	0	15
TOTAL		151	48	56	5	260

Tabla 3-g. Promedio Semanal de Vehículos de 12:30 a 1:45 p.m

TIPO \ FLUJO		FEP	FE 15 AV	FSP	F15 AV	TOTAL
MOTOS		1	0	0	0	1
CARROS		20	6	13	1	40
PICK-UP		11	5	11	1	28
MICROBUS		28	7	15	2	52
CAMION	2 EJES	1	0	0	0	1
	3 EJES	0	0	0	0	0
BUSES		1	1	0	1	3
TRAILERS		0	0	0	0	0
MINIVAN		3	0	1	0	4
TOTAL		65	19	40	5	129

Tabla 3-h. Flujo Promedio Semanal, zona de estudio Colonia Solórzano

TIPO \ FLUJO		FEP	FE 15 AV	FSP	FS 15 AV	TOTAL
MOTOS		1	1	0	0	2
CARROS		36	11	19	1	85
PICK-UP		31	13	17	1	78
MICROBUS		30	10	11	2	62
CAMION	2 EJES	2	0	0	0	2
	3 EJES	0	0	0	0	0
BUSES		1	2	1	1	5
TRAILERS		0	0	0	0	0
MINIVAN		7	1	2	0	12
TOTAL		108	38	50	5	246

Tabla 3-i. Flujo Promedio Anual, zona de estudio Colonia Solórzano

AÑOS \ FLUJO	FEP	FE 15 A.V	FSP	FS 15 AV.	TOTAL
ACTUAL	108	38	50	5	201
1	112	40	52	5	209
2	116	42	54	5	217
3	121	44	56	5	226
4	126	46	58	6	236
5	131	48	60	6	245
10	157	58	72	7	294
15	188	70	86	8	352
20	226	84	103	10	423
25	271	101	124	12	508

Nota: la tasa de crecimiento vehicular utilizada fue del 4% tomada del PLAMADUR de la ciudad de Santa Ana.

A.2 Determinación del NVCDC.

Se obtuvo de manera directa, por medio del estudio tráfico realizado; definiéndose como NVCDC, al número promedio de vehículos comerciales que podrán circular en cada carril y entendiéndose como vehículo comercial aquellos con dos o mas llantas de dos o mas ejes (incluyendo el direccional) y seis o más llantas (incluyendo las delanteras) y que pesen estando descargados, 1500 kilos o más.

A.2.1 Cantidad de NVCDC del Estudio.

Por medio del conteo se obtuvo los siguientes datos de vehículos comerciales para obtener el diseño final, en la tabla No.3-j se presenta el compilado de los vehículos comerciales de la zona:

Tabla 3-j. Cantidad de Vehículos Comerciales en la Zona de Estudio.

TIPO VEHÍCULO	CANTIDAD	NVCDC TOTAL
Minivan	12	12
Camión	3	3
NVCDC de diseño	-----	15

A.2.2 Tipo de Vía en Base al NVCDC.

Obteniéndose un NVCDC de 15; la vía se clasifica como vía de servicio primaria, presta servicio al tráfico generado por 150 predios como máximo y un NVCDC entre 6 y 20.

B. Estudio de Suelos.

Para el diseño de pavimento, nos importan los datos obtenidos por el ensayo de California Bearing Ratio (CBR) , realizados a las muestras obtenidas de dos pozos a cielo abierto excavados en el sector objeto de estudio, obteniéndole los siguientes valores, presentados en la tabla No.3-k.

Tabla 3-k. Datos de CBR de Muestras Obtenidas.

Pozo	Clasificación	CBR de diseño	PVS máximo
No. 1	Limo arenoso café oscuro, de media plasticidad (ML'')	14%	1490.00 kg/m ³
No. 2	Limo arenoso café oscuro, de media plasticidad (ML'')	16%	1468.00 kg/m ³

Fuente: Estudio de suelos, colonia Solórzano julio 2002, I.C.I.A. S.A de C.V

C. Diseño Final de Pavimento.

Basándose en los distintos estudios de campo realizados, como son topográfico, de tráfico y de suelos, con los cuales se obtuvieron los parámetros utilizados para realizar el diseño de la estructura de pavimento propuesta.

Los distintos parámetros obtenidos basándose en el estudio de tráfico, fueron vehículo de diseño (vehículos comerciales), tipo de vía según la cantidad de tráfico así como los predios que comunican.

Con el estudio de suelos se obtuvo las características del sub-suelo así como la capacidad de soporte del suelo (CBR), parámetro principal utilizado para determinar la sección de pavimento diseñada.

C.1 Datos de Diseño.

NVCDC = 15 vehículos.

Clasificación de vía: Primaria.

CBR promedio: 15%.

Con dichos datos se entra a la tabla No.3-l, con la cual se obtiene la sección de pavimento, propuestas para las características obtenidas en la zona de estudio.

Tabla 3-1. Diseño de pavimentos de concreto de cemento, de adoquines de concreto y de asfalto, sobre bases de suelo cemento, para diferentes categorías de tráfico y capacidad de soporte del suelo.

TIPO DE PAVIMENTO	CAPACIDAD DE SOPORTE DEL SUELO	ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO CAPA DE RODADURA BASE(SUELO CEMENTO)(a)	CLASIFICACIÓN DE LA VÍA SEGÚN SU CATEGORÍA Y EL NUMERO DE VEHÍCULOS COMERCIALES POR DÍA Y CARRIL (NVDCD)				
			SERVICIO SECUNDARIA	SERVICIO PRIMARIA	COLECTORA	ARTERIA	REGIONAL
			1 - 5	6 - 20	21 - 50	51 - 200	201 - 700
			ESPESORES DE LAS CAPAS (mm)				
PAVIMENTO DE CONCRETO DE CEMENTO	BAJA CBR \leq 3	Placa de concreto (b) Base de suelo cemento	<u>140</u> 100	<u>150</u> 100	<u>170</u> 100	<u>185</u> 100	<u>190(d)</u> 100
	MEDIA 3 < CBR \leq 15	Placa de concreto (b) Base de suelo cemento	<u>125</u> 100	<u>145</u> 100	<u>160</u> 100	<u>170</u> 100	<u>180(d)</u> 100
	BUENA CBR > 15	Placa de concreto (b) Base de suelo cemento	<u>120</u> 100	<u>140</u> 100	<u>155</u> 100	<u>165</u> 100	<u>170(d)</u> 100
PAVIMENTO DE ADOQUINES DE CONCRETO (c)	BAJA CBR \leq 3	Adoquines de concreto Base de suelo cemento	<u>60 u 80</u> 100(f)	<u>60 u 80</u> 140 110	<u>80</u> 160	<u>80</u> 210	<u>100</u> 270
	MEDIA 3 < CBR \leq 15	Adoquines de concreto Base de suelo cemento	<u>60 u 80</u> 100	<u>60 u 80</u> (f)	<u>80</u> (f)	<u>80</u> 100	<u>100</u> 120
	BUENA CBR > 15	Adoquines de concreto Base de suelo cemento	<u>60 u 80</u> 75	<u>60 u 80</u> 75(f)	<u>80</u> 75(f)	<u>80</u> 75(f)	<u>100</u> 75(f)
PAVIMENTO DE ASFALTO	BAJA CBR \leq 3	Concreto de asfalto(e) Base de suelo cemento	<u>100</u> 120	<u>100</u> 180	<u>125</u> 200	<u>125</u> 250	<u>150</u> 280
	MEDIA 3 < CBR \leq 15	Concreto de asfalto(e) Base de suelo cemento	<u>100</u> 100(f)	<u>100</u> 100	<u>125</u> 100	<u>125</u> 130	<u>150</u> 130
	BUENA CBR > 15	Concreto de asfalto(e) Base de suelo cemento	<u>100</u> 75(f)	<u>100</u> 75(f)	<u>125</u> 75(f)	<u>125</u> 75(f)	<u>150</u> 75(f)

Fuente: manual, revista del ingeniero ASIA.

C.2 Resultados Obtenidos.

Los datos obtenidos para la sección de diseño por medio de la tabla son los siguientes:

- Sección de pavimento de concreto hidráulico:

Placa de concreto: 145 mm

Base suelo cemento: 100 mm.

En la siguiente figura No. III-8 se muestra la sección de pavimento de concreto hidráulico diseñada.

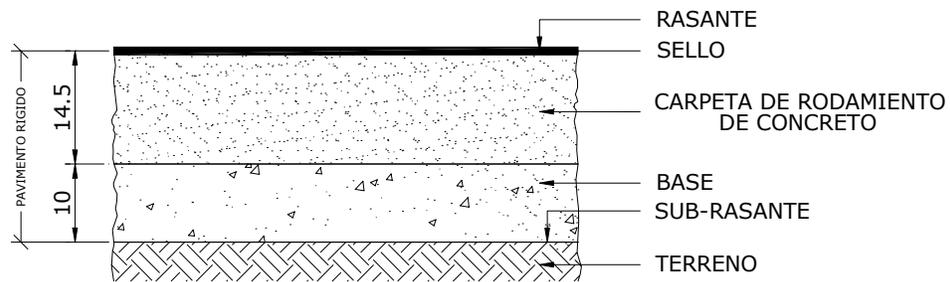


Figura III-8. Sección de Pavimento de Concreto Hidráulico

- Sección de pavimento de concreto asfáltico:

Concreto de asfalto: 100 mm.

Base suelo cemento: 100 mm.

En la siguiente figura No III-9 se muestra la sección de pavimento asfáltico diseñada:

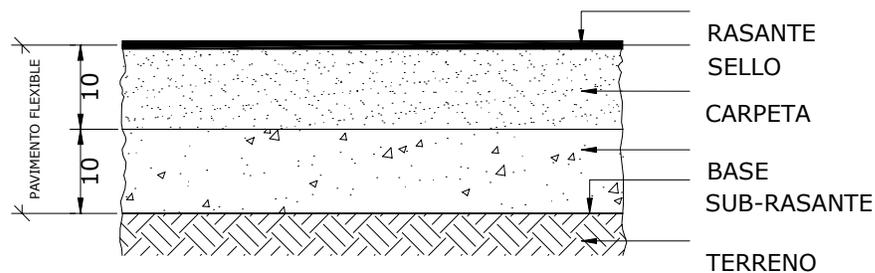


Figura III-9. Sección de Pavimento Asfáltico

De las secciones anteriores utilizaremos la sección de concreto asfáltico, con la modificación del aumento de la sección de base de 5mm, obteniéndose la siguiente sección mostrada en la figura No. III-10.

- Sección de pavimento a utilizar:

Concreto de asfalto: 5 mm.

Base de suelo cemento: 15 mm.



Figura III-10. Sección de Diseño

C.3) Rasante de Diseño de Pavimento

Con el estudio topográfico se determinó la altimetría de la zona, para proponer la nueva rasante de las calles, así como las secciones transversales respectivas a cada 20 mts a lo largo de los ejes longitudinales de las calles, y poder determinar un nuevo diseño geométrico carretero de la zona en estudio.

La sección transversal tipo de las calles internas tiene un ancho de rodaje de 9.0 mts, con la cual se proyectó la nueva rasante de la zona de estudio.

En el anexo No. 7 se presentan las nuevas rasantes a proyectarse en cada una de las diferentes calles que conforman la zona de estudio, así como sus elevaciones, secciones transversales del cadenamiento y el detalle de su nueva geometría.

3.4 DISEÑO DE AGUAS LLUVIAS.

3.4.1 GENERALIDADES

Para el diseño de la red de drenaje pluvial de la colonia Solórzano, se parte de la información topográfica necesaria para la elaboración de los perfiles longitudinales de calles y avenidas. Así como también de las áreas tributarias de los distintos colectores, para determinar la capacidad hidráulica de las tuberías y poder establecer a la vez la rasante de las mismas.

Cumpliendo dicho diseño con las especificaciones técnicas del Viceministerio de Vivienda y Desarrollo Urbano (VMVDU), con el objeto de obtener un diseño funcional que desaloje la escorrentía superficial de la zona de estudio de la colonia Solórzano, y que responda a las necesidades de los habitantes del lugar.

3.4.2 ALTIMETRIA DE CALLES Y AVENIDAS

Para el levantamiento altimétrico de las diferentes calles y avenidas de la colonia Solórzano, la nivelación se realizó sobre el eje de dichas calles y avenidas, a estacionamientos de 20 metros o menos cuando el terreno resulto muy accidentado. Dicho levantamiento se hace con el fin de elaborar los perfiles de las calles y avenidas del lugar, y los que a su vez sirven de base para el diseño de las rasantes de tubería (Anexo No.8).

3.4.3 UBICACIÓN DE CORDÓN CUNETA, CAJAS TRAGANTES Y POZOS DE VISITA

El cordón cuneta es el elemento ubicado en ambos lados de las calles y avenidas, cuya función es drenar la escorrentía superficialmente hacia las cajas tragantes, de tal manera. Que en los tramos donde comienza el recogimiento de aguas lluvias no es necesario colocar tubería enterrada. Por ejemplo: el tramo inicial de la calle Capitán Guzmán, antes de la intersección con la 15 Av. sur.

Los tragantes, de preferencia, se ubican en las bocacalles. Sin embargo, cuando las distancias de las calles son grandes y las pendientes pronunciadas, se colocan tragantes intermedios que evacuen rápidamente las aguas, como puede observarse en la intersección de la calle Capitán guzmán y la 17 Avenida sur. Donde se ha colocado la caja rectangular para drenar la quebrada Sinai, dichas cajas tragantes conectaran directamente con la sección de la caja rectangular.

En las esquinas donde llegan a juntarse las pendientes de dos calles, deberá también colocarse, necesariamente, un tragante; como por ejemplo en la intersección de la calle Valparaíso y 17 Avenida, calle San pedro 1 y 17 avenida sur. Siendo el diámetro mínimo de conexión de caja tragante a pozo de visita de 18 pulgadas, a partir del segundo tragante, por trabajar con vías vehiculares.

Las 11 cajas tragantes que aparecen en la red, son cajas tipo para calles pavimentadas por ser estas las que captan la escorrentía superficial proveniente de las áreas de influencia para cada colector.

La posición de los tragantes determina también la ubicación de los pozos de visita, ya que los tragantes deben verter sus aguas por medio de los pozos al alcantarillado pluvial. Colocando en cada cambio de dirección de la tubería de aguas lluvias el respectivo pozo. Respetando la distancia máxima de 100 mt. Entre ellos con una variación permisible del 15 %.

3.4.4 UBICACIÓN DE TUBERÍA DE AGUAS LLUVIAS.

La tubería de aguas lluvias se ubica al centro de calles y avenidas, y puede constituir un ramal o un colector principal; cuya función es conducir el agua hacia los puntos de descarga. Considerándose el diámetro mínimo de la tubería de 18 pulgadas, por tratarse en este caso de vías vehiculares.

3.4.5 DISEÑO DE RASANTES DE TUBERÍA

El diseño de las rasantes de tubería de aguas lluvias, se hace considerando las especificaciones mínimas permisibles como son: que la altura mínima entre la parte superior de la tubería y la rasante de la tubería es de 1.50 mts; y que la pendiente mínima es del 0.5 % y las máximas, según las especificadas para cada diámetro de tubería. Por lo cual siguiendo el reglamento del Viceministerio de Vivienda y Desarrollo Urbano (V.M.V.D.U), y las pendientes para cada tramo, de acuerdo al comportamiento de los perfiles del terreno.

La profundidad máxima de los pozos de visita es de 6.0 mt. Con una caída menor de 3.00 mt, tomando en cuenta que en los cambios de dirección de 45° o más con respecto al eje de la tubería, debe contar con una caída de 30.0cms. Como mínimo, para un diámetro máximo de 30 pulgadas. La tubería de aguas lluvias se ubica al centro de calles y avenidas, y puede constituir un ramal o un colector; principal; cuya función es conducir el agua hacia los puntos de descarga. Considerando el diámetro mínimo de la tubería de 18 pulgadas, por tratarse en este caso de vías vehiculares.

3.4.6 CALCULO DE DIAMETROS DE TUBERIA.

Para el cálculo de los diferentes diámetros de tubería que se utilizan para la red diseñada, se establecieron los siguientes parámetros y la siguiente memoria de cálculo.

a) Datos:

Período de diseño = 25 años

$C = 0.90$ (Coeficiente de escorrentía para Pav. Asfálticos).

$I = 3 \text{ mm /min} = 5 \cdot 10^{-5} \text{ m/s.}$

$A = 7372.2 \text{ m}^2$ (Área comprendida entre calle Cáp. Guzmán y 15 Av. Sur).

a.1) Determinación del caudal para dicha área tributaria.

$$Q = CIA$$

$$Q = (0.90) (5 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}) (7372.2 \text{ m}^2)$$

$$Q = 0.332 \text{ m}^3/\text{seg}$$

a.2) Determinación de tubería para determinado tramo.

- Utilizando la ecuación de maninng

$$Q = 1/n RH^{2/3} S^{1/2} A_H$$

- Ecuación de maninng modificada.

$$\text{Diámetro en pulgadas} = \left[\frac{4Qn(4^{2/3})}{\pi\sqrt{S}} \right]^{3/8} \quad (39.4)$$

Datos de entrada:

Coefficiente “n” maninng para tuberías de plástico (Novafort) = 0.010.

Pendiente de tubería analizada = 1%

Caudal de área tributaria = 0.333 m³/s

Con dichos datos se sustituye en la ecuación anterior y se obtiene el diámetro de la tubería a utilizar.

- Diámetro necesario de tubería = 17”, se utilizara de 18”, por ser un diámetro comercial y el mínimo permitido por este tipo de diseño para vías vehiculares.

Todos los tramos se calcularon de la misma manera presentándose, la tabla No. 3-m con el resumen de datos obtenidos.

Para garantizar el flujo libre de la escorrentía superficial, se dejó la conexión de caja tragante a pozo con una tubería de 18”, y de pozo a pozo de 24”, la conexión pozo con la obra de drenaje mayor (Caja Rectangular) también es de 24”, dicho criterio se tomó en base a los caudales obtenidos para cada tramo.

Tabla. 3 -m. Cuadro de tuberías y pozos de aguas lluvias, colonia Solórzano

Calle ó Avenida	Tramo entre pozos	Longitud	Coef. Escorrentía	Caudal (m ³ /seg)	Pendiente	Diámetro
Calle Cáp. Guzmán	P1 - P2	100	0.9	0.332	1%	24”
Calle Cáp. Guzmán	P2 – CR*		0.9	0.332	1%	24”
Calle Valparaíso	P3 - P4	100	0.9	0.421	1%	24”
Calle Valparaíso	P 4 – CR		0.9	0.421	1%	24”

*Nota: CR, significa caja rectangular

CAPITULO IV
ESTUDIO DE
FACTIBILIDAD

4.1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

La construcción del Proyecto de Integración Vial de la Colonia Solórzano al Sistema de By Pass de la Ciudad de Santa Ana, comprende el mejoramiento de la Carretera Panamericana (CA-1) a la altura del Km 63 ½ (By Pass) sector sur oriente de la ciudad de Santa Ana, donde se ubica la colonia Solórzano de esta ciudad, así como el sistema vial interno de dicha colonia, la construcción de dicho proyecto incluye también la construcción de diferentes obras de paso, de drenaje y complementarias. Entre éstas obras se pueden destacar como las más importantes: Dos carriles de cambio de velocidad (aceleración y deceleración) funcionando como intersección a nivel conectando con la carretera CA-1 en la entrada principal de la colonia aumentando de 2 a 3 carriles dicha zona, estructura de pavimento para las calles y avenidas de la colonia Solórzano, una caja rectangular (tipo canal) como obra de paso mayor ubicada sobre el cauce de la quebrada Sinaí y el sistema de aguas lluvias (pozos y cajas tragantes) para el buen drenaje de la escorrentía superficial que se genera en la zona.

4.2 OBJETIVO DEL PROYECTO.

Con la implementación de las obras viales, se busca el mejoramiento de las condiciones de tráfico de enlace existentes en el tramo entre el by pass hacia Metapan y la colonia Solórzano, así como el mejoramiento general de las calles y avenidas al implementarse una estructura de pavimento, lo que se traducirá en una reducción en los costos de operación de vehículos que se mueven en esa carretera y tráfico interno de la colonia Solórzano en el anexo No. 9 se presenta un esquema general de la soluciones propuestas y su ubicación dentro de la zona de estudio.

Las estructuras de drenajes propuestas disminuirán los riesgos de inundación en la zona, así como un mejor control de la escorrentía superficial que se genera en la colonia.

Con la ejecución del proyecto se busca mejorar las condiciones de calidad de vida de los habitantes de la colonia Solórzano, implementando las obras propuestas, así como la generación de empleo para los habitantes de dicha zona.

4.3 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL PROYECTO.

A continuación se presentan las cantidades de obra a realizar como parte del proyecto

1. Se proyecta la construcción de 295 metros lineales de tubería de 24” para conectar de pozo a pozo y con la caja rectangular (obra de paso mayor), 31 metros lineales de tubería de 18” para conectar de caja tragante a pozo de visita, 13 cajas tragantes, 4 pozos de visita de aguas lluvias, 3,344 m² de cordón cuneta para el manejo de la escorrentía superficial de la zona de estudio.
2. Se proyecta la construcción de una caja rectangular para el manejo de la escorrentía generada por la quebrada sinaí, consistente en una losa de concreto reforzada apoyada simplemente sobre muros de retención, el volumen total de obra es el siguiente; 4154.4 m³ de muro de mampostería y 2160 m² de losa de concreto reforzado.
3. Se proyecta la construcción de 11,511 m² de pavimento asfáltico con una sección de 15 cm de base de suelo-cemento, y 5 cm de mezcla asfáltica, volumen que incluye todas las calles y avenidas y los carriles de aceleración y desaceleración.

4. Se proyectan obras de terracería para conformar rasantes de calles y avenidas, así como la cimentación de la caja rectangular, obteniéndose un volumen de corte de 25,584 m³ y volumen de relleno de 5980 m³.
5. Se proyecta el trazo y conformación de los carriles de aceleración y desaceleración con una longitud correspondiente de 222 ml y 230 ml.

4.4 CARACTERÍSTICAS FINANCIERAS DEL PROYECTO.

Para la ejecución de dicho proyecto, se estima necesario una inversión de \$1,758,743.66, dicha inversión se cálculo en base a costos unitarios para cada uno de los elementos que constituyen las obras a implementar en el proyecto “Integración Vial de la Colonia Solórzano al Sistema de By Pass de la Ciudad de Santa Ana”, considerando los volúmenes de obra del proyecto, precios vigentes de materiales de construcción, precios de mano de obra establecidos por el Laudo Arbitral, que revisa el contrato colectivo del trabajador de la construcción vigente, además de los costos administrativos donde se incluyen utilidades, I.V.A y otras consideraciones de carácter administrativo.

En el siguiente cuadro se detallan los costos de dicha inversión y el desglose de actividades a realizar, para dicho proyecto.

PRESUPUESTO: Integración Vial de la Colonia Solórzano al Sistema de By Pass de la ciudad de Santa Ana.
UBICACION: Km 63 1/2 CA-1 by pass Santa Ana

DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	\$ UNITARIO	\$ TOTAL
1 – OBRAS PRELIMINARES				
1.1 Bodega	1.00	sg	\$1,088.24	\$1,088.24
1.2 Oficina	1.00	sg	\$1,682.42	\$1,682.42
1.3 Cabañas para obreros	1.00	sg	\$518.74	\$518.74
1.4 Servicios sanitarios	1.00	sg	\$745.91	\$745.91
1.5 Instalaciones eléctricas	1.00	sg	\$163.33	\$163.33
1.6 Agua potable	1.00	sg	\$26.44	\$26.44
				\$4,225.08

2.- AGUAS LLUVIAS DRENAJES MENORES

2.1 Trazo lineal	3965.00	ml	\$4.13	\$16,375.45
2.2 Tubería Riblock 18"	295.00	ml	\$129.88	\$38,314.60
2.2 Tubería Riblock 24"	31.00	ml	\$160.17	\$4,965.27
2.3 Cajas Tragantes	12.00	c/u	\$113.63	\$1,363.56
2.4 Pozos de visita A.LL	4.00	c/u	\$530.93	\$2,123.72
2.5 Cordón cuneta	3344.00	ml	\$7.81	\$26,116.64
				\$89,259.24

PRESUPUESTO: Integración Vial de la Colonia Solórzano al Sistema de By Pass de la ciudad de Santa Ana.
UBICACION: Km 63 1/2 CA-1 by pass Santa Ana

DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	\$ UNITARIO	\$ TOTAL
-------------	----------	--------	-------------	----------

3. AGUAS LLUVIAS DRENAJE MAYOR (CAJA RECTANGULAR)

3.1 Trazo Lineal	360.00	ml	\$4.13	\$1,486.80
3.2 Trazo por área	2160.00	m ²	\$4.13	\$8,920.80
3.3 Excavación Mecanizada	19976.00	m ³	\$0.34	\$6,791.84
3.4 Mampostería muro de piedra	4155.00	m ³	\$104.45	\$433,989.75
3.5 Construcción losa para caja	2160.00	ml	\$211.46	\$456,753.60
3.6 Emplantillado	324.00	m ³	\$104.45	\$33,841.80
3.7 Desalojo	19976.00	m ³	\$0.68	\$13,583.68
				\$955,368.27

4. PAVIMENTO

4.1 Trazo por unidad de área	11511.00	m ²	\$0.19	\$2,187.09
4.2 Excavación Mecanizada	5608.00	m ³	\$0.34	\$1,906.72
4.3 Desalojo	5608.00	m ³	\$0.68	\$3,813.44
4.4 Estructura de pavimento asfáltico	11511.00	m ²	\$17.33	\$199,485.63
				\$207,392.88

PRESUPUESTO: Integración Vial de la Colonia Solórzano al Sistema de By Pass de la ciudad de Santa Ana.

UBICACION: Km 63 1/2 CA-1 by pass Santa Ana

RESUMEN DE LOS COSTOS	
TOTAL DE COSTOS DIRECTOS	\$1,256,245.47
TOTAL DE COSTOS INDIRECTOS	\$502,498.19
MONTO	\$1,758,743.66

CAPITULO V
CONCLUSIONES Y
RECOMENDACIONES

5.1 GENERALIDADES.

En este capítulo se presentan como resultado del análisis sobre el proyecto Integración Vial de la Colonia Solórzano al Sistema de By Pass de Santa Ana, las siguientes conclusiones y recomendaciones producto de dicha investigación.

5.1.1 CONCLUSIONES.

- Los problemas existentes en la colonia Solórzano entre los que se menciona aguas lluvias, sistema vial son consecuencia del crecimiento desordenado producto de la falta de planificación urbana del sitio.
- El uso original del suelo, cambió sensiblemente, con la construcción del colegio San José en la zona de la colonia Solórzano, donde como consecuencia se dio un aumento en el tráfico vehicular.
- Actualmente la prolongación de la 17 Avenida Sur, funciona como cauce natural de la quebrada Sinaí sirviendo de empalme entre las descargas aguas arriba y aguas abajo de la colonia Solórzano.
- La propuesta de drenaje mayor consiste en implementar una caja rectangular, consistente de una losa de concreto reforzado simplemente apoyada sobre muros de retención de mampostería con las siguientes dimensiones, 6 mts de largo por 3.50 mts de altura, con una longitud de 360 mts sobre la prolongación de la 17 Av. Sur e intersección con calle Cáp. Guzmán, eliminando el riesgo de inundación sobre dicha avenida, el diseño de la caja rectangular se baso en el caudal obtenido por el estudio hidrológico que fue de $153.3 \text{ m}^3/\text{seg}$, la estructura esta diseñada para resistir

diferentes patrones de carga (tráfico, sísmicas) que puedan afectar la funcionalidad de dicho elemento.

- El sistema de drenajes menores contemplados por el estudio, consiste en la implementación de cajas tragantes sobre las intersecciones de la colonia, pozos de visita, y la colocación de red de tuberías de conexión, entre cajas y pozo de 18", y de 24" entre pozo y pozo, este diseño considera la rasante de pavimento desarrollada por este estudio, con el fin de evitar que a futuro, al ser pavimentada la zona, las alturas de nivel de tapadera de las cajas tragantes y pozos de visita sean respetadas.
- La implementación de los carriles de cambio de velocidad, propuesto en el estudio se basa en las condiciones de velocidad y volumen de tránsito del by pass hacia Metapan considerando, esta vía de alta velocidad 80 Km/h y de volúmenes de tráfico alto 466 Veh/h; con lo cual implementando dichos carriles se asegura, el mejoramiento del nivel de servicio y capacidad de la intersección, así como un mejor diseño geométrico de la intersección el cual permitirá combinar de manera adecuada los flujos lentos y rápidos que convergen y divergen en la zona.

5.1.2 RECOMENDACIONES.

- Se recomienda realizar un ordenamiento para el desarrollo urbano de la colonia Solórzano en coordinación con la Alcaldía Municipal, basándose en Plan de Ordenamiento Urbano de la Ciudad de Santa Ana, donde se incluyen los programas de mejoramiento barrial para diversas zonas de la ciudad.
- Se recomienda la implementación de la obra de paso sobre la quebrada Sinaí, para lograr una correcta evacuación del caudal que circula sobre ella, disminuyendo el riesgo de inundación en la zona, dicha obra debe realizarse en época seca (verano) para poder implementar la obra en ausencia del caudal de descarga de la quebrada Sinaí.
- Se recomienda la pavimentación de las calles y avenidas de la colonia Solórzano, para disminuir los costos de operación de los vehículos que recorren dicha zona, además de las mejoras ambientales que tendrán para los habitantes de dicha colonia eliminando el polvo y otras molestias que generan las vías de tierra.
- En vista de que para diseñar o modificar una estructura vial se necesitan siempre datos que se reflejen el comportamiento vehicular en las zonas de estudio, se recomienda la realización de estudios de tráfico vehicular antes de decidir sobre un diseño relacionado con la circulación vial.
- Se recomienda proveer la zona de la colonia Solórzano de una adecuada señalización vial al realizarse las mejoras a la red interna de la colonia.

- Se recomienda la realización e implementación de las obras propuestas deberá realizarse por etapas, debido al alto costo que esta tiene, priorizando en la obra que mas beneficio contemple para la población de la colonia Solórzano, gestando ayuda económica de entidades como la Alcaldía, FISDL, FODES-ISDEM, MOP, FOVIAL o extranjeras como ONG'S.
- Las autoridades municipales de la ciudad de Santa Ana tienen la responsabilidad de contribuir al desarrollo, por tal razón es importante que se tome en cuenta los resultados en el presente estudio, para la solución de problemas de inundación y estructura vial.

BIBLIOGRAFÍA.

1. Diseño de Estructuras de Concreto.
Arthur. H. Nilson.
Editorial MCGRAW - HILL, 1999.
2. Manual de Hidráulica.
J.M de Azevedo, Guillermo Acosta A.
Editorial HARLA, 1976.
3. Manual de Diseño Geométrico de Carreteras.
SIECA, 1992.
4. Reglamento para las Construcciones de Concreto
Estructural y Comentarios ACI-318-95 Y ACI-318-R95.
Instituto Mexicano y del Concreto, A.C. 1997.
5. Especificaciones Generales de Diseño para Puentes
Carreteros AASHTO, 1983.
6. Manual de ASIA Para pavimentos Urbanos, 1990

7. Meza Abarca, “Guía para el Diseño Hidráulico de Obras De Paso, Considerando Aspectos Estructurales”, tesis Facultad de Ingeniería y Arquitectura UES, 1999.
8. Carvajal Álvarez, “Estudio y Comparación de los Métodos Utilizados Por AASHTO-93 Y El Instituto Americano del Asfalto para el Diseño de Pavimentos Flexibles”, tesis Facultad de Ingeniería y Arquitectura UES, 1997.
9. Trabajo de Graduación "Estudio Comparativo de los Diferentes Tipos de Pavimentos Asfálticos Usados en El Salvador", Autor: Alex Enrique Alas Merlos, 1989, UES.
10. Trabajo de graduación “Propuesta de un Nuevo Diseño del Sistema de Alcantarillado Sanitario de la Ciudad de Atiquizaya, Departamento de Ahuachapan” autor: Reyes Hernández,1999, UES
11. Plan de Desarrollo Urbano de la Ciudad de Santa Ana.
Monografía No. 17 “Estructura Viaria y de Comunicación”
Monografía No. 27 “Programa de Mejora Barrial”
Monografía No. 28 “Programa de Áreas de Desarrollo Residencial”
El salvador, Barcelona, septiembre de 1999.

ANEXOS

Anexo No.1 Mapa del departamento de Santa Ana

ANEXO No. 1 MAPA DEL DEPARTAMENTO DE SANTA ANA



SIMBOLOGIA

- Municipios del Departamento de Santa Ana
- Colonia Solórzano
- ☆ Cabecera Departamental

Anexo No.2 Ubicación de la zona de estudio Colonia Solórzano

ANEXO No.2 MAPA DE UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO “COLONIA SOLÓRZANO”



SIMBOLOGIA

-  By Pass
-  Zona de Estudio (Colonia Solórzano)
-  Quebrada Sinai

Anexo No.3 Fotografías de zona de estudio Colonia Solórzano



Foto No.1 Entrada principal Colonia Solórzano.(Intersección By Pass)



Foto No.2 Intersección tipo "Y" actual calle Capitan Guzmán (Entrada Principal de la Colonia Solórzano).



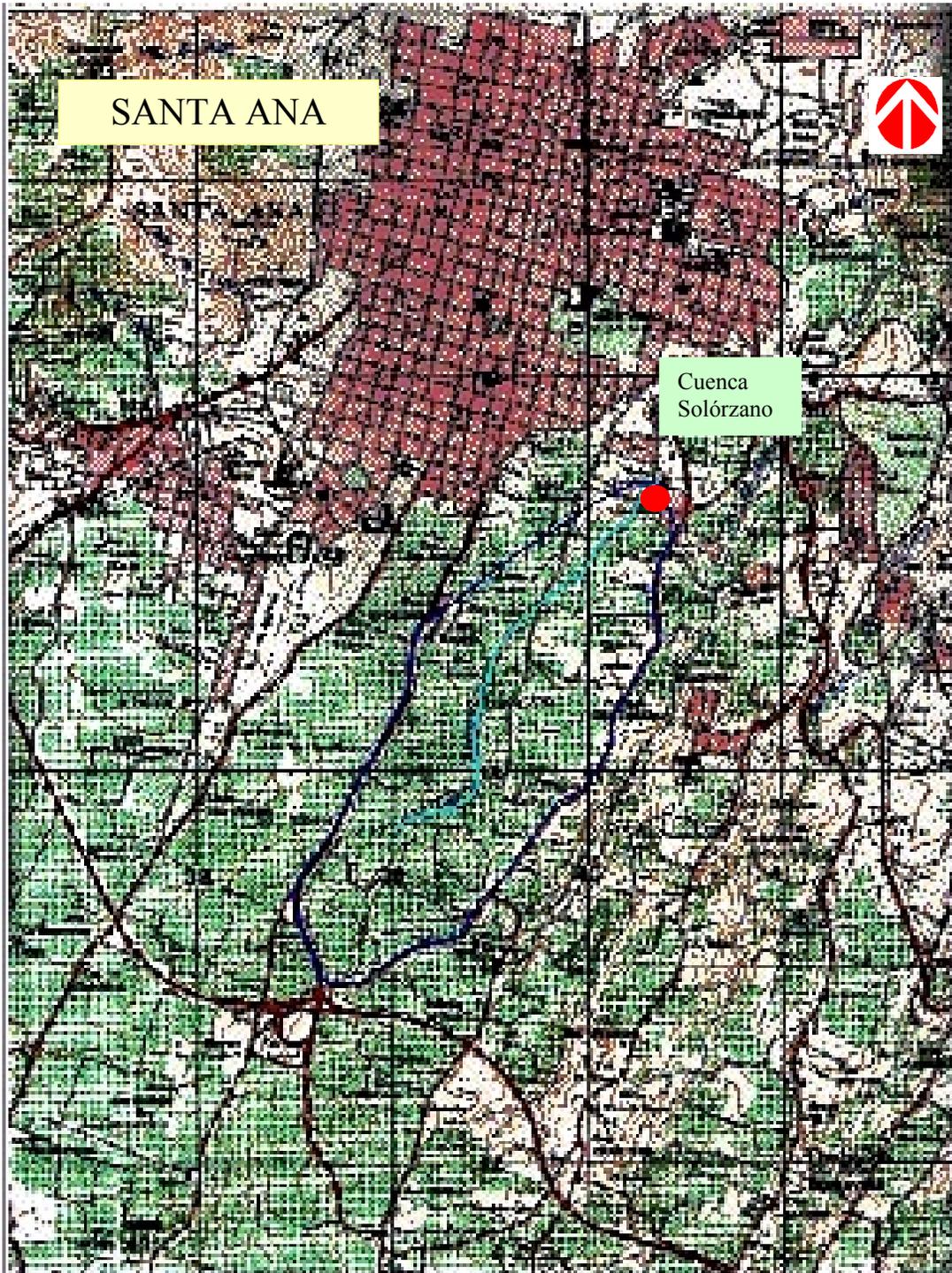
Foto No.3 Calle Capitán Guzmán (sector de la obra de paso actual)



Foto No.4 Vista de la calle Valparaíso sobre la Colonia 5 de marzo.

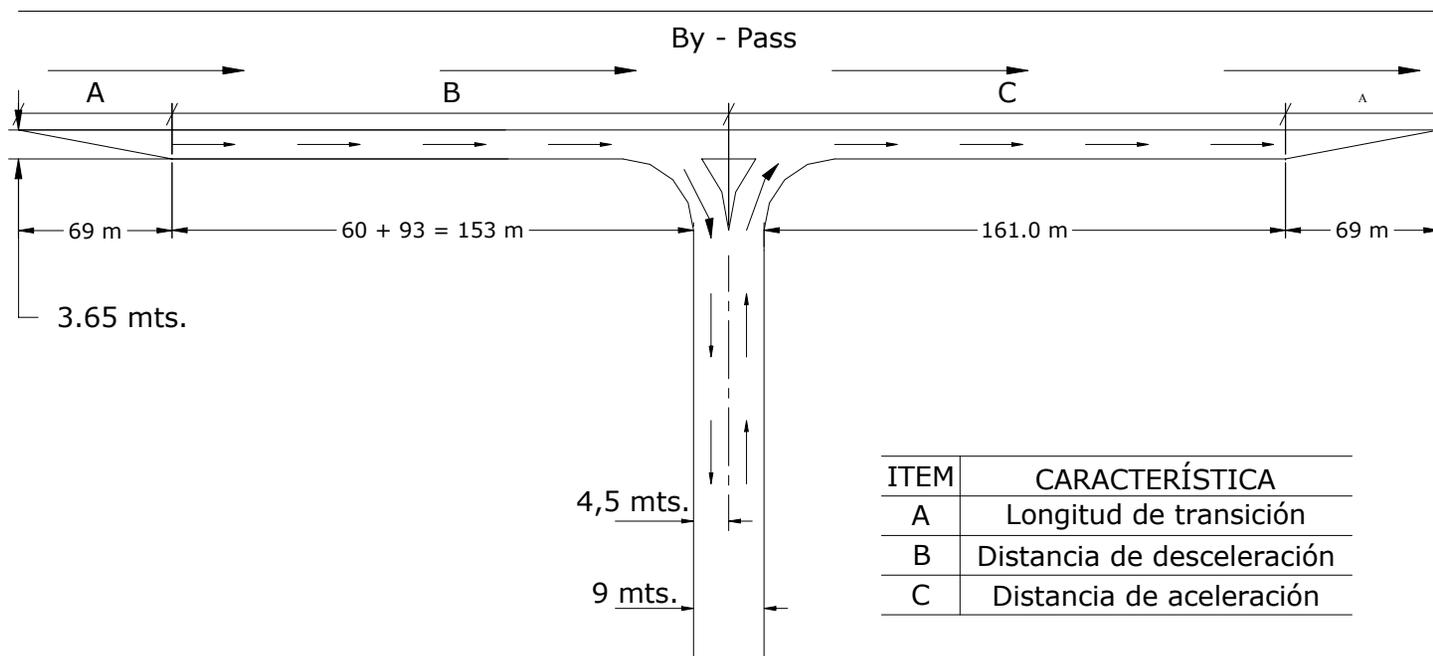
Anexo No.4 Cuenca Solórzano

ANEXO No.4 CUENCA SOLÓRZANO



- Cuenca Solórzano
- Parte Agua
- Cauce mas Largo

Anexo No.5 Carriles de Aceleración y Deceleración



ITEM	CARACTERÍSTICA
A	Longitud de transición
B	Distancia de desceleración
C	Distancia de aceleración

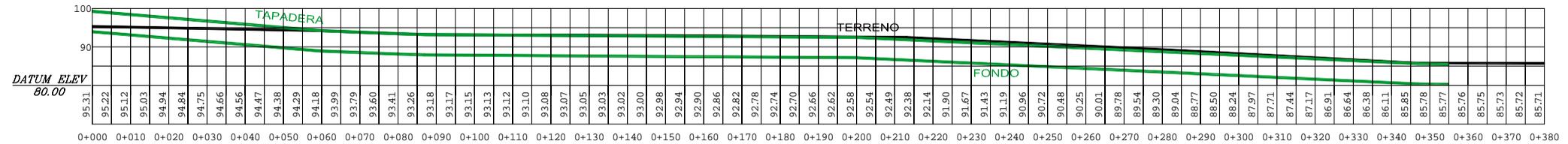
Colonia Solórzano

CARRILES DE ACELERACIÓN Y DESCELERACIÓN

AUTORES: LEAL ARTEAGA, FRANCISCO UMAÑA GONZÁLEZ, ELMER	PROPUESTA DE INTEGRACIÓN VIAL DE LA COLONIA SOLÓRZANO AL SISTEMA DEL BY-PASS DE LA CIUDAD DE SANTA ANA	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR F. M. O. DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA	FECHA: 28-01-03
			SIN ESCALA
			ANEXO 5

Anexo No.6 Rasante de Diseño Caja Rectangular

PERFIL EJE QUEBRADA SINÁI Y RASANTE DE CAJA RECTANGULAR



ESTACION	0+000	0+020	0+040	0+060	0+080	0+100	0+120	0+140	0+160	0+180	0+200	0+220	0+240	0+260	0+280	0+300	0+320	0+340	0+360
ELEVACION TERRENO	95.31	94.94	94.56	94.18	93.41	93.15	93.08	93.02	92.90	92.74	92.58	92.14	91.19	90.25	89.30	88.24	87.17	86.11	85.77
NIVEL DE TAPADERA	99.22	97.60	94.56	94.18	93.41	93.15	93.08	93.02	92.90	92.74	92.58	91.51	90.58	89.53	88.72	87.70	86.86	85.93	85.77
NIVEL DE FONDO	93.97	92.35	90.61	88.93	88.16	97.90	87.83	87.77	87.65	87.49	87.33	86.26	85.33	84.28	83.47	82.54	81.61	80.68	80.52

AUTORES:
LEAL ARTEAGA, FRANCISCO
UMAÑA GONZÁLEZ, ELMER

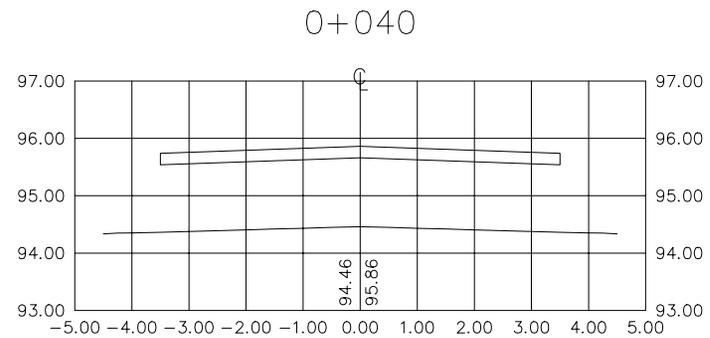
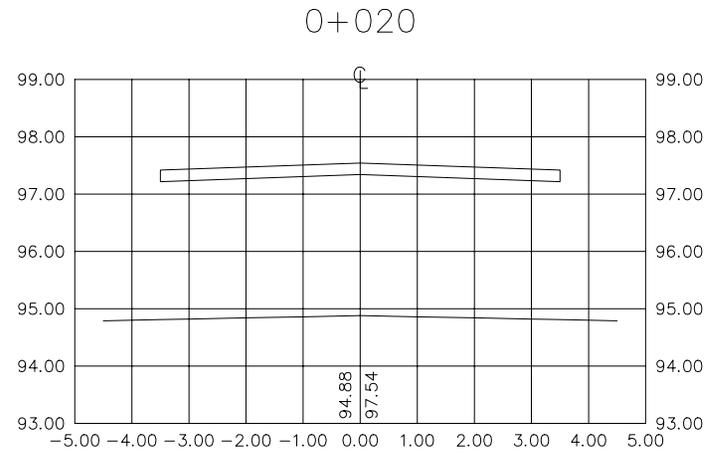
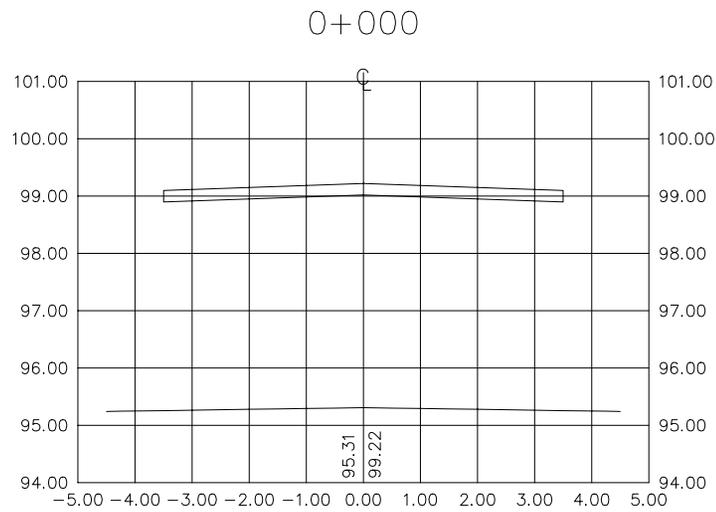
PROPUESTA DE INTEGRACIÓN
VIAL DE LA COLONIA SOLÓRZANO
AL SISTEMA DEL BY-PASS DE LA
CIUDAD DE SANTA ANA

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
F. M. O.
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA

FECHA: 03-03-03

ESCALA: 1:625

LÁMINA No. 6



SECCIONES TRANSVERSALES. QUEBRADA SINAÍ.

AUTORES:
LEAL ARTEAGA, FRANCISCO
UMAÑA GONZÁLEZ, ELMER

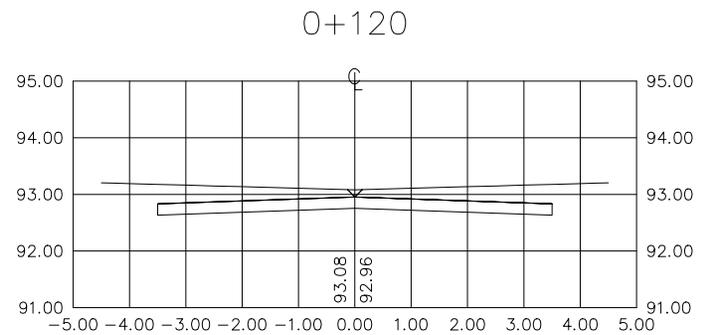
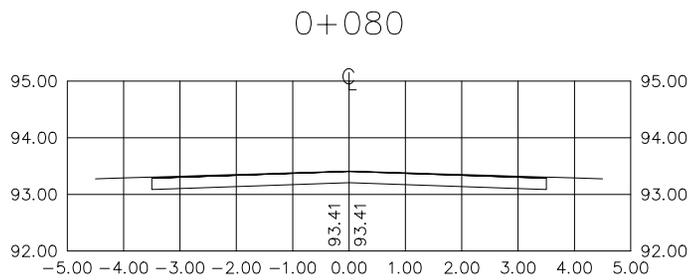
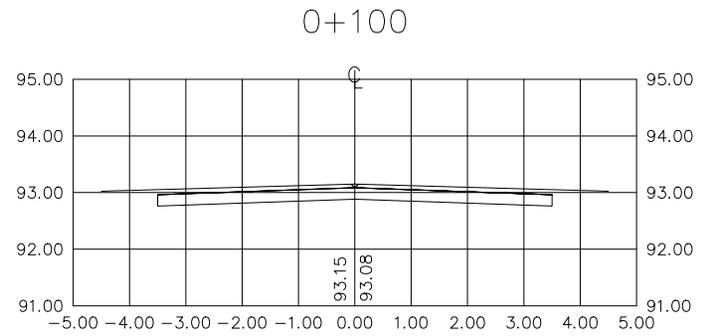
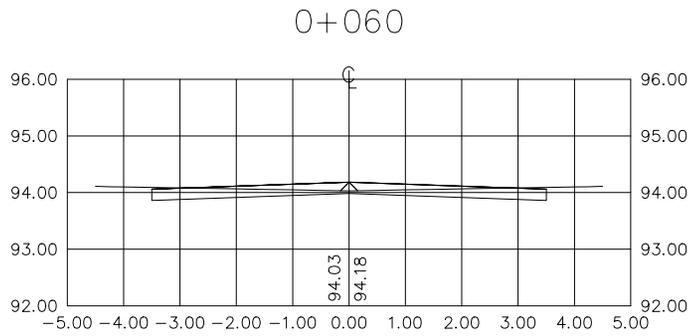
PROPUESTA DE INTEGRACIÓN
VIAL DE LA COLONIA SOLÓRZANO
AL SISTEMA DEL BY-PASS DE LA
CIUDAD DE SANTA ANA

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
F. M. O.
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA

FECHA: 03-03-03

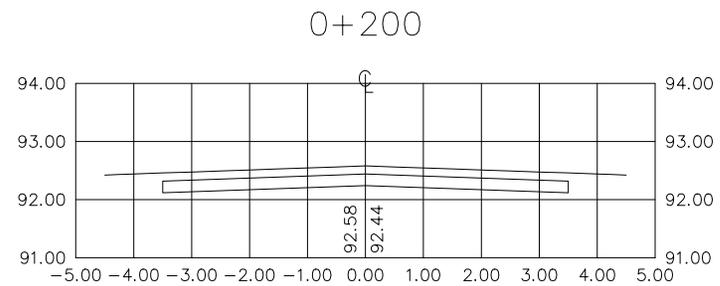
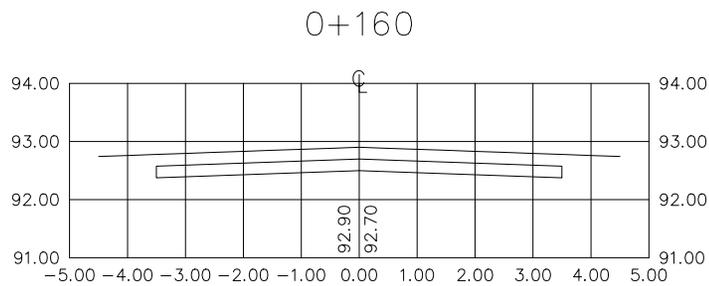
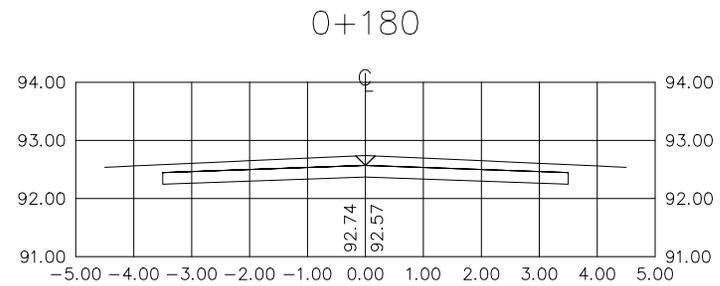
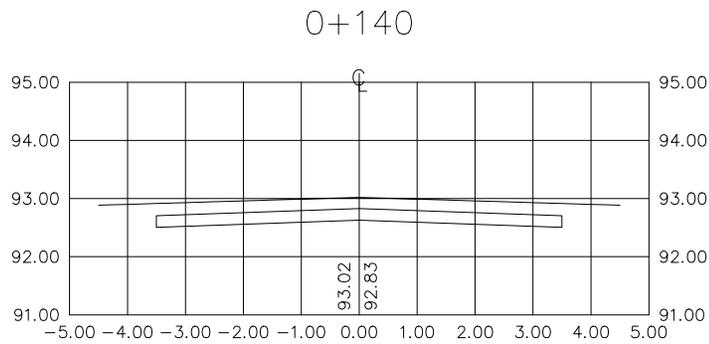
ESCALA: 1:125

LÁMINA No. 6.1



SECCIONES TRANSVERSALES. QUEBRADA SINAI.

AUTORES: LEAL ARTEAGA, FRANCISCO UMAÑA GONZÁLEZ, ELMER	PROPUESTA DE INTEGRACIÓN VIAL DE LA COLONIA SOLÓRZANO AL SISTEMA DEL BY-PASS DE LA CIUDAD DE SANTA ANA	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR F. M. O. DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA	FECHA: 03-03-03
			ESCALA: 1:125
			LÁMINA No. 6.2



SECCIONES TRANSVERSALES. QUEBRADA SINAÍ.

AUTORES:
LEAL ARTEAGA, FRANCISCO
UMAÑA GONZÁLEZ, ELMER

PROPUESTA DE INTEGRACIÓN
VIAL DE LA COLONIA SOLÓRZANO
AL SISTEMA DEL BY-PASS DE LA
CIUDAD DE SANTA ANA

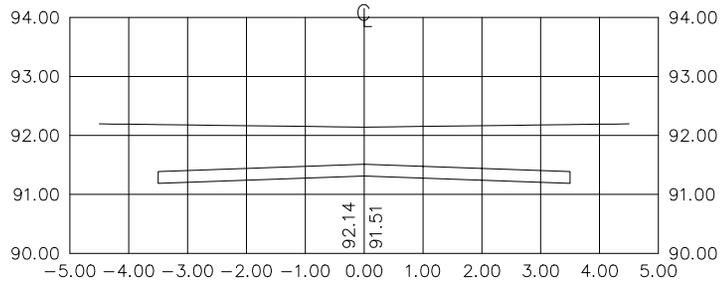
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
F. M. O.
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA

FECHA: 03-03-03

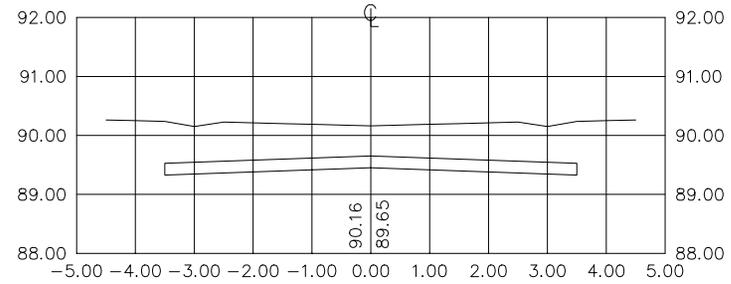
ESCALA: 1:125

LÁMINA No. 6.3

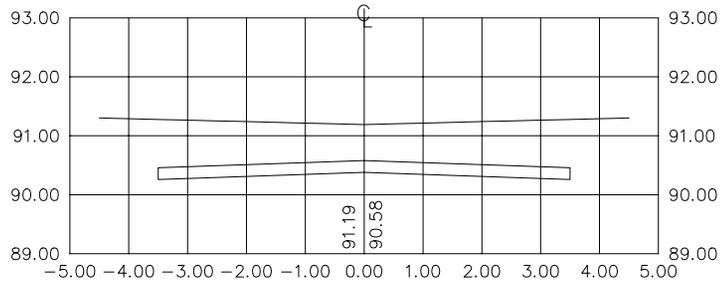
0+220



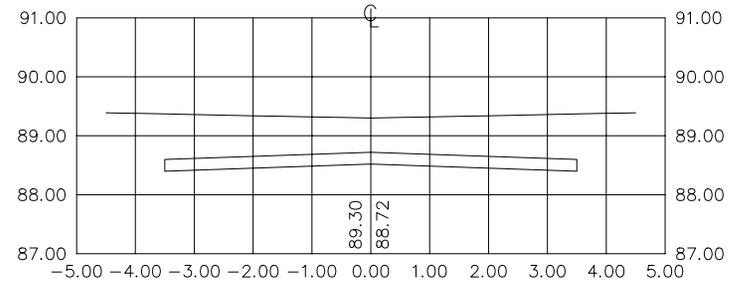
0+260



0+240

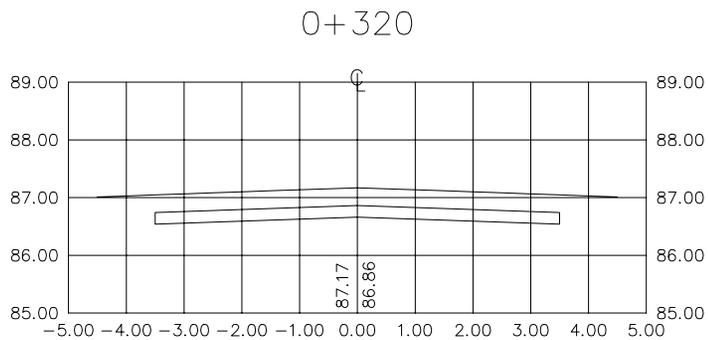
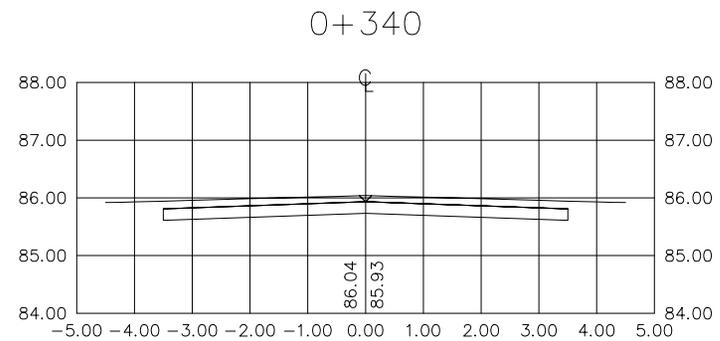
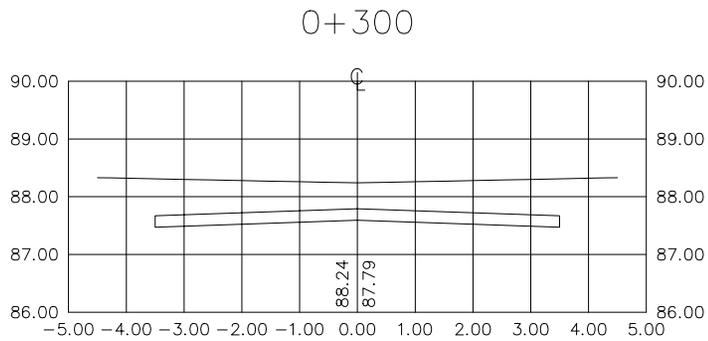


0+280



SECCIONES TRANSVERSALES. QUEBRADA SINAÍ.

AUTORES: LEAL ARTEAGA, FRANCISCO UMAÑA GONZÁLEZ, ELMER	PROPUESTA DE INTEGRACIÓN VIAL DE LA COLONIA SOLÓRZANO AL SISTEMA DEL BY-PASS DE LA CIUDAD DE SANTA ANA	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR F. M. O. DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA	FECHA: 03-03-03
			ESCALA: 1:125
			LÁMINA No. 6.4

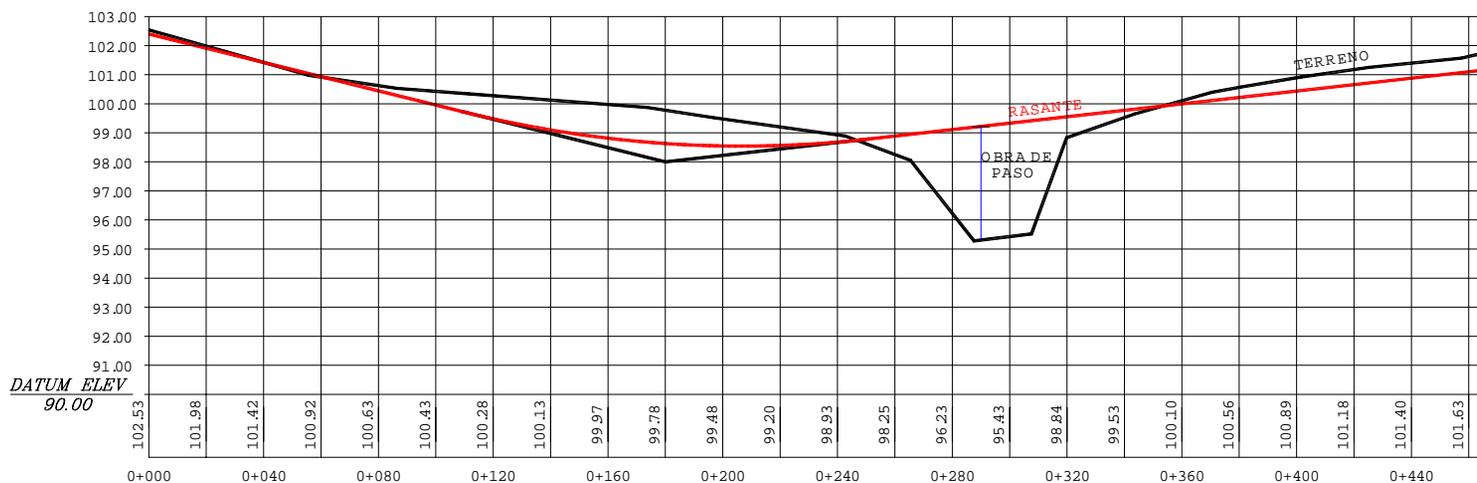


SECCIONES TRANSVERSALES. QUEBRADA SINAÍ.

AUTORES: LEAL ARTEAGA, FRANCISCO UMAÑA GONZÁLEZ, ELMER	PROPUESTA DE INTEGRACIÓN VIAL DE LA COLONIA SOLÓRZANO AL SISTEMA DEL BY-PASS DE LA CIUDAD DE SANTA ANA	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR F. M. O. DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA	FECHA: 03-03-03
			ESCALA: 1:125
			LÁMINA No. 6.5

Anexo No.7 Rasante de
calles y avenidas de la colonia
Solórzano

CALLE CAPITÁN GUZMÁN



ESTACIÓ N	0+000	0+020	0+040	0+060	0+080	0+100	0+120	0+140	0+160	0+180	0+200	0+220	0+240	0+260	0+280	0+300	0+320	0+340	0+360	0+380	0+400	0+420	0+440	0+460	0+466.67
ELEVACIÓ N TERRENO	102.53	101.98	101.42	100.92	100.63	100.43	100.28	100.13	99.97	99.78	99.48	99.20	98.93	98.25	96.23	95.43	98.84	99.53	100.10	100.56	100.89	101.18	101.40	101.63	101.78
ELEVACIÓ N RASANTE	102.40	101.91	101.42	100.93	100.44	99.56	99.67	99.12	98.81	98.61	98.55	98.56	98.66	98.89	99.07	99.33	99.55	99.77	99.99	100.22	100.44	100.66	100.88	101.10	101.18

AUTORES:
LEAL ARTEAGA, FRANCISCO
UMAÑA GONZÁLEZ, ELMER

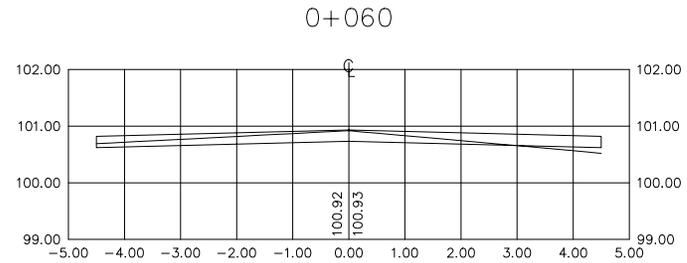
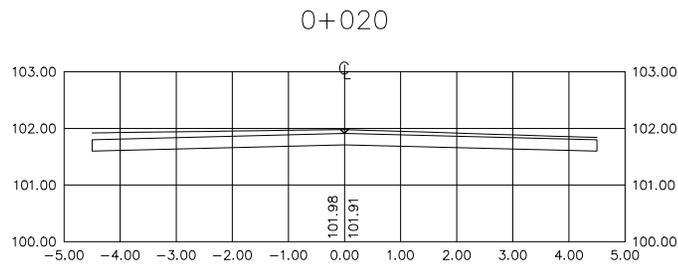
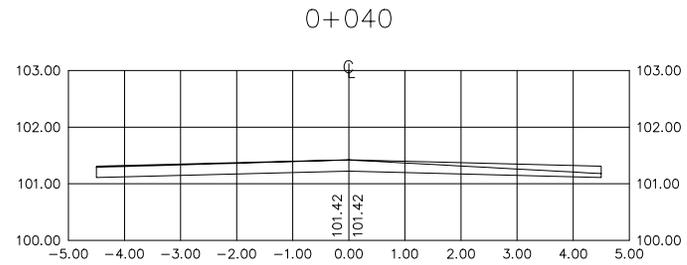
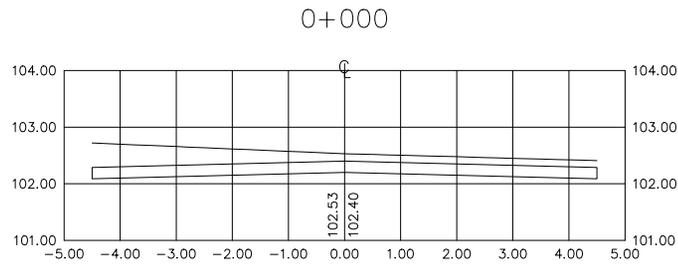
PROPUESTA DE INTEGRACIÓN
VIAL DE LA COLONIA SOLÓRZANO
AL SISTEMA DEL BY-PASS DE LA
CIUDAD DE SANTA ANA

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
F. M. O.
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA

FECHA: 03-03-03

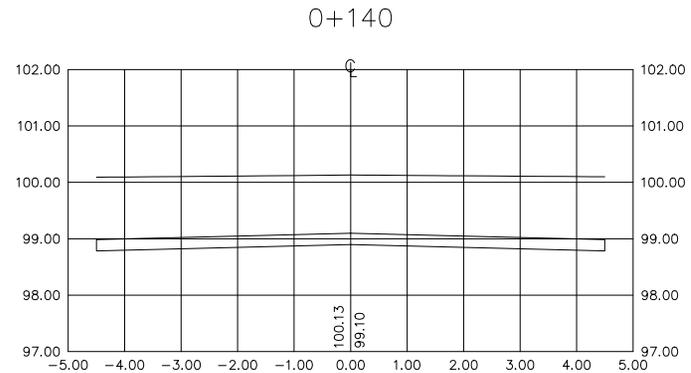
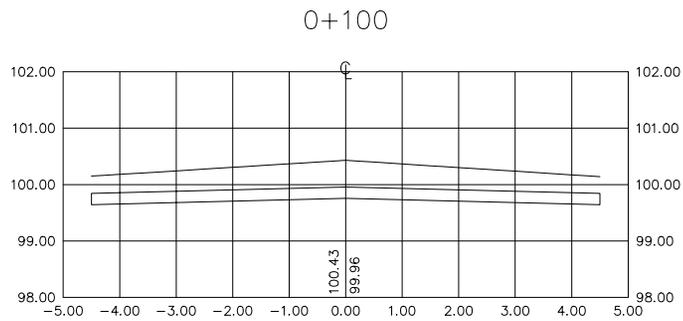
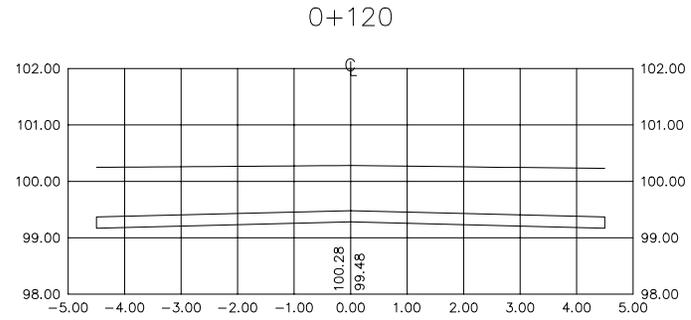
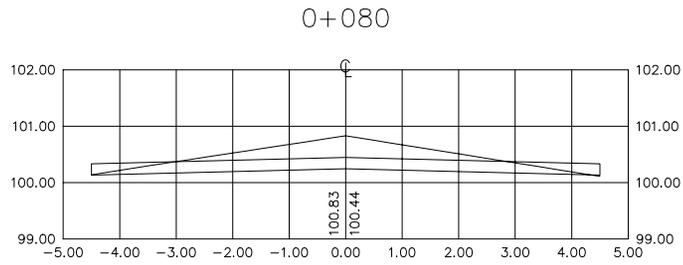
ESCALA: 1:250

LÁMINA No. 1



SECCIONES TRANSVERSALES. CALLE CAPITÁN GUZMÁN

AUTORES: LEAL ARTEAGA, FRANCISCO UMAÑA GONZÁLEZ, ELMER	PROPUESTA DE INTEGRACIÓN VIAL DE LA COLONIA SOLÓRZANO AL SISTEMA DEL BY-PASS DE LA CIUDAD DE SANTA ANA	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR F. M. O. DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA	FECHA: 03-03-03
			ESCALA: 1:125
			LÁMINA No. 1.1



SECCIONES TRANSVERSALES. CALLE CAPITÁN GUZMÁN

AUTORES:
LEAL ARTEAGA, FRANCISCO
UMAÑA GONZÁLEZ, ELMER

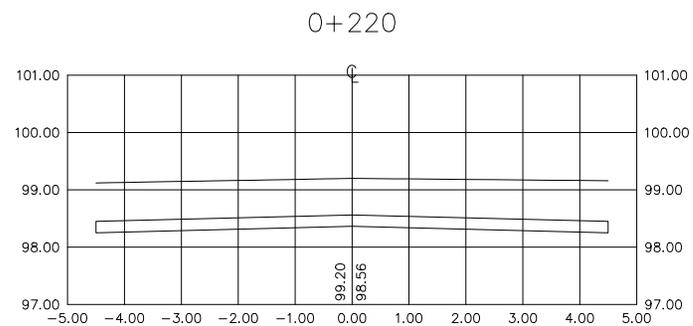
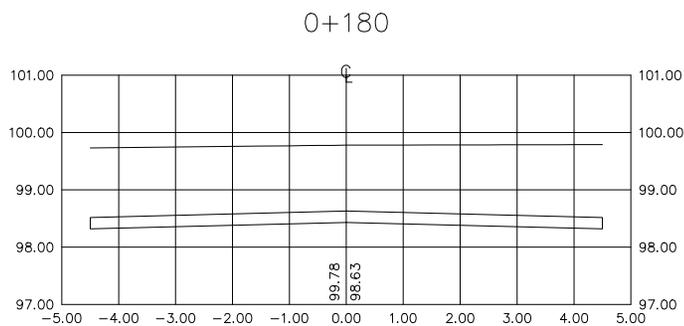
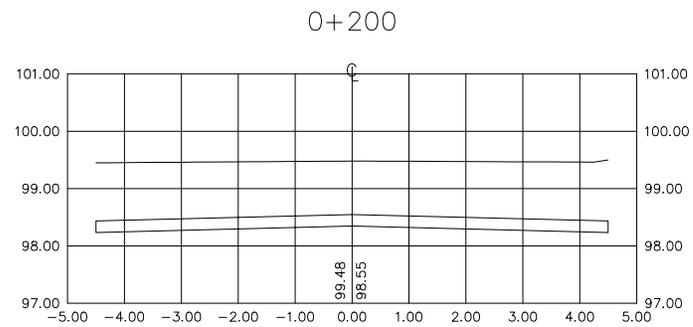
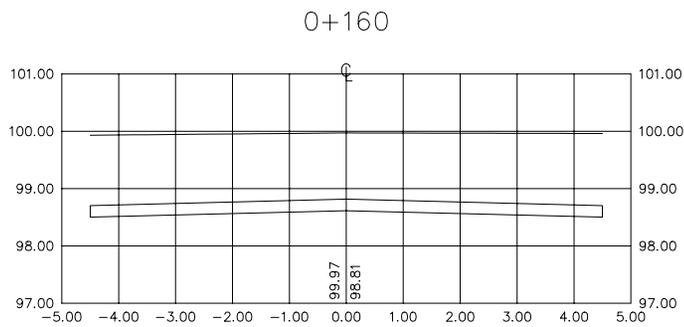
PROPUESTA DE INTEGRACIÓN
VIAL DE LA COLONIA SOLÓRZANO
AL SISTEMA DEL BY-PASS DE LA
CIUDAD DE SANTA ANA

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
F. M. O.
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA

FECHA: 03-03-03

ESCALA: 1:125

LÁMINA No. 1.2



SECCIONES TRANSVERSALES. CALLE CAPITÁN GUZMÁN

AUTORES:
LEAL ARTEAGA, FRANCISCO
UMAÑA GONZÁLEZ, ELMER

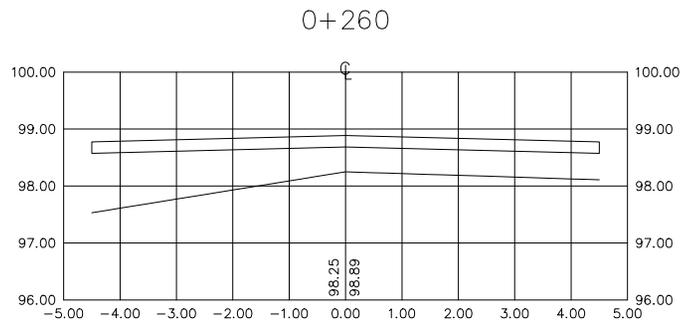
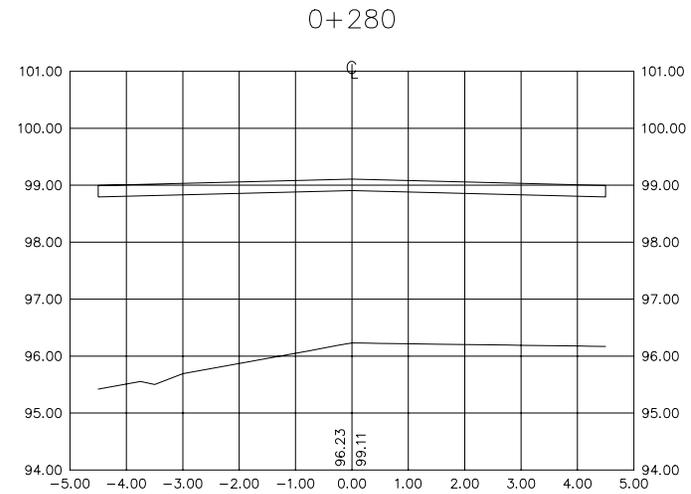
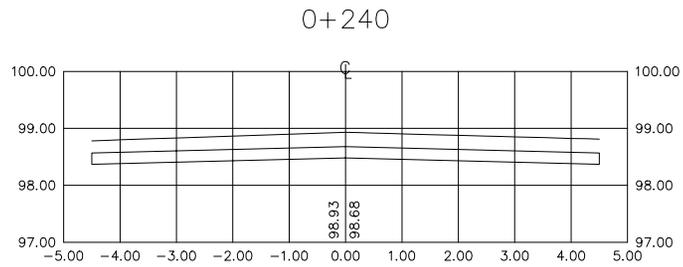
PROPUESTA DE INTEGRACIÓN
VIAL DE LA COLONIA SOLÓRZANO
AL SISTEMA DEL BY-PASS DE LA
CIUDAD DE SANTA ANA

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
F. M. O.
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA

FECHA: 03-03-03

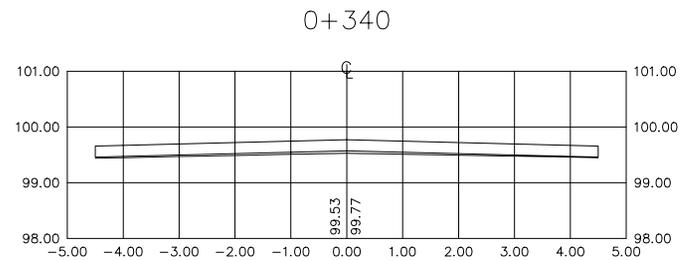
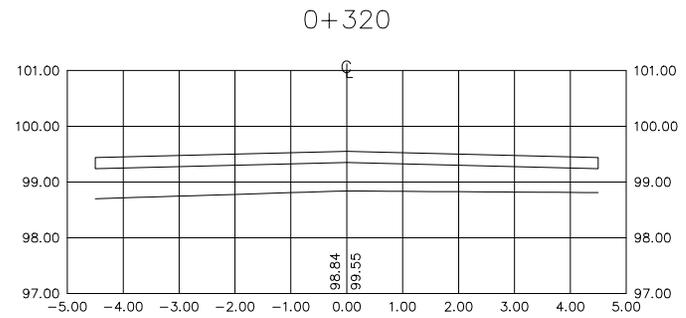
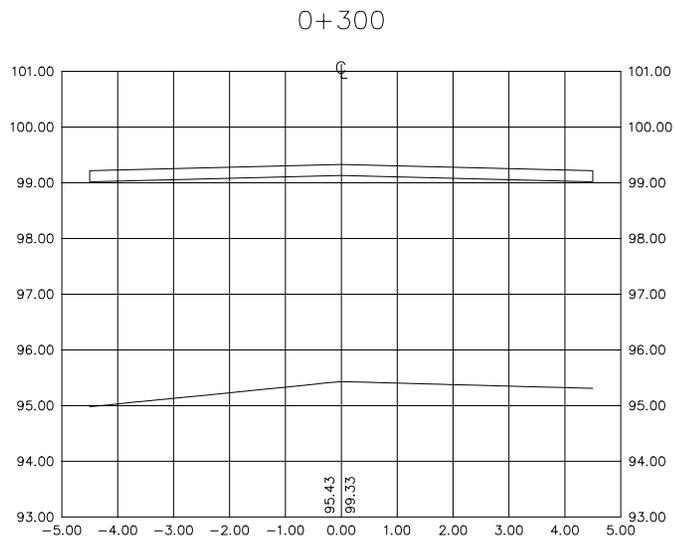
ESCALA: 1:125

LÁMINA No. 1.3



SECCIONES TRANSVERSALES. CALLE CAPITÁN GUZMÁN

AUTORES: LEAL ARTEAGA, FRANCISCO UMAÑA GONZÁLEZ, ELMER	PROPUESTA DE INTEGRACIÓN VIAL DE LA COLONIA SOLÓRZANO AL SISTEMA DEL BY-PASS DE LA CIUDAD DE SANTA ANA	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR F. M. O. DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA	FECHA: 03-03-03
			ESCALA: 1:125
			LÁMINA No. 1.4



SECCIONES TRANSVERSALES. CALLE CAPITÁN GUZMÁN

AUTORES:
LEAL ARTEAGA, FRANCISCO
UMAÑA GONZÁLEZ, ELMER

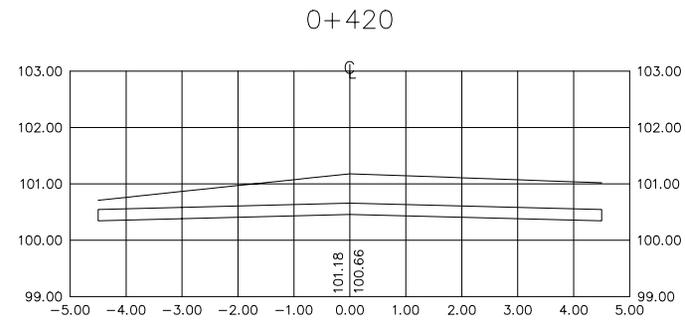
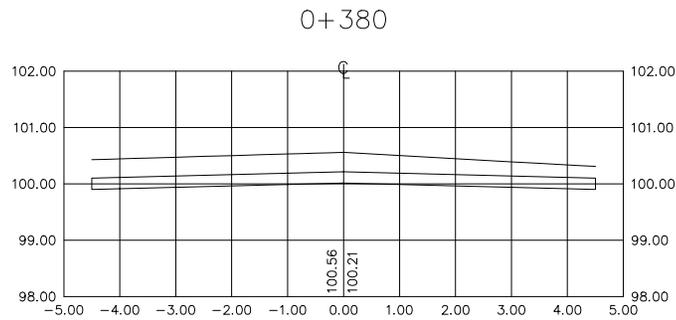
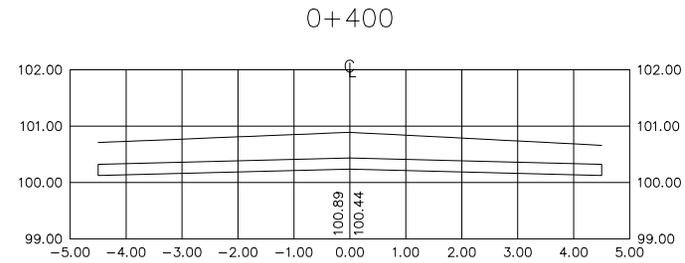
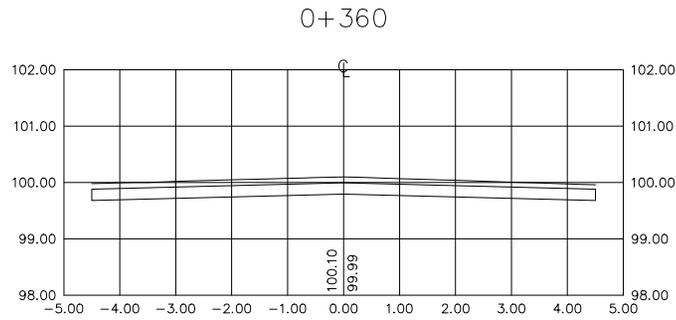
PROPUESTA DE INTEGRACIÓN
VIAL DE LA COLONIA SOLÓRZANO
AL SISTEMA DEL BY-PASS DE LA
CIUDAD DE SANTA ANA

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
F. M. O.
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA

FECHA: 03-03-03

ESCALA: 1:125

LÁMINA No. 1.5



SECCIONES TRANSVERSALES. CALLE CAPITÁN GUZMÁN

AUTORES:
LEAL ARTEAGA, FRANCISCO
UMAÑA GONZÁLEZ, ELMER

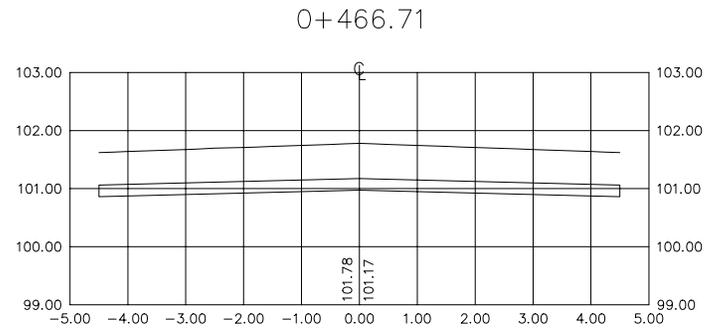
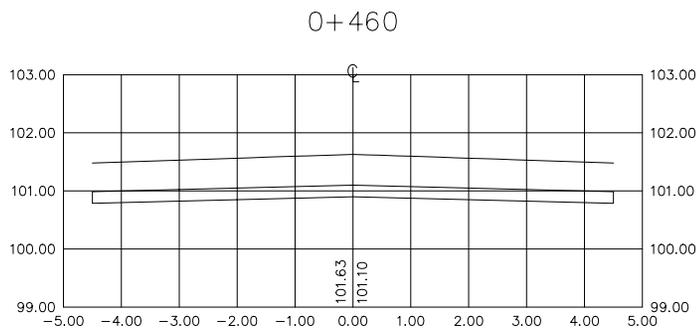
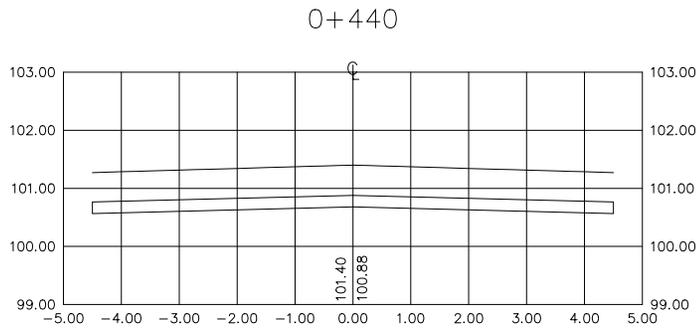
PROPUESTA DE INTEGRACIÓN
VIAL DE LA COLONIA SOLÓRZANO
AL SISTEMA DEL BY-PASS DE LA
CIUDAD DE SANTA ANA

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
F. M. O.
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA

FECHA: 03-03-03

ESCALA: 1:125

LÁMINA No. 1.6



SECCIONES TRANSVERSALES. CALLE CAPITÁN GUZMÁN

AUTORES:
LEAL ARTEAGA, FRANCISCO
UMAÑA GONZÁLEZ, ELMER

PROPUESTA DE INTEGRACIÓN
VIAL DE LA COLONIA SOLÓRZANO
AL SISTEMA DEL BY-PASS DE LA
CIUDAD DE SANTA ANA

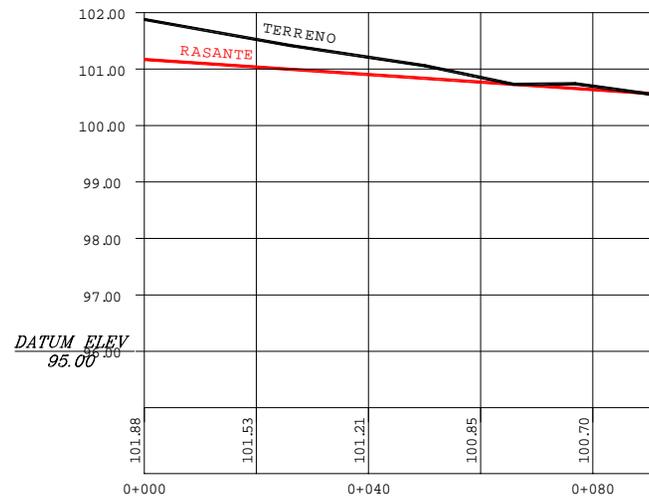
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
F. M. O.
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA

FECHA: 03-03-03

ESCALA: 1:125

LÁMINA No. 1.7

CAMINO VECINAL A CANTÓN LOMA ALTA



ESTACION	0+000	0+020	0+040	0+060	0+080	0+92.88
ELEVACION TERRENO	101.88	101.53	101.21	100.85	100.70	100.52
ELEVACION RASANTE	101.18	101.04	100.55	100.77	100.64	100.52

AUTORES:
LEAL ARTEAGA, FRANCISCO
UMAÑA GONZÁLEZ, ELMER

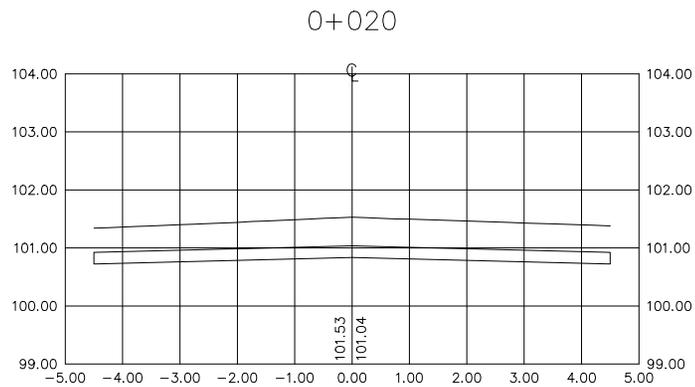
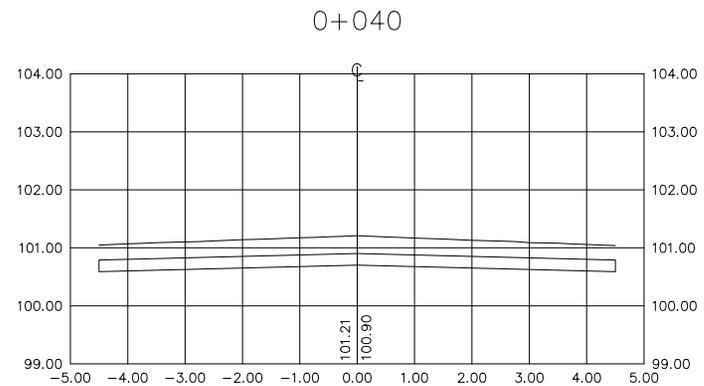
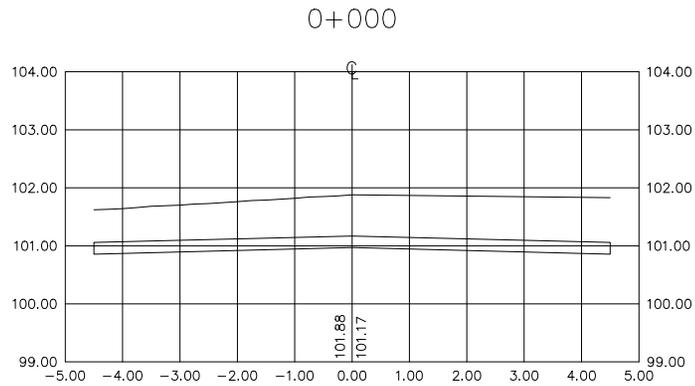
PROPUESTA DE INTEGRACIÓN
VIAL DE LA COLONIA SOLÓRZANO
AL SISTEMA DEL BY-PASS DE LA
CIUDAD DE SANTA ANA

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
F. M. O.
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA

FECHA: 03-03-03

ESCALA: 1:125

LÁMINA No. 2



SECCIONES TRANSVERSALES. CAMINO VECINAL A CANTÓN LOMA ALTA

AUTORES:
LEAL ARTEAGA, FRANCISCO
UMAÑA GONZÁLEZ, ELMER

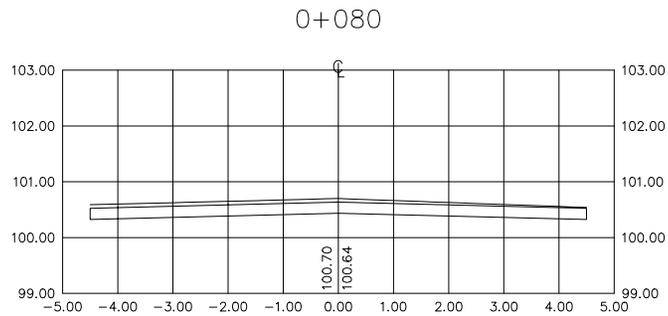
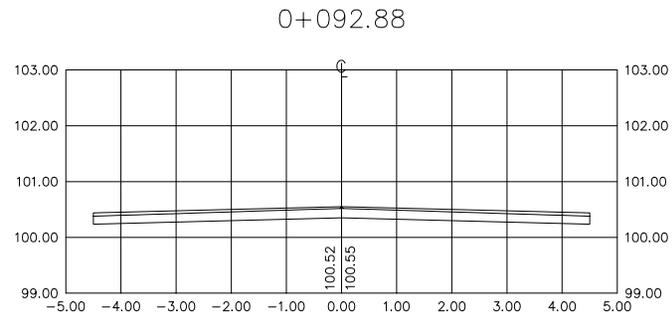
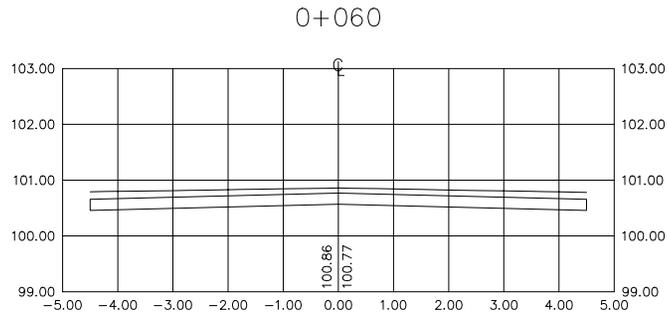
PROPUESTA DE INTEGRACIÓN
VIAL DE LA COLONIA SOLÓRZANO
AL SISTEMA DEL BY-PASS DE LA
CIUDAD DE SANTA ANA

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
F. M. O.
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA

FECHA: 23-01-03

ESCALA: 1:125

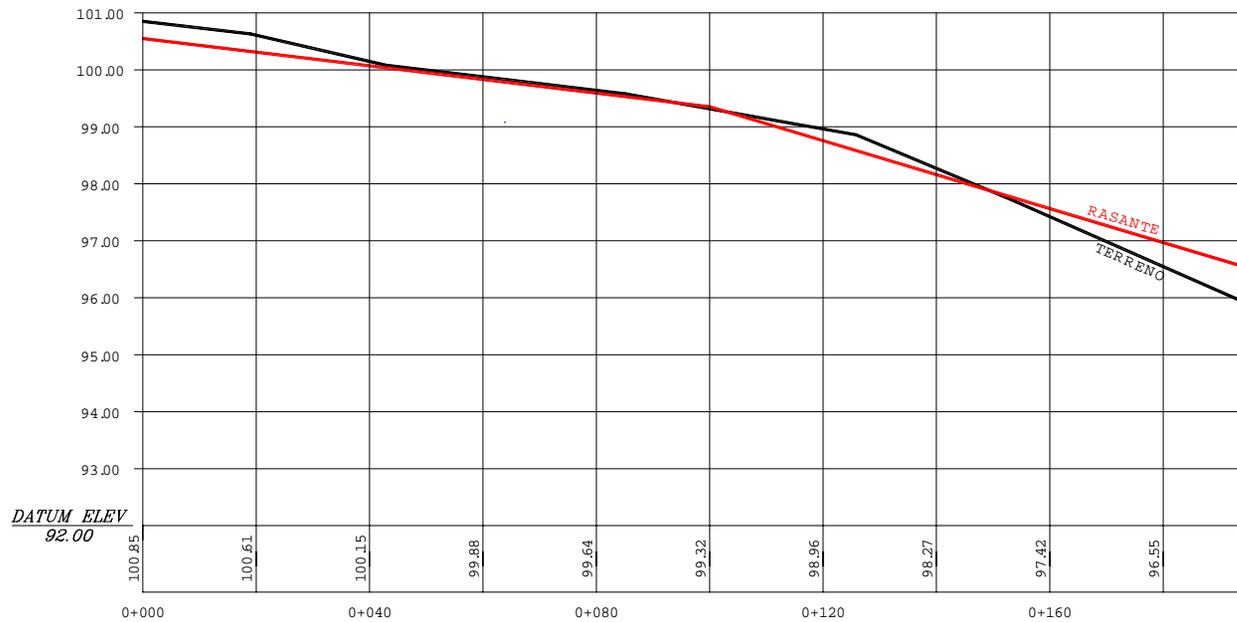
LÁMINA No. 2.1



SECCIONES TRANSVERSALES. CAMINO VECINAL A CANTÓN LOMA ALTA

AUTORES: LEAL ARTEAGA, FRANCISCO UMAÑA GONZÁLEZ, ELMER	PROPUESTA DE INTEGRACIÓN VIAL DE LA COLONIA SOLÓRZANO AL SISTEMA DEL BY-PASS DE LA CIUDAD DE SANTA ANA	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR F. M. O. DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA	FECHA: 23-01-03
			ESCALA: 1:125
			LÁMINA No. 2.2

CALLE SAN PEDRO No.1



ESTACION	0+000	0+020	0+040	0+060	0+080	0+100	0+120	0+140	0+160	0+180	0+204.43
ELEVACION TERRENO	100.85	100.61	100.15	99.88	99.64	99.32	98.96	98.27	97.42	96.55	95.86
ELEVACION RASANTE	100.55	100.31	100.07	99.83	99.59	99.35	98.81	98.27	97.71	97.17	96.62

AUTORES:
LEAL ARTEAGA, FRANCISCO
UMAÑA GONZÁLEZ, ELMER

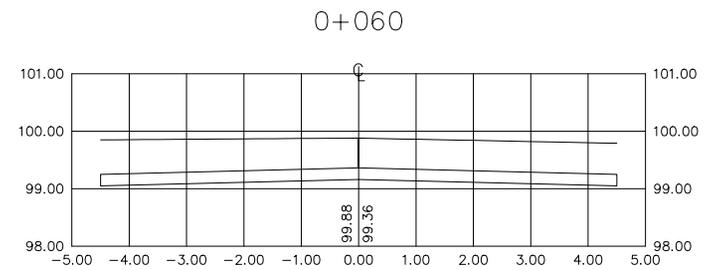
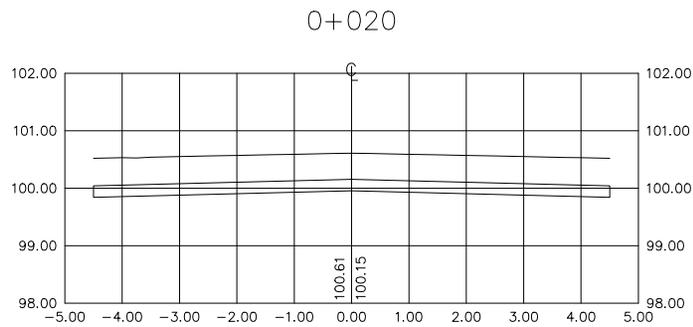
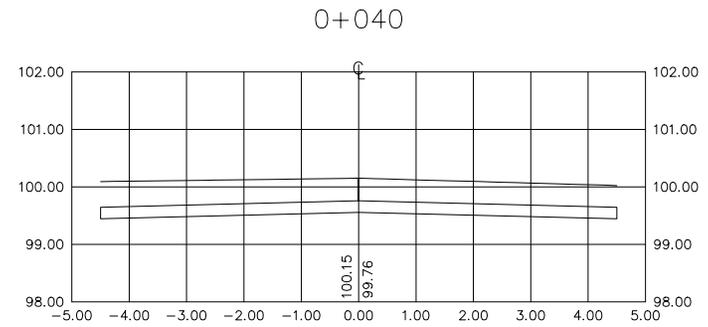
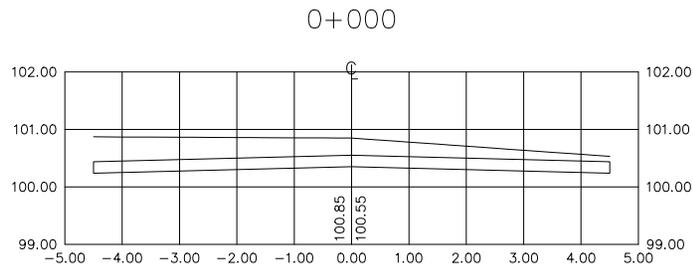
PROPUESTA DE INTEGRACIÓN
VIAL DE LA COLONIA SOLÓRZANO
AL SISTEMA DEL BY-PASS DE LA
CIUDAD DE SANTA ANA

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
F. M. O.
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA

FECHA: 03-03-03

ESCALA: 1:125

LÁMINA No. 3



SECCIONES TRANSVERSALES. CALLE SAN PEDRO No. 1

AUTORES:
LEAL ARTEAGA, FRANCISCO
UMAÑA GONZÁLEZ, ELMER

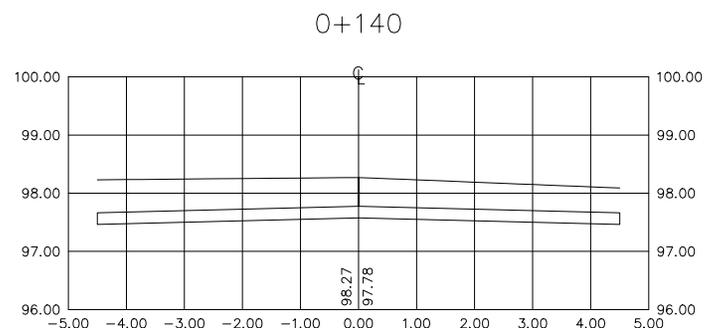
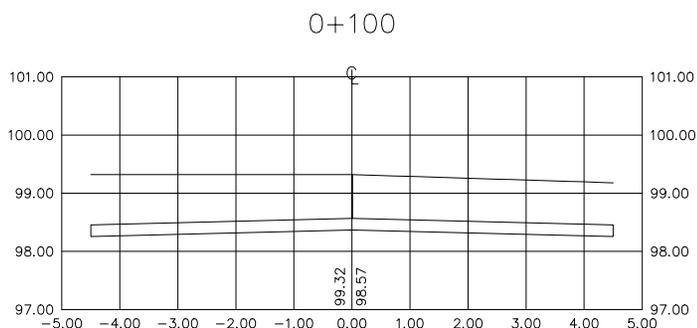
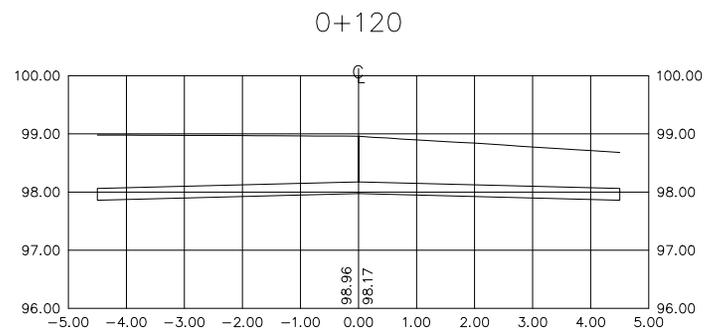
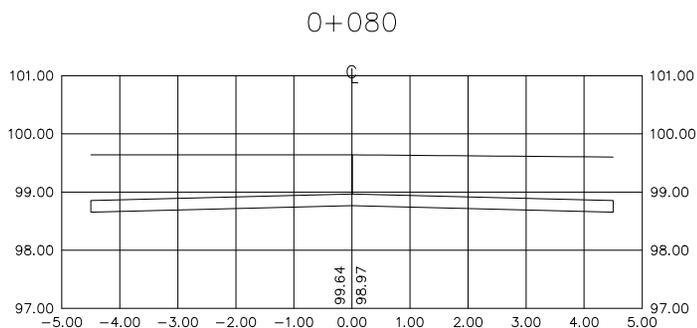
PROPUESTA DE INTEGRACIÓN
VIAL DE LA COLONIA SOLÓRZANO
AL SISTEMA DEL BY-PASS DE LA
CIUDAD DE SANTA ANA

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
F. M. O.
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA

FECHA: 03-03-03

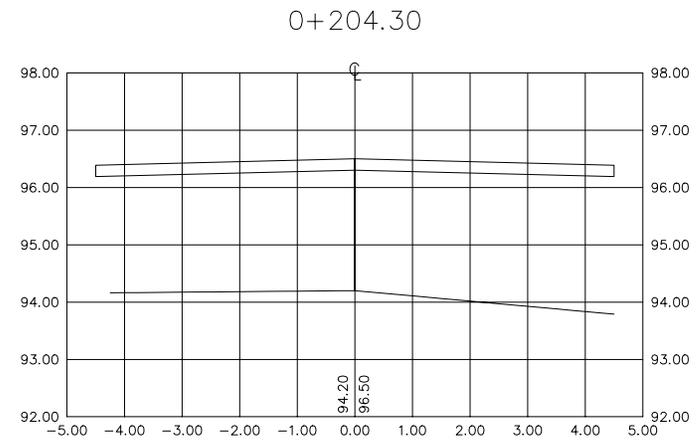
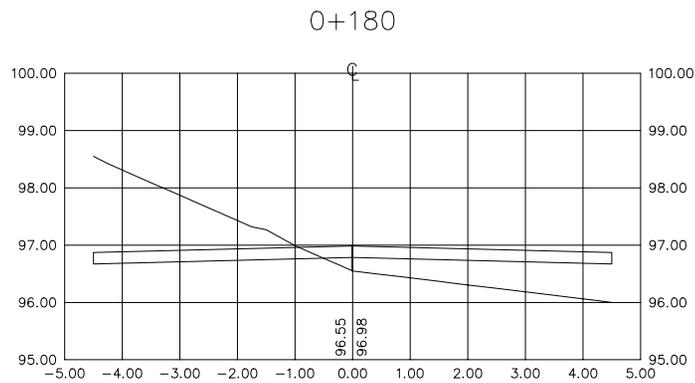
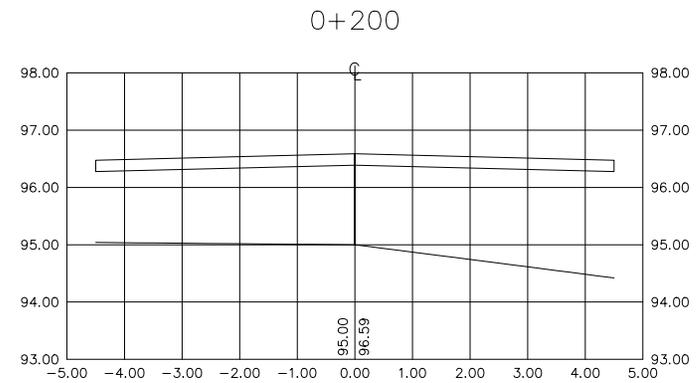
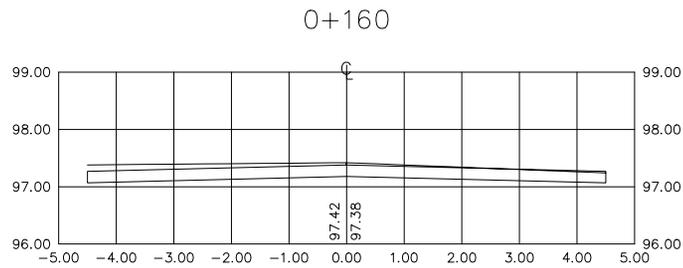
ESCALA: 1:125

LÁMINA No. 3.1



SECCIONES TRANSVERSALES. CALLE SAN PEDRO No. 1

AUTORES: LEAL ARTEAGA, FRANCISCO UMAÑA GONZÁLEZ, ELMER	PROPUESTA DE INTEGRACIÓN VIAL DE LA COLONIA SOLÓRZANO AL SISTEMA DEL BY-PASS DE LA CIUDAD DE SANTA ANA	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR F. M. O. DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA	FECHA: 03-03-03
			ESCALA: 1:125
			LÁMINA No. 3.2



SECCIONES TRANSVERSALES. CALLE SAN PEDRO No. 1

AUTORES:
LEAL ARTEAGA, FRANCISCO
UMAÑA GONZÁLEZ, ELMER

PROPUESTA DE INTEGRACIÓN
VIAL DE LA COLONIA SOLÓRZANO
AL SISTEMA DEL BY-PASS DE LA
CIUDAD DE SANTA ANA

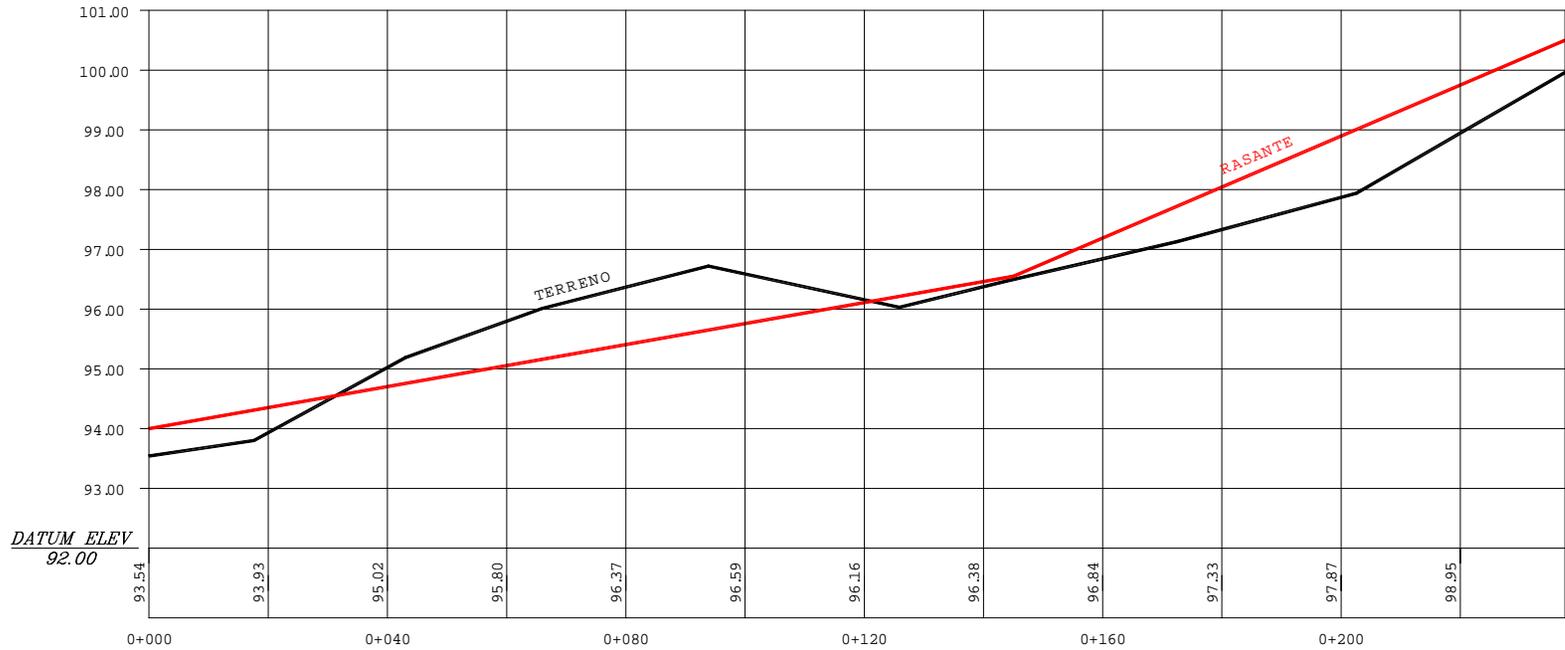
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
F. M. O.
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA

FECHA: 03-03-03

ESCALA: 1:125

LÁMINA No. 3.3

CALLE VALPARAÍSO



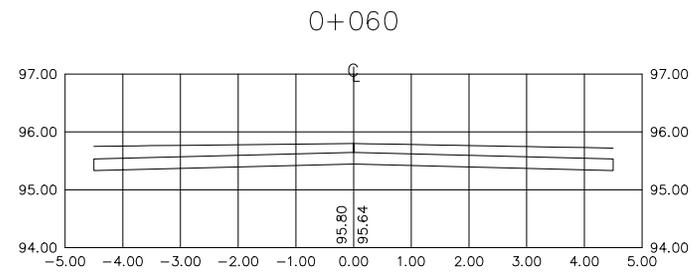
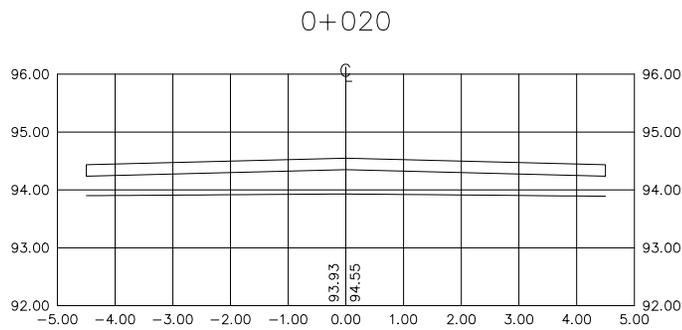
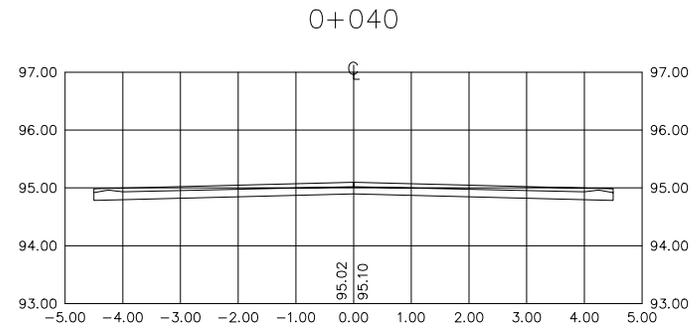
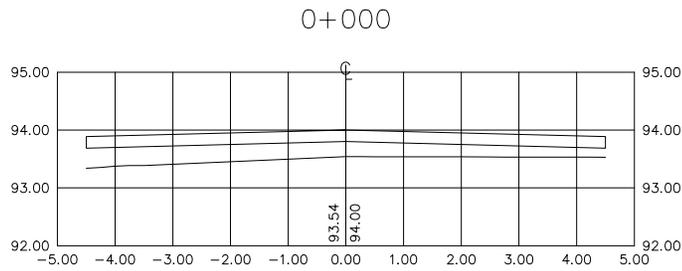
ESTACION	0+000	0+020	0+040	0+060	0+080	0+100	0+120	0+140	0+160	0+180	0+200	0+220	0+237.16
ELEVACION TERRENO	93.64	93.93	95.02	95.80	96.37	96.59	96.16	96.38	96.84	97.33	97.87	98.95	99.96
ELEVACION RASANTE	94.00	94.35	94.70	95.06	95.41	95.76	96.11	96.46	97.19	98.04	98.90	99.75	100.50

AUTORES:
LEAL ARTEAGA, FRANCISCO
UMAÑA GONZÁLEZ, ELMER

PROPUESTA DE INTEGRACIÓN
VIAL DE LA COLONIA SOLÓRZANO
AL SISTEMA DEL BY-PASS DE LA
CIUDAD DE SANTA ANA

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
F. M. O.
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA

FECHA: 03-03-03
ESCALA: 1:125
LÁMINA No. 4



SECCIONES TRANSVERSALES. CALLE VALPARAÍSO

AUTORES:
LEAL ARTEAGA, FRANCISCO
UMAÑA GONZÁLEZ, ELMER

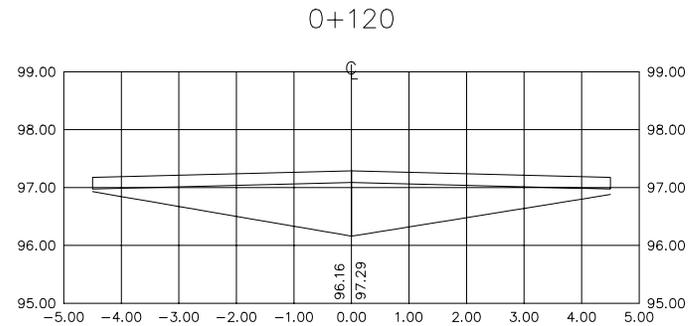
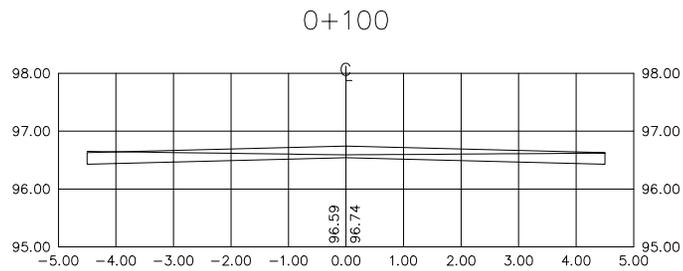
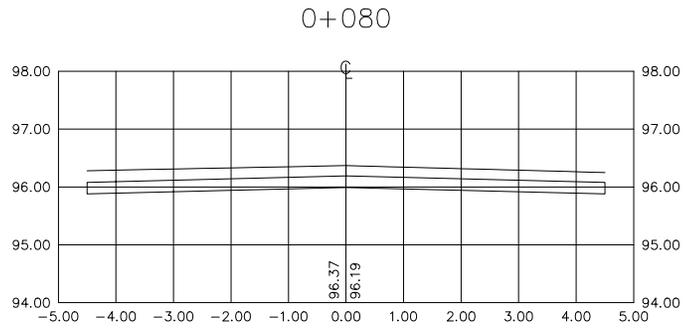
PROPUESTA DE INTEGRACIÓN
VIAL DE LA COLONIA SOLÓRZANO
AL SISTEMA DEL BY-PASS DE LA
CIUDAD DE SANTA ANA

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
F. M. O.
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA

FECHA: 03-03-03

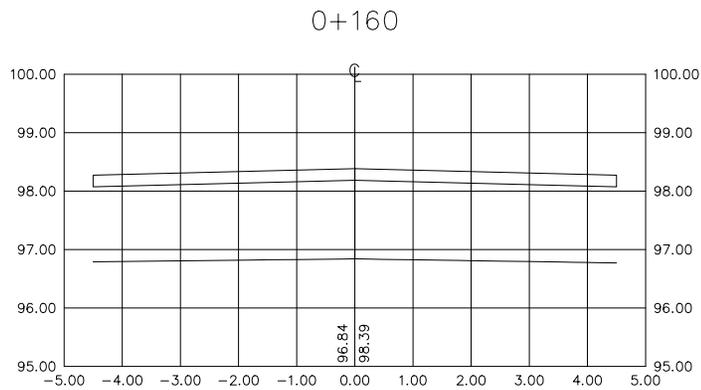
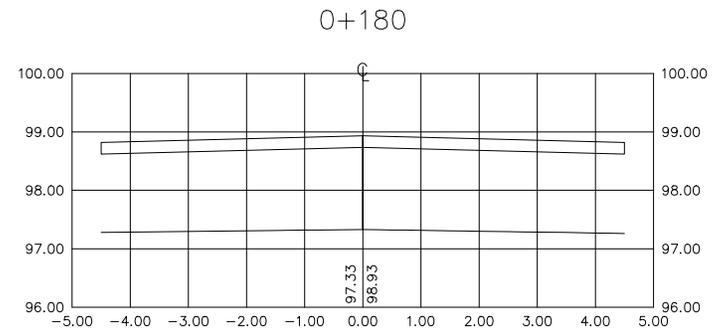
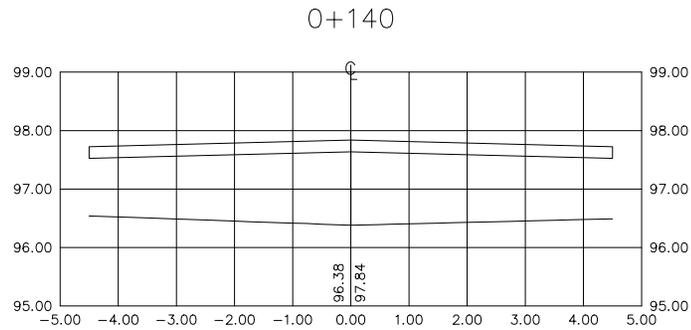
ESCALA: 1:125

LÁMINA No. 4.1



SECCIONES TRANSVERSALES. CALLE VALPARAÍSO

AUTORES: LEAL ARTEAGA, FRANCISCO UMAÑA GONZÁLEZ, ELMER	PROPUESTA DE INTEGRACIÓN VIAL DE LA COLONIA SOLÓRZANO AL SISTEMA DEL BY-PASS DE LA CIUDAD DE SANTA ANA	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR F. M. O. DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA	FECHA: 03-03-03
			ESCALA: 1:125
			LÁMINA No. 4.2



SECCIONES TRANSVERSALES. CALLE VALPARAÍSO

AUTORES:

LEAL ARTEAGA, FRANCISCO
UMAÑA GONZÁLEZ, ELMER

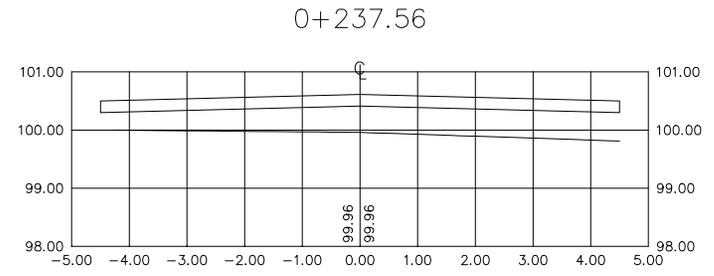
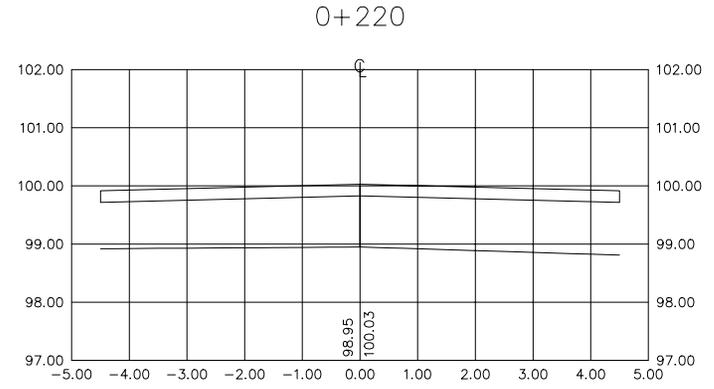
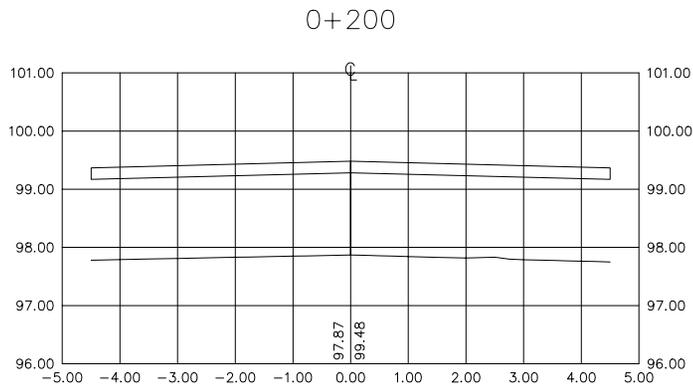
PROPUESTA DE INTEGRACIÓN
VIAL DE LA COLONIA SOLÓRZANO
AL SISTEMA DEL BY-PASS DE LA
CIUDAD DE SANTA ANA

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
F. M. O.
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA

FECHA: 03-03-03

ESCALA: 1:125

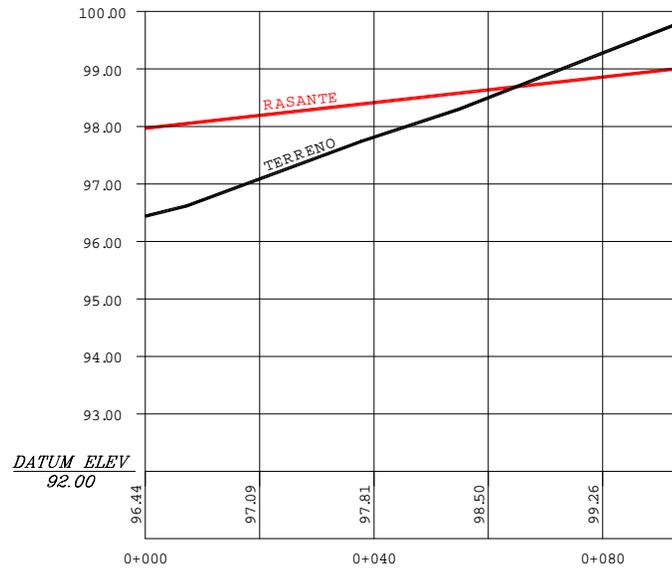
LÁMINA No. 4.3



SECCIONES TRANSVERSALES. CALLE VALPARAÍSO

AUTORES: LEAL ARTEAGA, FRANCISCO UMAÑA GONZÁLEZ, ELMER	PROPUESTA DE INTEGRACIÓN VIAL DE LA COLONIA SOLÓRZANO AL SISTEMA DEL BY-PASS DE LA CIUDAD DE SANTA ANA	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR F. M. O. DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA	FECHA: 03-03-03
			ESCALA: 1:125
			LÁMINA No. 4.4

15 avenida sur



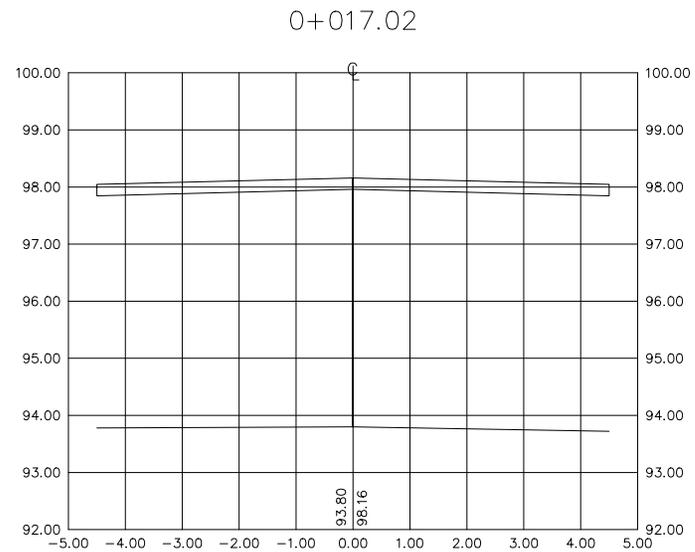
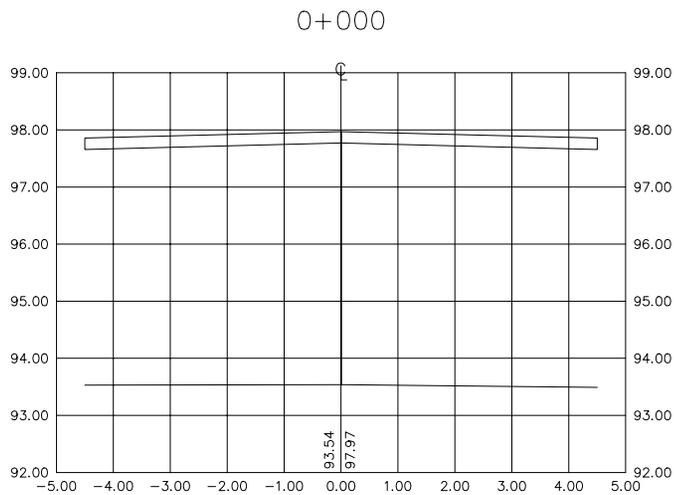
ESTACION	0+000	0+020	0+040	0+060	0+080	0+94.54
ELEVACION TERRENO	96.44	97.09	97.81	98.50	99.289	99.84
ELEVACION RASANTE	97.97	98.192	98.41	98.64	98.86	99.02

AUTORES:
LEAL ARTEAGA, FRANCISCO
UMAÑA GONZÁLEZ, ELMER

PROPUESTA DE INTEGRACIÓN
VIAL DE LA COLONIA SOLÓRZANO
AL SISTEMA DEL BY-PASS DE LA
CIUDAD DE SANTA ANA

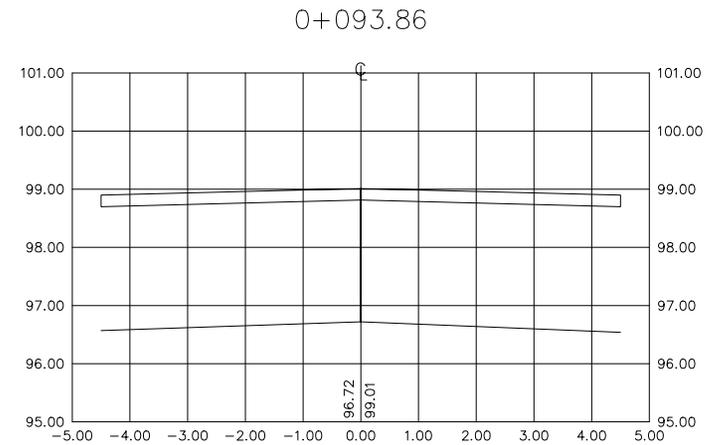
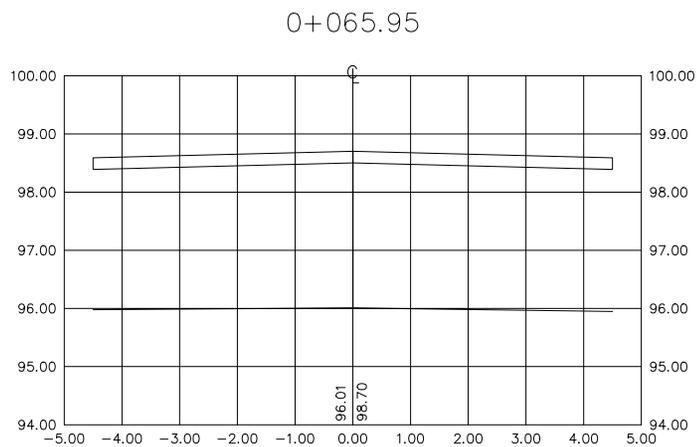
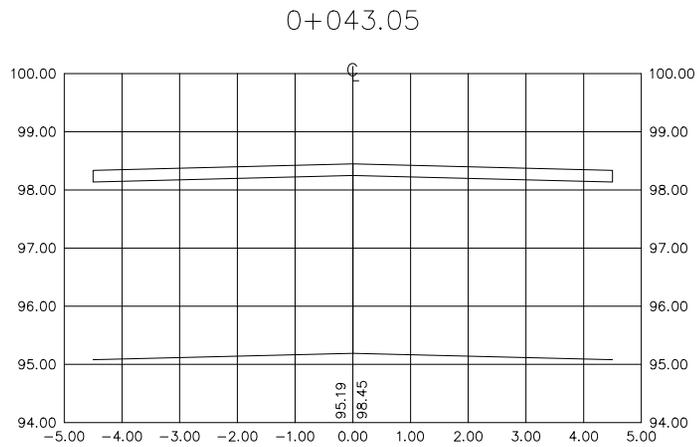
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
F. M. O.
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA

FECHA: 03-03-03
ESCALA: 1:125
LÁMINA No. 5



SECCIONES TRANSVERSALES. 15 avenida sur

AUTORES: LEAL ARTEAGA, FRANCISCO UMAÑA GONZÁLEZ, ELMER	PROPUESTA DE INTEGRACIÓN VIAL DE LA COLONIA SOLÓRZANO AL SISTEMA DEL BY-PASS DE LA CIUDAD DE SANTA ANA	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR F. M. O. DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA	FECHA: 03-03-03
			ESCALA: 1:125
			LÁMINA No. 5.1



SECCIONES TRANSVERSALES. 15 avenida sur

AUTORES:
LEAL ARTEAGA, FRANCISCO
UMAÑA GONZÁLEZ, ELMER

PROPUESTA DE INTEGRACIÓN
VIAL DE LA COLONIA SOLÓRZANO
AL SISTEMA DEL BY-PASS DE LA
CIUDAD DE SANTA ANA

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
F. M. O.
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA

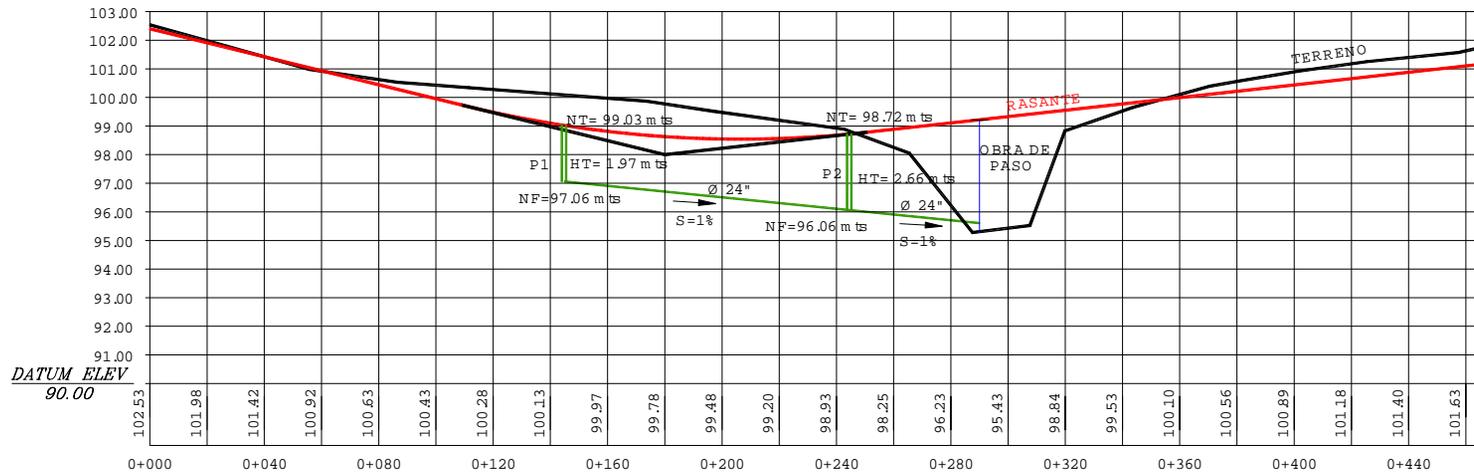
FECHA: 03-03-03

ESCALA: 1:125

LÁMINA No. 5.2

Anexo No.8 Rasante de tuberías y pozos

CALLE CAPITÁN GUZMÁN



ESTACIÓ	0+000	0+020	0+040	0+060	0+080	0+100	0+120	0+140	0+160	0+180	0+200	0+220	0+240	0+260	0+280	0+300	0+320	0+340	0+360	0+380	0+400	0+420	0+440	0+460	0+466.67
ELEVACIÓ TERRENO	102.53	101.98	101.42	100.92	100.63	100.43	100.28	100.13	99.97	99.78	99.48	99.20	98.93	98.25	96.23	95.43	98.84	99.53	100.10	100.56	100.89	101.18	101.40	101.63	101.78
ELEVACIÓ RASANTE	102.40	101.91	101.42	100.93	100.44	99.56	99.67	99.12	98.81	98.61	98.55	98.56	98.66	98.89	99.07	99.33	99.55	99.77	99.99	100.22	100.44	100.66	100.88	101.10	101.18

AUTORES:
LEAL ARTEAGA, FRANCISCO
UMAÑA GONZÁLEZ, ELMER

PROPUESTA DE INTEGRACIÓN
VIAL DE LA COLONIA SOLÓRZANO
AL SISTEMA DEL BY-PASS DE LA
CIUDAD DE SANTA ANA

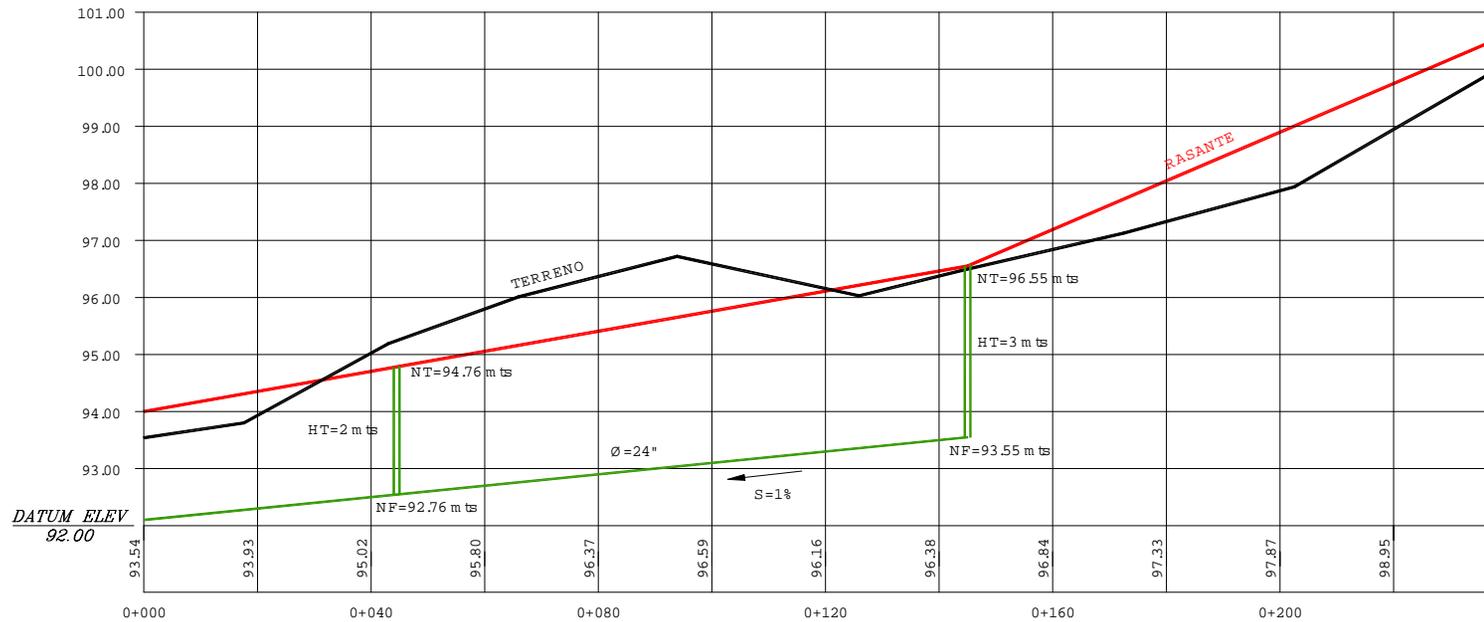
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
F. M. O.
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA

FECHA: 03-03-03

ESCALA: 1:250

ANEXO No. 8-A

CALLE VALPARAÍSO



ESTACION	0+000	0+020	0+040	0+060	0+080	0+100	0+120	0+140	0+160	0+180	0+200	0+220	0+237.16
ELEVACION TERRENO	93.64	93.93	95.02	95.80	96.37	96.59	96.16	96.38	96.84	97.33	97.87	98.95	99.96
ELEVACION RASANTE	94.00	94.35	94.70	95.06	95.41	95.76	96.11	96.46	97.19	98.04	98.90	99.75	100.50

AUTORES:
LEAL ARTEAGA, FRANCISCO
UMAÑA GONZÁLEZ, ELMER

PROPUESTA DE INTEGRACIÓN
VIAL DE LA COLONIA SOLÓRZANO
AL SISTEMA DEL BY-PASS DE LA
CIUDAD DE SANTA ANA

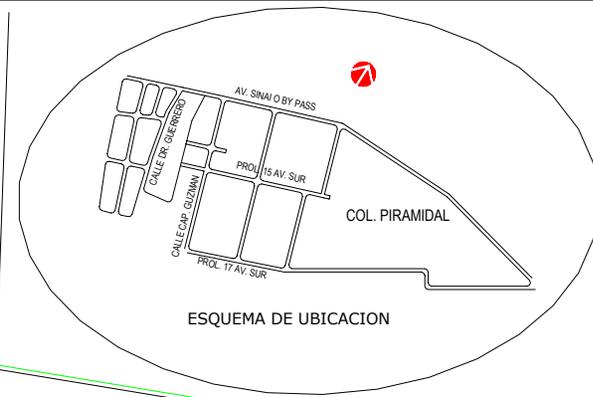
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
F. M. O.
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA

FECHA: 03-03-03

ESCALA: 1:125

ANEXO No. 8-B

Anexo No. 9 Esquema general de las soluciones



SIEMBOLOGIA

ITEM	SIEMBLADO
○	Pozo de Aguas Negras
□	Caja Tragantes
+	Pozo de Aguas Lluvias
—	Tubería de Aguas Negras
—	Tubería de Aguas Lluvias

AUTORES:
 LEAL ARTEAGA, FRANCISCO
 UMAÑA GONZÁLEZ, ELMER

**PROPUESTA DE INTEGRACIÓN
 VIAL DE LA COLONIA SOLÓRZANO
 AL SISTEMA DEL BY-PASS DE LA
 CIUDAD DE SANTA ANA**

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 F. M. O.
 DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA**

**FECHA: 03-03-03
 SIN ESCALA
 ANEXO No. 9**