



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN

**“MEJORAMIENTO DEL ENTRONQUE
POZA RICA-VERACRUZ KM 19.”**

DESARROLLO DE UN CASO PRÁCTICO

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL**

PRESENTAN:

- **ONIEL GARCÍA BALANZAR**
- **OSCAR IRVING GONZALEZ REYES**

ASESOR:

ING. JOSÉ MARIO AVALOS HERNÁNDEZ

SAN JUAN DE ARAGÓN, ESTADO DE MÉXICO 2013





Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	IV
1. CAPÍTULO I. ANTECEDENTES.....	1
1.1. Antecedentes Generales del Proyecto.....	2
1.1.1. Antecedentes de Construcción y Conservación.....	2
1.1.2. Localización.....	3
1.2. Generalidades.....	4
1.2.1. Localidades.....	4
1.2.2. Historia.....	5
1.2.3. Ecosistema.....	6
1.2.4. Relieve.....	7
1.2.5. Topografía de la Región.....	8
1.2.6. Orografía.....	8
1.2.7. Hidrografía.....	9
1.2.8. Geología.....	9
2. CAPÍTULO II. ESTUDIOS PREVIOS Y ALTERNATIVAS.....	10
2.1. Estudio Geotécnico.....	11
2.1.1. Pozos a Cielo Abierto.....	12
2.1.2. Ensayes de Laboratorio.....	16
2.2. Estudio de los Bancos de Materiales.....	17
2.2.1. Relación de Bancos.....	17
2.2.2. Ensayes de Laboratorio.....	19
2.3. Estratigrafía y Propiedades de los Suelos.....	20
2.4. Estudio del Pavimento.....	21
2.4.1. Estructura de Pavimento Definitiva.....	21
2.5. Estudio Vehicular.....	22
2.5.1. Procedimiento para obtener el TPDA.....	24
2.6. Estudio Hidrológico.....	27
2.6.1. Delimitación de Cuenca en Estudio.....	29
2.6.2. Análisis Hidrológico.....	31
2.7. Problemática de la Zona de Estudio.....	32
2.7.1. Criterio de Mejoramiento.....	32
2.8. Situación Actual del Entronque.....	33
2.9. Alternativas de Solución.....	34



3. CAPÍTULO III. PROYECTO DEFINITIVO.....	36
3.1. Selección de Alternativa.....	37
3.1.1. Conservación.....	37
3.2. Proyecto Geométrico.....	38
3.2.1. Alineamiento Horizontal.....	40
3.2.2. Alineamiento Vertical.....	40
3.3. Entronques a Nivel.....	42
3.3.1. Alineamiento de los Entronques.....	42
3.3.2. Tipos de Entronques a Nivel.....	43
3.3.3. Tipos Básicos de Intersección.....	44
3.4. Especificaciones Básicas del Proyecto.....	45
3.4.1. Clasificación de las Carreteras.....	45
3.4.1.1. Clasificación por su Transitabilidad.....	45
3.4.1.2. Clasificación Administrativa.....	45
3.4.1.3. Clasificación Técnica Oficial.....	46
3.4.2. Velocidad de Proyecto.....	47
3.4.3. Vehículos de Proyecto.....	48
3.5. Criterios de Selección para Diseño.....	49
3.6. Elaboración de Proyecto Ejecutivo.....	51
4. CAPÍTULO IV. TRABAJOS DE MEJORAMIENTO.....	52
4.1. Obras de Drenaje Menor.....	53
4.1.1. Obras Complementarias de Drenaje Menor.....	54
4.1.1.1. Cálculo de Capacidad de Desalojo en Cunetas.....	57
4.1.2. Tipos de Drenaje.....	58
4.1.3. Construcción de Obras de Drenaje.....	59
4.2. Estabilidad de Taludes.....	60
4.2.1. Definición de Talud.....	60
4.2.2. Definición de Estabilidad.....	62
4.2.3. Deslizamientos.....	63
4.2.4. Causas de Falla.....	64
4.2.5. Factor de Seguridad.....	65
4.2.5.1. Factor de Seguridad en Zona de Estudio.....	67
CONCLUSIONES.....	68
REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA.....	69



INTRODUCCIÓN.

Los municipios totonacos de Veracruz están comunicados por la carretera costera que se construyó entre la llanura o tierras bajas y las faldas de las sierras: hacia el sur comunica con el puerto de Veracruz y hacia el norte con el puerto de Tuxpam. Por esta carretera se arriba a Papantla y Poza Rica, dos de las ciudades principales de la región y puertas de entrada al Totonacapan serrano. Algunos caminos de terracería comunican esta región con la Sierra Norte de Puebla, hacia Teziutlán y Coetzalan.

Al transitar de sur a norte, poco antes de llegar a Gutiérrez Zamora y al río Tecolutla, se percibe cómo la Llanura Costera empieza a convertirse en lomas cubiertas de naranjales. Un poco más hacia el norte, cerca de Papantla, los potreros se hacen más frecuentes. Hacia los límites con la Huasteca Veracruzana, en territorio del municipio de Poza Rica, se percibe un paisaje urbano industrial creado por la exploración y explotación petroleras: se trata de un paisaje caótico y del territorio más densamente poblado del estado de Veracruz, con cerca de 5 000 habitantes por kilómetro cuadrado. La contaminación ambiental y las alteraciones ecológicas de esta zona están entre las más alarmantes del país y del planeta Tierra.

En Papantla se condensa la presencia indígena totonaca, sobre todo en los alrededores del mercado y en la zona céntrica de la ciudad. De esta ciudad salen todos los transportes que movilizan a la población entre el Totonacapan de la Sierra y la Costa. Espinal es conocida como la localidad que comunica a la zona serrana. En Coyutla termina la carretera pavimentada y desde allí se empieza a subir, por difíciles caminos de terracería, hasta los municipios de Filomeno Mata, Mecatlán y Coahuatlán. Otra opción es la de atravesar el río Espinal hacia Coxquihui, Zozocolco y Chumatlán por el puente de Oriente o por el nuevo puente de Santa Ana. Todas estas localidades se encuentran en los límites con el estado de Puebla y hasta la década de 1980 estuvieron incomunicadas.

Hace pocos años, se construyeron puentes, se abrieron y revistieron nuevos y viejos caminos y se pavimentaron algunos más.

Los proyectos de mejoramiento no han sido suficientes ya que en la carretera 180 Poza Rica – Veracruz, se encuentra un entronque que se ha denominado como un punto de conflicto de empalme carretero, puesto que en los últimos 4 años ha presentado más de 17 accidentes; teniendo en cuenta que es un punto de acceso a una de las ciudades más importantes de la región. Ha sido



necesario estudiar la zona y proponer una alternativa de solución de tránsito con el fin de mitigar el conflicto que se ocasiona y resolver el problema de seguridad vial.

Para esto, la información que se presenta tiene como firme propósito seleccionar la mejor alternativa de solución, mediante un proyecto que mejorará la comunicación, tomando en cuenta las consideraciones geográficas – físicas, así como los aspectos económicos – sociales. Esto para poder tener el conocimiento real del tipo de actividades que se realizarán dentro de nuestra zona de estudio.

La elaboración de este trabajo consta en explicar a detalle la metodología que se requiere para realizar un proyecto de mejoramiento, tomando como caso práctico, el estudio del entronque Poza Rica-Veracruz Km. 19.

I. ANTECEDENTES.

1.1. ANTECEDENTES GENERALES DEL PROYECTO.

La Carretera Poza Rica – Veracruz (MEX-180), tiene una longitud aproximadamente de 212 Km., del cual se está estudiando el Entronque Papantla ubicado en el Km. 19+500, correspondiente a la Red Federal del estado de Veracruz a cargo del Centro S.C.T. Veracruz.

El camino se clasifica como del tipo “B” construido en un solo cuerpo estructural (dos carriles con ancho variable), la mayoría del mismo se ubica en una topografía en lomerío suave, los alineamientos horizontales y verticales no presentan problemas para un camino de este tipo.



Tramo de la Carretera federal, Poza Rica-Veracruz.

1.1.1. Antecedentes de Construcción y Conservación.

La carretera 180 en la que se ubica el entronque es un camino construido en un solo cuerpo estructural de 2 carriles de ancho con un promedio de 7.0 m, se clasifica como una carretera “B”; la topografía está constituida por lomeríos y algunos tramos planos.

La Carretera Federal 180 comunica la ciudad de Matamoros en el estado de Tamaulipas, México, con la población de Puerto Juárez en el estado de Quintana Roo, en el extremo oriental de la república mexicana, transcurriendo a lo largo de la costa del Golfo de México la mayor parte del trayecto.

En su recorrido cruza por 6 estados de la república Mexicana. La mayor parte del trazo corresponde a la costa del Golfo, pero a partir de la ciudad de

Campeche se adentra en la península de Yucatán hasta llegar a Mérida, para posteriormente cruzarla de oeste a este hasta el término del trazo, en la población de Puerto Juárez, estado de Quintana Roo.

1.1.2. Localización.

Se encuentra ubicado en la zona norte del Estado, en la sierra Papanteca, en las coordenadas $20^{\circ} 27''$ latitud norte y $97^{\circ} 19''$ longitud oeste, a una altura de 180 metros sobre el nivel del mar. Limita al norte con Cazonces de Herrera; al este con Tecolutla y Gutiérrez Zamora; al sureste con Martínez de la Torre; al sur con el Estado de Puebla; al oeste con Espinal, Coatzintla y Poza Rica; al noroeste con Tihuatlán. Su distancia al noroeste de la capital del Estado es de 110 Km. (270 Km. por carretera).



Mapa Carretero de Veracruz, donde se localiza la zona de Estudio.



1.2. GENERALIDADES.

Papantla es un poblado de origen Totonaca, su nombre significa "Lugar de papanes", papán es un ave que vive en la región. Tiene una superficie de 1,199.26 km².

Se llega desde la Ciudad de México, tomando la carretera federal 130 hacia Pachuca y la desviación Tulancingo-Pirámides. Siguiendo los señalamientos hacia Tuxpan-Poza Rica, se llega a esta última. Desde ahí, se toma la carretera federal 180 que comunica a la Ciudad de Papantla.

1.2.1. Localidades.

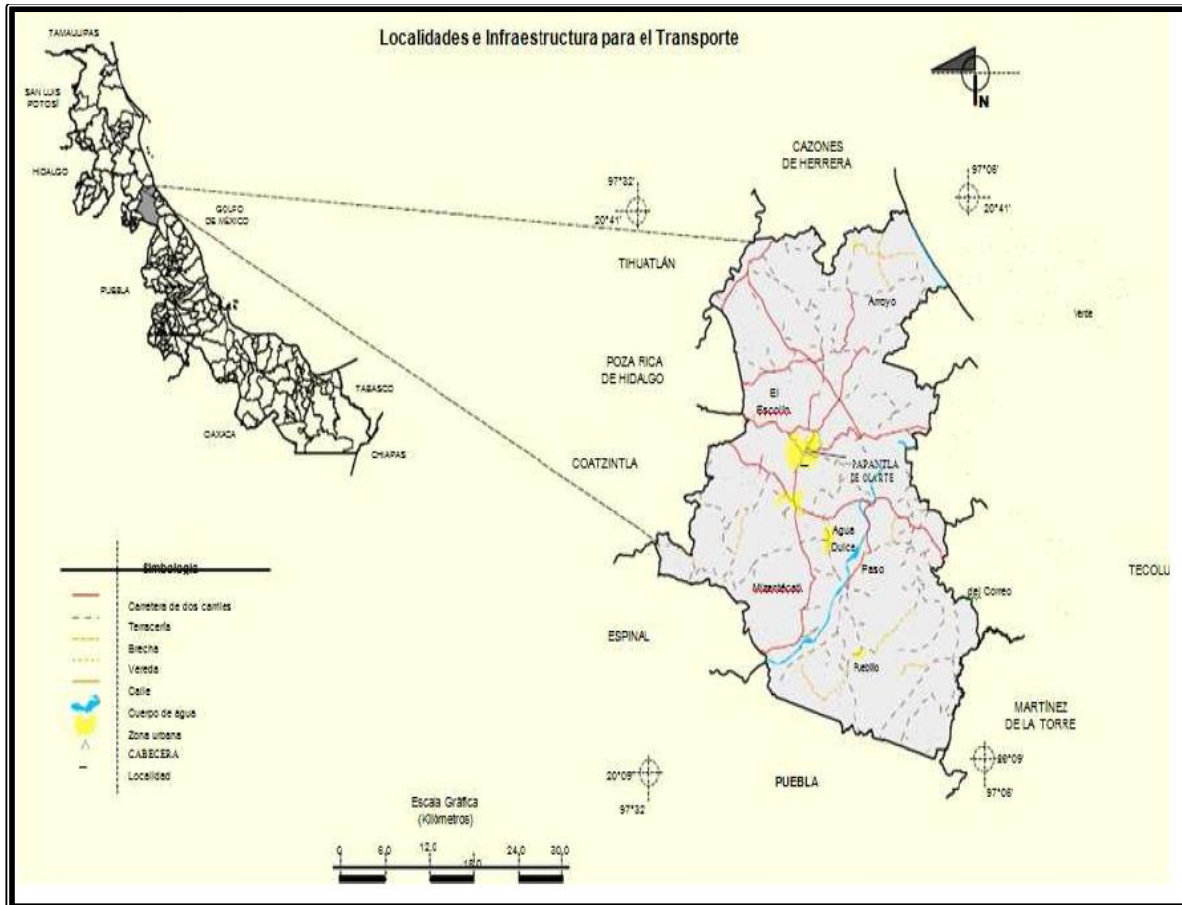
Papantla es uno de los municipios más importantes de la zona del Totonacapan la cual abarca una superficie de 4,300.88 km², lo que corresponde al 5.97% de la superficie total del estado de Veracruz; está integrada por 15 municipios.

Municipios en la zona Totonacapan.

Cazones de Herrera	Chumatlán	Papantla
Coahuatlán	Espinal	Poza Rica
Coatzintla	Filomeno Mata	Tecolutla
Coxquihui	Gutiérrez Zamora	Tihuatlán
Coyutla	Mecatlán	Zozocolco de Hidalgo

Geográficamente se localiza al norte del estado Veracruz, dentro de la provincia fisiográfica de la Llanura Costera del Golfo Norte, en la subprovincia

fisiográfica de las llanuras y lomeríos, constituida por valles labrados por los ríos que la atraviesan.



Localidades e Infraestructura para el Transporte.

1.2.2. Historia.

El municipio de Papantla fue fundado por indígenas en el año 1200, durante La Conquista Española se le denominó Papantla de Santa Marea de la Asunción. El lugar fue uno de los primeros poblados españoles, convirtiéndose en cabecera del Totonacapan (región de los Tres Corazones).

En 1880 se aprobaron los límites entre los municipios de Papantla y Teziutlán, Puebla. Para 1910, Papantla es elevada a la categoría de ciudad, con la denominación de Papantla de Hidalgo. Finalmente, a partir de 1935 se denomina Papantla de Olarte en honor del destacado insurgente papanteco Serafín Olarte.

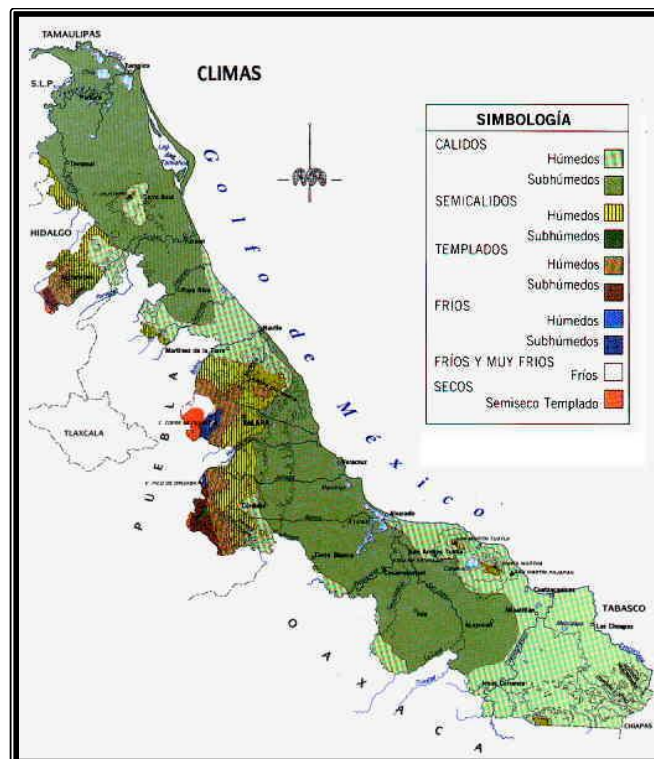
1.2.3. Ecosistema.

Se encuentra regado por pequeños ríos que derivan del Tecolutla y Texistepec; existen arroyos tributarios como el Tlahuanapa, Santa Agueda y Poza Verde. Su clima es cálido-regular con una temperatura promedio de 20.8°C.

El paisaje está dominado por potreros, manchones de vegetación y en las zonas más altas, por milpas y "acahuales" [porciones de tierra en barbecho, con vegetación secundaria]. A cada momento se observan afluentes del río que atraviesan la carretera o corren a un lado de ella. En épocas de lluvia impiden el paso de vehículos. Los pueblos se pueden observar desde lugares distantes, ya sea en las cimas de los cerros o en las laderas de la montaña, muchas de ellas llenas de naranjos y cítricos en general.

En Papantla subsisten árboles como jonote, laurel, palo mula, cedro, ceiba y algunas variedades de la familia de las leguminosas. La región tiene una importante producción de vainilla.

La fauna de la zona está compuesta por poblaciones de armadillos, conejos, tejones, mapaches, tlacuaches, coyotes, ardillas, palomas, codornices, gavilanes; víboras de cascabel, coralillo mazacuatas y nauyacac.



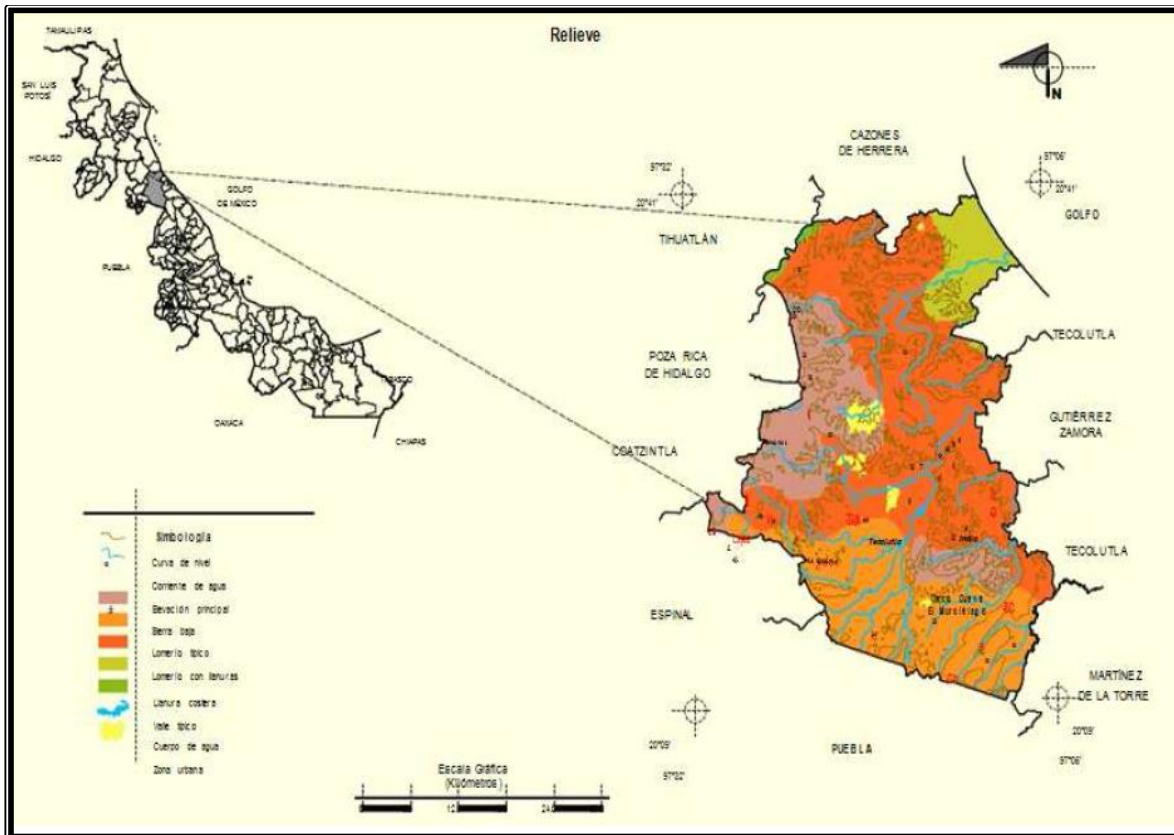
Climas de la Región.

1.2.4. Relieve.

Se encuentra ubicado en la zona Norte del Estado de Veracruz, en la sierra Papanteca, en las coordenadas $20^{\circ} 27''$ latitud Norte y $97^{\circ} 19''$ longitud Oeste, a una altura de 180 metros sobre el nivel del mar, la topografía es irregular, con cerros de poca altura y con predominancia de valles.

Limita al norte con Cazones de Herrera; al Este con Tecolutla y Gutiérrez Zamora; al Sureste con Martínez de la Torre; al Sur con el Estado de Puebla; al Oeste con Espinal, Coatzintla y Poza Rica; al Noroeste con Tihuatlán. Se encuentra regado por pequeños ríos que derivan del Tecolutla y Texistepec; existen arroyos tributarios como el Tlahuanapa, Santa Agueda y Poza Verde.

Las corrientes fluviales más importantes que surcan el Totonacapán son los ríos Cazones, Tecolutla y Necaxa – afluente del río Tecolutla –, así como numerosos arroyos, entre los que destacan el Zozocolco – Tecacán – y el Chumatlán.



Relieve de la Región.



1.2.5. Topografía de la región.

La ciudad de Papantla se ubica en una zona de topografía accidentada en la que se aprecian elevaciones notables y en la que abundan las pendientes elevadas superiores al 30% con depresiones o cañadas entre las elevaciones y que constituyen escurrimientos naturales.

Lo anterior se manifiesta en una serie de pendientes cuyos rangos varían de 0 a 5 % las más aptas para el crecimiento urbano, escasas al interior de la mancha urbana pero se observan muy alejadas de esta al Suroeste del ámbito de estudio rodeando las comunidades de El Chote, Morgadal, Tlahuanapa y el Tajín.

Las pendientes 5 al 15% aparece en forma aislada en el ámbito de estudio y de manera homogénea hacia el Noreste de la mancha urbana actual entre los fraccionamientos Xanath I y II y el Cementerio Jaxmajá; estas pendientes moderadas representan una alternativa para la expansión urbana. Las pendientes 15 a 30% están condicionadas para el desarrollo urbano y se localizan al Noreste y Este de la zona urbana. Las pendientes superiores al 30% rodean la ciudad al Este, Sur y Oeste y no deberán utilizarse para el crecimiento físico de la ciudad debiendo considerarse en la etapa de estrategia como áreas sujetas a políticas de conservación.

Desde el punto de vista de áreas inmediatas con relieve apto para el desarrollo urbano, estas se ubican rodeando a la mancha urbana de Papantla hacia el Noreste.

En resumen la mayor parte del ámbito de estudio presenta pendientes altas mayores al 30 % (39.77% del área de estudio), pendientes altas de entre 15 y 30% (31.92% del área de estudio), pendientes moderadas del 5 al 15 % (b 20.73% del ámbito de estudio) y pendientes bajas (7.58% del área de estudio).

1.2.6. Orografía.

El municipio se encuentra ubicado en la zona central del Estado, sobre las tribulaciones de un conjunto montañoso de la Sierra Madre Oriental, la cual recibe el nombre local de Sierra Papantla, la topografía es irregular, con cerros de poca altura y con predominancia de valles.

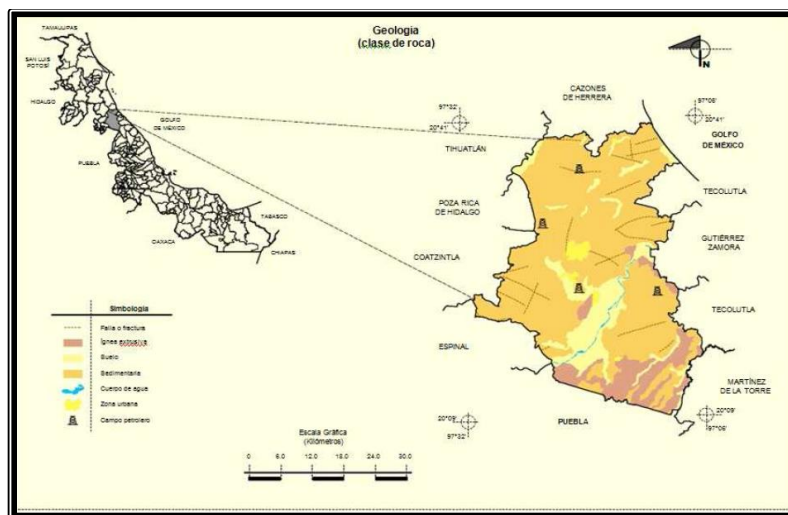
1.2.7. Hidrografía.

Se encuentra regado por pequeños ríos que derivan del Tecolutla y Texistepec; existen arroyos tributarios como el Tlahuanapa, Santa Agueda y Poza Verde.

1.2.8. Geología.

La finalidad del análisis geológico encaminado al desarrollo urbano es para determinar el nivel de compactación que manifiestan las capas profundas del terreno que soportan a su vez el suelo en el cual se llevarán a cabo todas las actividades de la ciudad de Papantla.

El área en la cual se asienta la ciudad de Papantla está conformada por una estructura sedimentaria y volcano sedimentaria de la era Cenozóica del periodo Terciario superior Mioceno y cubre el 86.72% del área de estudio. Este subsuelo está conformado predominantemente por rocas lutitas y areniscas cuya conformación es adecuada para la construcción sobre ellas con excepción de las áreas en donde las pendientes sean tales que lo impidan.



Geología de la Región.

Es importante señalar la inexistencia de fracturas esto es: ruptura de la corteza en la cual no ha habido desplazamiento entre los bloques en las áreas inmediatas a la zona urbana. Hacia el perímetro Sudoeste del área de estudio se observa una estructura de origen aluvial del cenozoico cuaternario, mismas que no representan problema alguno debido a su lejanía con la mancha urbana.



II. ESTUDIOS PREVIOS Y ALTERNATIVAS.



2.1. ESTUDIO GEOTÉCNICO.

El objetivo principal es Interpretar la geología superficial y la fisiografía de la zona, para obtener la información geotécnica preliminar que permitió definir el programa de exploración y muestreo, tanto en terreno natural como en la estructura del pavimento.

El programa de exploración y muestreo consistió en la excavación de 3 pozos a cielo abierto (P.C.A.) en zonas estratégicas a través de la estructura del pavimento actual, alternados en ambos lados del entronque en cuestión y un P.C.A en zona baja para poder determinar las características del suelo existente en forma natural.

Sondeo No.	Ubicación (Km.)	Espesores (cm.)			
		Carpeta de Concreto Asphaltico	Base Hidráulica	Subrasante	Terracería
P.C.A 1	19+000	15	35	30	indef.
P.C.A 2	19+000	10	25	30	indef.
P.C.A 3	19+000	15	30	30	indef.
Promedio:		13	30	30	

UBICACIÓN DE LOS POZOS A CIELO ABIERTO

CARRETERA: POZA RICA - VERACRUZ
 TRAMO: POZA RICA - PAPANTLA
 KILOMETRO: 19+000

Sondeo No.	Ubicación (Km.)	Espesores (cm.)	
		Materia Vegetal	Terreno Natural
P.C.A 4	19+000	10	indef.



2.1.1. Pozos a Cielo Abierto.

Sondeo Tipo Pozo a Cielo Abierto N° 1.

PERFIL ESTRATIGRÁFICO

Carretera: POZA RICA - VERACRUZ

Tramo: POZA RICA - PAPANTLA

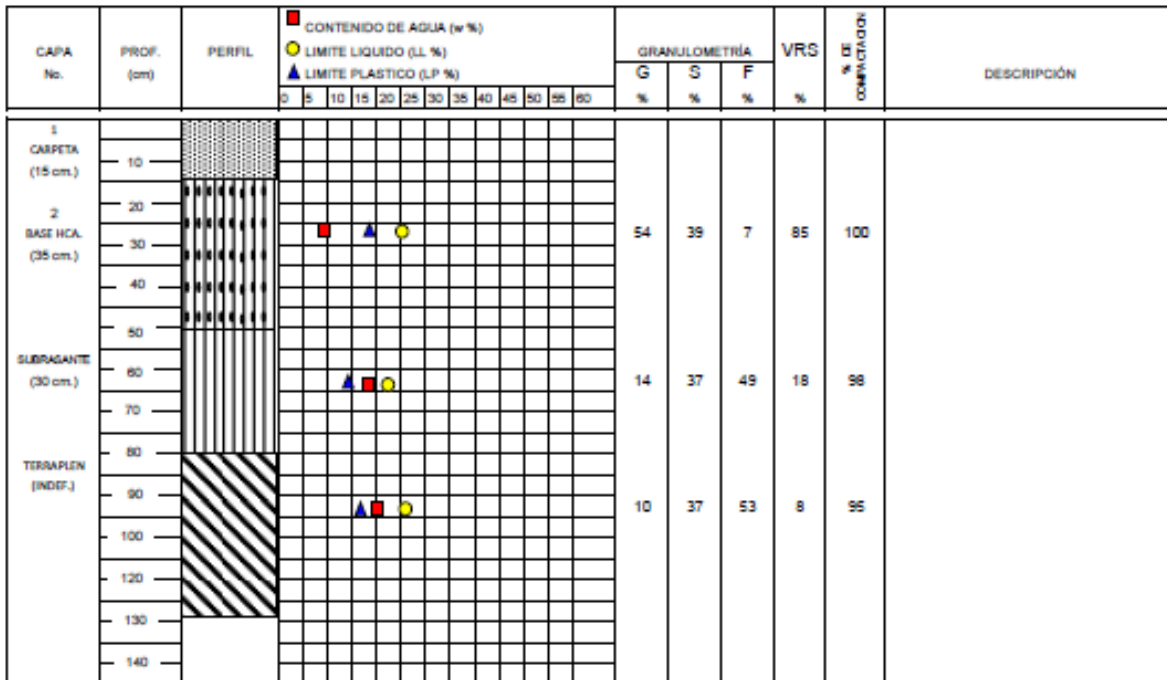
Km. 19+000

Origen: POZA RICA

Km: 0+000

Sondeo N°: 1

Ubicación: 19+000 Lado: Izq.



SIMBOLOGÍA:

- CARPETA DE CONCRETO ASFALTICO
- BASE ASFALTICA
- BASE HIDRAULICA
- SUBBASE HIDRAULICA
- SUBRASANTE
- TERRACERIA
- ROCA

- G** Gravas
- S** Arenas
- F** Finos
- VRS** Valor Relativo de Soporte
- C** Compactación

NOTA: COTAS EN CM.



Sondeo Tipo Pozo a Cielo Abierto N° 2.

PERFIL ESTRATIGRÁFICO

Carretera: POZA RICA - VERACRUZ

Tramo: POZA RICA - PAPANTLA

Km. 19+000

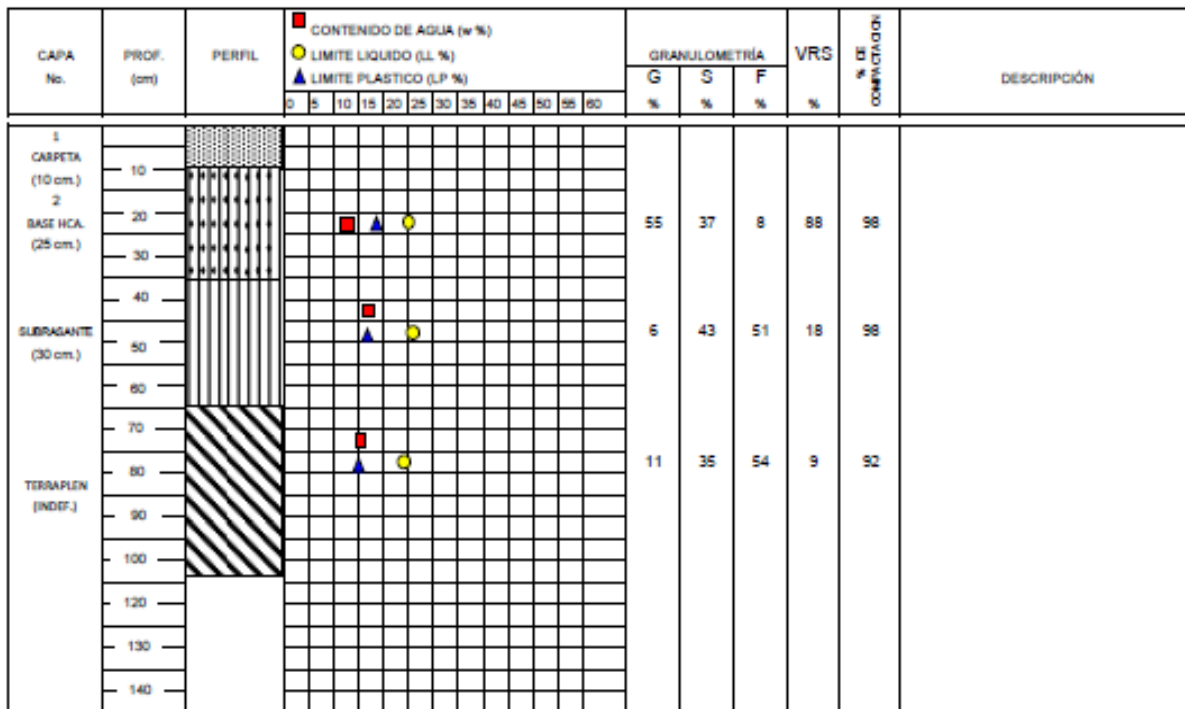
Origen: POZA RICA

Km. 0+000

Sondeo N°: 2

Ubicación: 19+000

Lado: Der.



SIMBOLOGÍA:

- CARPETA DE CONCRETO ASFALTICO
- BASE ASFALTICA
- BASE HIDRAULICA
- SUBBASE HIDRAULICA
- SUBRASANTE
- TERRACERIA
- ROCA

- G** Gravas
- S** Arenas
- F** Finos
- VRS** Valor Relativo de Soporte
- C** Compactación

NOTA: COTAS EN CM.



Sondeo Tipo Pozo a Cielo Abierto N° 3.

PERFIL ESTRATIGRÁFICO

Carretera: POZA RICA - VERACRUZ

Tramo: POZA RICA - PAPANTLA

Km: 19+000

Origen: POZA RICA

Km: 0+000

Sondeo N°: 3

Ubicación: 19+000

Lado: Der.

CAPA No.	PROF. (cm)	PERFIL	■ CONTENIDO DE AGUA (w %) ● LIMITE LIQUIDO (LL %) ▲ LIMITE PLASTICO (LP %)	GRANULOMETRÍA			VRS %	C %	DESCRIPCIÓN
				G %	S %	F %			
1	0-10	CARPETA (15 cm.)							
2	10-20	BASE HCL. (30 cm.)	▲ 15, ■ 18, ● 22	52	41	7	95	100	
	20-50	SUBRASANTE (30 cm.)	▲ 15, ■ 18, ● 22	13	36	51	19	100	
	50-80	TERRAJEN (INDIF.)	▲ 15, ■ 18, ● 22	9	38	53	10	92	
	80-100								
	100-120								
	120-130								
	130-140								

SIMBOLOGÍA:

- CARPETA DE CONCRETO ASFALTICO
- BASE ASFALTICA
- BASE HIDRAULICA
- SUBBASE HIDRAULICA
- SUBRASANTE
- TERRACERIA
- ROCA

- G Gravas
- S Arenas
- F Finos
- VRS Valor Relativo de Soporte
- C Compactación

NOTA: COTAS EN CM.



Sondeo Tipo Pozo a Cielo Abierto N° 4.

PERFIL ESTRATIGRÁFICO

Carretera: POZA RICA - VERACRUZ

Tramo: POZA RICA - PAPANTLA

Km. 19+000

Origen: POZA RICA

Km. 0+000

Sondeo N°: 4

Ubicación: 19+000

Lado: Sobre Ampliación

CAPA No.	PROF. (cm)	PERFIL	CONTENIDO DE AGUA (w %)												GRANULOMETRÍA			VRS	% DE COMPACTACIÓN	DESCRIPCIÓN			
			■ LIMITE LIQUIDO (LL %) ▲ LIMITE PLASTICO (LP %)												G	S	F						
			0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	%	%				%		
1	0-10	MATERIA VEGETAL (10 cm.)																					
	10-100	TERRINO NATURAL (INDEF)															11	29	60	3	88		
	100-140																						

SIMBOLOGÍA:



MATERIA VEGETAL



ARCILLA



LIMO



ARENA



ARENA ARCILLOSA



ARENA LIMOSA



ROCA

G Gravas

S Arenas

F Finos

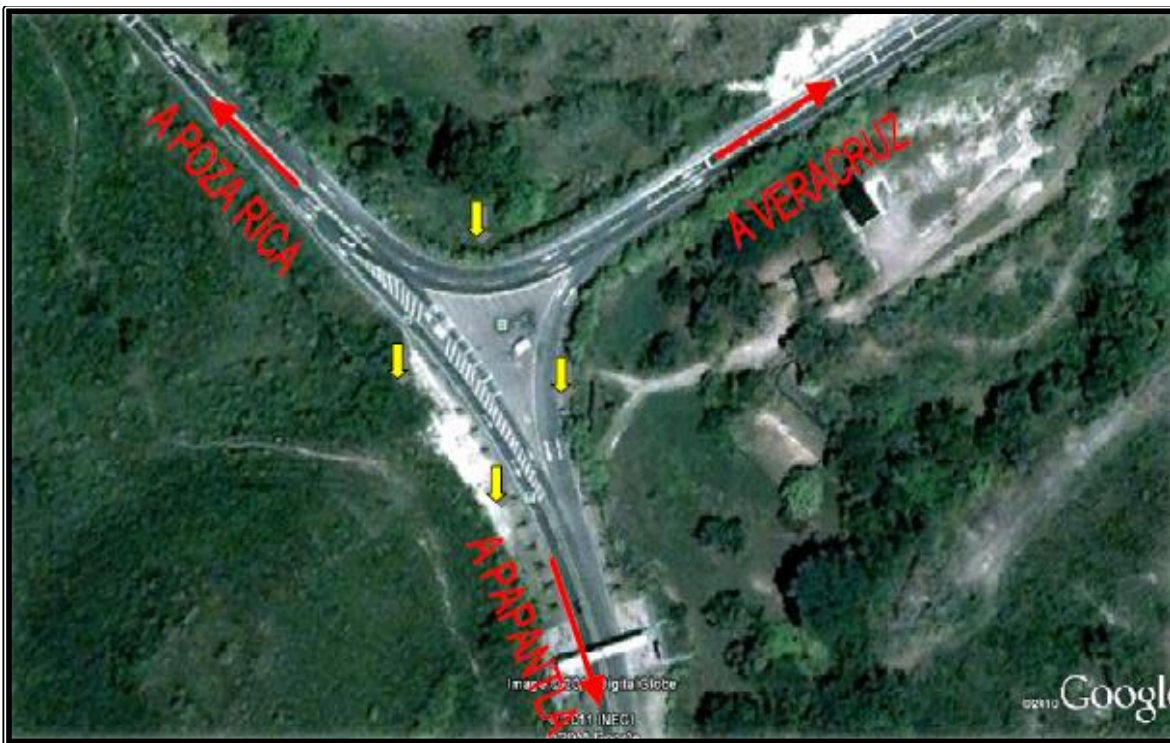
VRS Valor Relativo de Soporte

C Compactación

NOTA: COTAS EN CM.

En estos pozos se registraron los espesores de las diferentes capas y se obtuvieron muestras alteradas representativas de cada estrato. Las muestras obtenidas se protegieron contra la pérdida de humedad, se identificaron y se empacaron cuidadosamente para su posterior envío al laboratorio de mecánica de suelos, en la ciudad de Veracruz.

Los pozos a cielo abierto se excavaron de manera gradual, por capas, y en cada una de ellas, después de medir su espesor y definir su perfil estratigráfico, se determinó su peso volumétrico por medio de una cala.



Ubicación de los Pozos a Cielo Abierto.

2.1.2. Ensayes de Laboratorio.

A continuación, se enlistan las pruebas y ensayos realizados a las muestras alteradas, donde se obtuvieron las propiedades índice y mecánicas necesarias para el diseño de la estructura del pavimento.

En capa de base, sub-base y terracerías:

- ✓ Contenido de agua



- ✓ Granulometría
- ✓ Límites de consistencia
- ✓ Contracción lineal
- ✓ Clasificación SUCS
- ✓ VRS estándar saturado
- ✓ Expansión
- ✓ Equivalente de arena
- ✓ Peso volumétrico máximo
- ✓ Humedad óptima.

2.2. ESTUDIO DE LOS BANCOS DE MATERIALES.

Como parte del reconocimiento geotécnico efectuado en campo, se realizaron recorridos en toda la zona con objeto de localizar y muestrear los bancos de materiales, con el fin de estudiarlos para sus posibles recomendaciones en la construcción de terracerías y de las capas del pavimento.

El Banco de Material se define como el lugar donde se extraerá material para ser utilizado en una obra civil, en el cual es necesario conocer las clases o clases de suelos existentes en dicha zona, así como el volumen aproximado de material o materiales, que puedan ser excavables, removibles y utilizables.

2.2.1. Relación de Bancos.

A continuación se presenta la relación de los bancos de materiales localizados dentro del área en donde se ubica el punto de conflicto ubicado en:

CARRETERA: POZA RICA - VERACRUZ
TRAMO: POZA RICA - PAPANTLA
KILOMETRO: 19+000

1.- “Banco EL PALMAR”, se localiza en la carretera: Poza Rica – Veracruz Km. 45+000, 3000 mts. Desviación Derecha; el material existente consiste en una grava-arena de río, requiere trituración total y cribado, el material se puede



emplear en la elaboración de sub-base y base hidráulica, base asfáltica, material pétreo para mezcla asfáltica, concreto hidráulico.

CROQUIS DE LOCALIZACIÓN DE PRESTAMO DE MATERIALES		CARRETERA: POZA RICA - VERACRUZ TRAMO: POZA RICA - PAPANTLA SUBTRAMO: KM. 19+000 ORIGEN: POZA RICA							
PRESTAMO DE MATERIALES PARA:		BASE ASFÁLTICA Y CARPETA ASFÁLTICA				DENOMINACION: BANCO "EL PALMAR"			
UBICACIÓN	Nº	ESPESOR (m.)	CLASIFICACION SCT	TRATAMIENTO PROBABLE	COEFICIENTE DE VARIACION VOLUMETRICA				CLASIFICACION PRESUPUESTO A B C
					90%	95%	100%	BANDEADO	
KM. 45+000 DESVIACION DERECHA CON 3.0 KM. CARRETERA: POZA RICA VERACRUZ	1	0.20	Materia Vegetal	Despalme	---	---	---	---	60 - 40 - 00
	2	1.20	Grava arena limosa de rio, medianamente compacta con fragmentos chicos y medianos (boleo) en un 60% GP-SP	Trituracion Parcial y Cribado	---	---	---	---	
DIMENSIONES LARGO: 450 mts. ANCHO: 150 mts. ESPESOR: 1.2 mts.		VOLUMEN APROVECHABLE 81,000 m³				OBSERVACIONES: 1.- Actualmente el banco tiene frente de explotación.			

CROQUIS DE LOCALIZACIÓN									

2.- “Banco EL REMOLINO”, se localiza en la carretera: Poza Rica – María de la Torre Km. 33+100, 1500 mts. Desviación Derecha; el material existente consiste en grava-arena, el cual requiere de trituración parcial y cribado, el material se puede emplear en la elaboración de sub-base y base hidráulica, base asfáltica, material pétreo para mezcla asfáltica, concreto hidráulico.

CROQUIS DE LOCALIZACION DE PRESTAMO DE MATERIALES		CARRETERA: POZA RICA - VERACRUZ TRAMO: POZA RICA - PAPANTLA SUBTRAMO: KM. 19+000 ORIGEN: POZA RICA							
PRESTAMO DE MATERIALES PARA:		BASE ASFÁLTICA Y CARPETA ASFÁLTICA				DENOMINACION: BANCO "EL REMOLINO"			
UBICACIÓN	Nº	ESPESOR (m.)	CLASIFICACION SCT	TRATAMIENTO PROBABLE	COEFICIENTE DE VARIACION VOLUMETRICA				CLASIFICACION PRESUPUESTO A B C
					90%	95%	100%	BANDEADO	
KM. 33+100 DESVIACION DERECHA CON 1.5 KM. CARRETERA: POZA RICA - MARIA DE LA TORRE	1	0.20	Materia Vegetal	Despalme	---	---	---	---	60 - 40 - 00
	2	1.20	Grava arena limosa de rio, medianamente compacta con fragmentos chicos y medianos (boleo) en un 60% GP-SP	Trituracion Parcial y Cribado	---	---	---	---	
DIMENSIONES LARGO: 250 mts. ANCHO: 100 mts. ESPESOR: 1.2 mts.		VOLUMEN APROVECHABLE 30,000 m³				OBSERVACIONES: 1.- Actualmente el banco tiene frente de explotación.			

CROQUIS DE LOCALIZACIÓN									

3.- “Banco S/N”, se localiza en la carretera: Poza Rica – Veracruz Km. 19+500, 75 mts.; Desviación Izquierda, el material existente consiste en una arena arcillosa (SC) , el cual requiere de compactado, el material se puede emplear para terracerías y subrasante.

CROQUIS DE LOCALIZACIÓN DE PRESTAMO DE MATERIALES		CARRETERA: POZA RICA - VERACRUZ TRAMO : POZA RICA - PAPANTLA SUBTRAMO: KM. 19+000 ORIGEN: POZA RICA								
PRESTAMO DE MATERIALES PARA:		CUERPO DE TERRAPLEN Y CAPA DE SUBRASANTE			DENOMINACION: SIN NOMBRE * BANCO No.3*					
UBICACIÓN	Nº	ESPESOR (m.)	CLASIFICACION SCT	TRATAMIENTO PROBABLE	COEFICIENTE DE VARIACION VOLUMETRICA				CLASIFICACION PRESUPUESTO A B C	
					90%	95%	100%	BANDEADO		
KM. 19+500 DESVIACION IZQUIERDA CON 75 M. CARRETERA: POZA RICA - VERACRUZ	1	0.30	Materia Vegetal	Despalme	---	---	---	---		
	2	25.00	Arena arcillosa, humeda y medianamente compacta (SC)	Compactado	1.02	0.97	0.92	---	60 - 40 - 00	
DIMENSIONES LARGO: 350 mts. ANCHO: 25 mts. ESPESOR: 25 mts.		VOLUMEN APROVECHABLE 218,750 m³			OBSERVACIONES: 1.- Actualmente el banco no tiene frente de explotación, 2.- Para la formación de capa de subrasante se eliminaran particulas mayores a 3"					
CROQUIS DE LOCALIZACIÓN										

De acuerdo a los resultados obtenidos se puede concluir que los materiales existentes en los bancos el Palmar y el Remolino cumplen para la utilización en la formación de subbase y base hidráulica y para realizar mezcla de concreto asfáltico (estructura del pavimento); el banco “S/N” se consideran aceptables para la formación de las terracerías y capas de transición (subyacente y subrasante).

2.2.2. Ensayes de Laboratorio.

A las muestras obtenidas de los bancos de materiales se les practicaron los siguientes ensayos:

Para carpeta asfáltica:

- ✓ Clasificación SUCS
- ✓ Análisis granulométrico por mallas
- ✓ Peso volumétrico seco suelto
- ✓ Límites de consistencia
- ✓ Desgaste de los Ángeles
- ✓ Equivalente de arena
- ✓ Diseño Marshall

Para base y sub-base:

- ✓ Clasificación SUCS
- ✓ Análisis granulométrico por mallas
- ✓ Peso volumétrico seco suelto
- ✓ Límites de consistencia
- ✓ Valor relativo de soporte
- ✓ Equivalente de arena



2.3. ESTRATIGRAFÍA Y PROPIEDADES DE LOS SUELOS.

De acuerdo a la estructura del camino actual podemos definir que esta constituido de la siguiente manera:

Ubicación (Km.)	Espesores (cm.)			
	Carpeta de Concreto Asfáltico	Base Hidráulica	Subrasante	Terracería
19+000	15	30	30	indef.

- En primer lugar se encontró una carpeta a base de concreto asfáltico que varía entre 10 y 15 cm. De espesor.
- Posterior se apreció la segunda capa que es una base hidráulica con un espesor de 30 cm. En promedio, está constituido por una grava arcillosa mal graduada (GC-GP) tiene un VRS estándar entre 88 y 95%, contracción lineal de 2.23 a 2.29 %, compactación mayor al 98 %, contenido de agua de 8.0 a 10%, además el análisis granulométrico indica que se cuenta con un contenido de finos del orden de 7 a 8 %.
- El material con el que se construyeron la subrasante fue de bancos de préstamo de la zona, está constituido por una arena arcillosa (SC) y en algunos casos por una arcilla de baja compresibilidad (CL); en general se obtuvieron valores de VRS estándar entre 17.6 y 18.94 %, contracción lineal de 4.93 a 5.38 %, compactación mayor al 93 %, contenido de agua de 15.13 a 16.9 %, además el análisis granulométrico indica que se cuenta con un contenido de finos del orden de 49 a 51 %.
- El material con el que se construyeron los terraplenes fue de bancos de préstamo de la zona, está constituido por una arcilla de baja compresibilidad (CL) con un VRS estándar entre 8.20 y 10.65%, contracción lineal de 4.86 a 5.44 %, compactación mayor al 90 %, contenido de agua de 16.5 a 17.36 %, además el análisis granulométrico indica que se cuenta con un contenido de finos del orden de 53 a 54 %.



- El terreno natural en zonas bajas es prácticamente constante; está constituido por una arcilla de alta compresibilidad (CH), con VRS de 4.75, contracción lineal de 19.31 %, contenido de agua de 25 %, además el análisis granulométrico indica que se cuenta con un contenido de finos de 60 %.

Se puede decir que la zona en estudio, desde el punto de vista geotécnico no presenta fallas puntuales o representativas; pero si es importante mencionar de las zonas bajas donde se localiza materiales arcillosos de alta compresibilidad, los cuales pueden ser abatidos por medio de métodos mecánicos, para de esta forma poder desplantar la estructura del pavimento, donde el proyecto lo requiera.

2.4. ESTUDIO DEL PAVIMENTO.

Una vez que se conocen las propiedades de los materiales que conforman la estructura del pavimento actual, así como las terracerías y el terreno natural en donde se desplanta el entronque, se procede al análisis de la estructura del pavimento, para poder realizar el análisis es necesario determinar la tasa de crecimiento vehicular anual, el tránsito diario promedio anual (TDPA) y la composición vehicular actual.

Basándose en los resultados de los trabajos de campo que se realizaron para la ejecución del presente proyecto, y con los datos de tránsito e historial de construcción y conservación del camino, proporcionados por SCT, se procedió a realizar los cálculos correspondientes al diseño de los espesores de refuerzo del pavimento.

2.4.1. Estructura de Pavimento Definitiva.

Tomando como definitiva la siguiente estructura del pavimento:

10 cm. Carpeta de C.A.
20 cm. Base Asfáltica.
30 cm. Subrasante



Los cálculos fueron realizados para una vida útil de 15 años con una tasa de crecimiento de 3.0 %. De acuerdo a los Datos Viales publicados por DGST de la SCT, se tomó el criterio de realizar los cálculos del diseño de la estructura del pavimento considerando un coeficiente de distribución de tránsito de 0.60 para el proyecto.

El cálculo de los espesores de las capas del pavimento se realizó para un nivel de confianza de 90%, nivel de rechazo de 2.5 y considerando los Valores Relativos de Soporte (V.R.S.) siguientes:

CAPA	VRS
De Terracería	8.20
De Subrasante	18.0
De la base	85.0

El plazo de ejecución de la obra se estima en un plazo de 6 meses, con frentes de trabajo suficientes para lograr un ritmo de trabajo constante y que garanticen lo especificado en los términos de referencia y la normativa vigente.

Es importante aclarar que los VRS considerados son los saturados y por lo tanto los más críticos, para tomar en cuenta la época de lluvias, que en esta zona del país es muy severa.

2.5. ESTUDIO VEHICULAR.

De acuerdo a la información editada por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, la cual incluye la información sobre el volumen y tipo de vehículos que circulan en la red de carreteras de nuestro país, se consideró, un Tránsito Diario Promedio Anual (TDPA) de 6428 vehículos en ambos sentidos y con la siguiente distribución vehicular.

TIPO DE VEHICULO	DESCRIPCION	PORCENTAJE
A	Automóviles	70.0
B	Autobuses	5.40
C2	Camiones Unitarios de dos ejes	6.10
C3	Camiones Unitarios de tres ejes	4.50
T3S2	Tractor de 3 ejes con semiremolque de 2 ejes	6.90
T3S3	Tractor de 3 ejes con semiremolque de 3 ejes	2.80
T3S2R4	Tractor de 3 ejes con semiremolque de 2 ejes y remolque de 4 ejes	1.80
Otros	Otros	2.50

Cabe mencionar que se realizaron estudios de campo (aforos) para poder corroborar los datos anteriormente mencionados, el aforo se realizó durante tres días consecutivos con observaciones de 10 horas efectivas por día; los puntos de monitoreo vehicular se aprecian en el croquis siguiente:



Se puede observar que el TDPA mayor se localizó en el punto que va de Papantla a Poza Rica con un tránsito diario promedio anual de 3970 vehículos en ambos sentidos. Para fines de diseño se optó por tomar los datos emitidos por parte de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes; ya que este se valora como el óptimo para diseño.

Asimismo se determinó la tasa de crecimiento, de acuerdo al historial de volúmenes anuales reportados en dichas publicaciones. Los métodos utilizados para el cálculo de la tasa de crecimiento fueron los siguientes:

MÉTODO	%
MÍNIMOS CUADRADOS	-7.07%
ANÁLISIS INTERACTIVO DE LA TASA DE CRECIMIENTO	3.00%
ANÁLISIS POR INCREMENTO ANUAL PROMEDIO DEL TRANSITO	-4.02%
CALCULO DE LA TASA SE CRECIMIENTO FORMULA DEL INTERÉS COMPUESTO	-6.38%



Como se puede observar existen tasas de crecimiento negativas, esto generado a la disminución vehicular que se fue dando anualmente; debido a que los usuarios optaron por otra alternativa para dirigirse al norte del estado (Autopista Totomoxtle - Tuxpan).

Para fines de diseño se optó por tomar una tasa de crecimiento del 3% esto como base en los datos estadísticos Nacionales.

2.5.1. Procedimiento para obtener el Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA).

1.- Calculo del tránsito diario inicial (TDI).

Para tal propósito, deberá comenzarse por establecer con base en estudios previos de tránsito, el número medio diario de vehículos que se han de esperar en el camino, durante el primer año de su operación. Este número se denomina Tránsito Diario Inicial (TDI) y su valor es el correspondiente al tránsito promedio diario anual (TPDA).

$$\text{TDI} = \text{TPDA}$$

2.- Calculo del número promedio diario de vehículos pesados en el carril de diseño, en una dirección (N).

Con base en datos de aforo y clasificación vehicular del tránsito válido al caso, ha de determinarse también el porcentaje de vehículos pesados que existirá en ese primer año llegando incluso a definir cuanto de ese porcentaje corresponde al carril del diseño. El propio instituto del asfalto, indica cual es la distribución de vehículos pesados que conviene considerar en el carril de diseño, en los diferentes casos.

$$\text{N} = \text{TDI} \times \text{A}/100 \times \text{B}/100$$



En donde:

A es el porcentaje de camiones pesados en dos direcciones. Se efectúa la suma del número de vehículos pesados (S VP), de acuerdo con la clasificación vehicular correspondiente y se calcula el porcentaje de vehículos pesados respecto al

$$\text{TPDA. B} = (\text{S VP} / \text{TDPA}) 100$$

B es el porcentaje de camiones pesados en el carril de diseño y se obtiene su valor de la siguiente tabla.

Porcentaje del tránsito total de vehículos pesados en dos direcciones que deberá considerarse en el carril de diseño.

NÚMERO TOTAL DE CARRILES EN LA CARRETERA	% DE CAMIONES A CONSIDERAR EN EL CARRIL DE DISEÑO
2	50
4	45 (oscila entre 35 y 48)
6 o más	40 (oscila entre 25 y 48)

3.- Cálculo del peso promedio de los vehículos pesados (Ppc).

$$Ppc = S (\text{No. De vehículos}) (\text{peso total vehículo}) / S VP$$

4.- Límite de carga legal por eje sencillo, establecido por las autoridades.

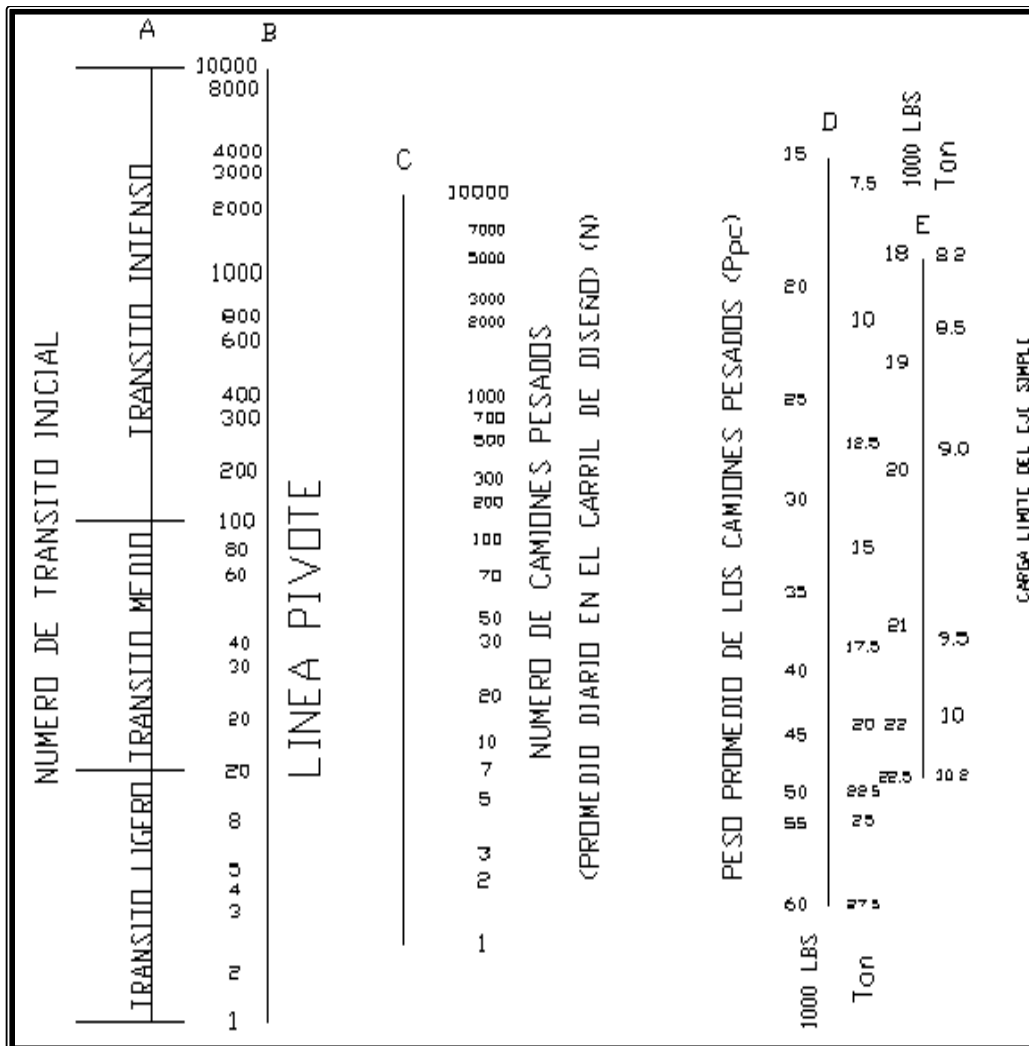
En México, se utiliza como estándar un eje sencillo, soportando una carga total de 8.2 Ton. (18000 lb), es decir, 4.1 Ton. Por rueda.



5.- Calculo del número de transito inicial (NTI).

Con toda la información anterior podrá establecerse el número de transito inicial (NTI), haciendo uso del monograma siguiente. El procedimiento para utilizar el monograma es el siguiente:

Fíjese en la escala del peso promedio de la carga de los camiones pesados (Ppc). Únase ese punto con el número de camiones pesados en el carril de diseño (N), sobre el eje (C) la línea anterior deberá prolongarse hasta cortar el eje (B). Fíjese ahora en el eje (E) el límite de carga legal para eje sencillo (8.2 Ton); ese punto deberá unirse con el anterior encontrando sobre el eje (B), y esa línea deberá prolongarse hasta el eje (A), sobre el que podrá leerse el (NTI).

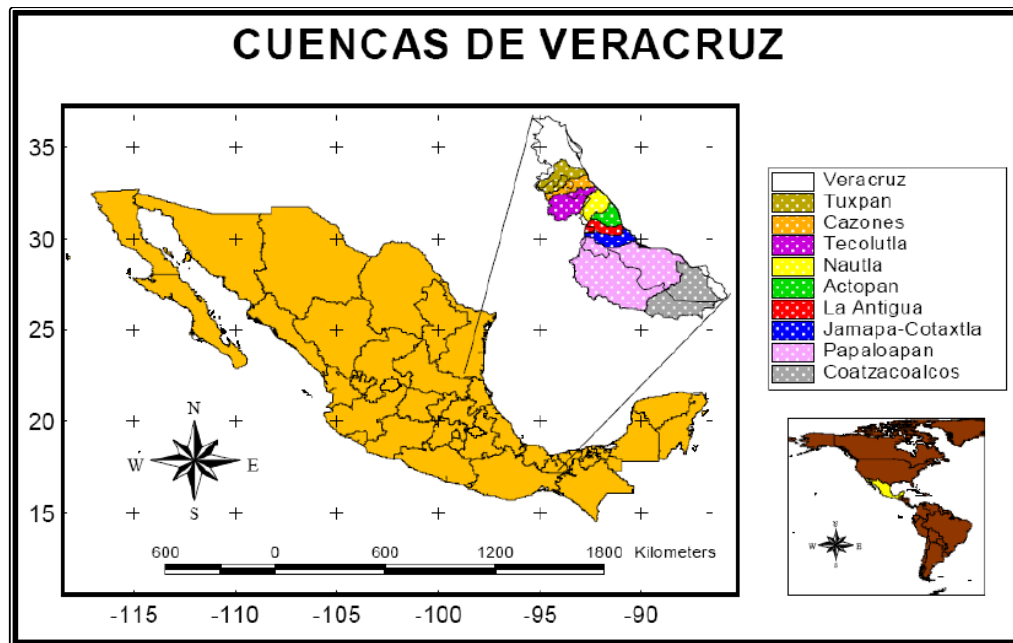


Carta de Análisis de Tránsito del Instituto Norteamericano del Asfalto.

2.6. ESTUDIO HIDROLÓGICO.

El estudio hidrológico tiene como objetivo conocer los caudales en régimen natural de la máxima crecida ordinaria y de otras avenidas (al menos las de 100 años) para cada uno de los tramos a estudiar: Los niveles alcanzados por la máxima crecida ordinaria, determinarán el terreno cubierto por las aguas.

Las inundaciones que son provocadas por escurrimientos superficiales. Éstas ocurren cuando el flujo generado sobre la superficie del terreno por una o varias tormentas es mayor que la capacidad hidráulica del tramo del cauce que lo conduce y concentrándose finalmente en aquellas partes con los valores menores de cota topográfica y pendiente del terreno.



Localización de las distintas cuencas en el Estado de Veracruz.

Por su situación geográfica, México es altamente vulnerable a dos de los fenómenos hidrometeorológicos cuyos efectos abarcan considerables extensiones de terreno, las sequías y las inundaciones. En el primero, los impactos mayores tienen lugar en el centro y norte del país, abarcando básicamente las dos terceras partes de la superficie del territorio con climas semiáridos y áridos. En cuanto a las inundaciones, la vertiente con mayor vulnerabilidad es la del Golfo de México, ya que es donde se genera más de la tercera parte del volumen total nacional de escurrimiento superficial.

Una de las variables básicas para la formación de aquellas tormentas que provocan las avenidas de alto potencial de inundación es la humedad atmosférica, la que se presenta en la república mexicana durante prácticamente todo el año debido a la presencia de sistemas atmosféricos que se originan tanto en las proximidades con el ecuador, como en las latitudes medias. Durante los meses de verano y otoño las costas del océano Pacífico y el Golfo de México se ven afectados por la ocurrencia de ciclones tropicales que nacen en la Zona de Convergencia Intertropical, ubicada al sur y sureste de México, donde se encuentran 4 de las 6 regiones generatrices de ciclones en el mundo. En el invierno y en la primavera, la mayor cantidad de humedad atmosférica proviene de los frentes que se asocian con los ciclones extra-tropicales que se forman en las latitudes medias y altas, al norte del país.



Localización de las inundaciones de mayor frecuencia de ocurrencia.

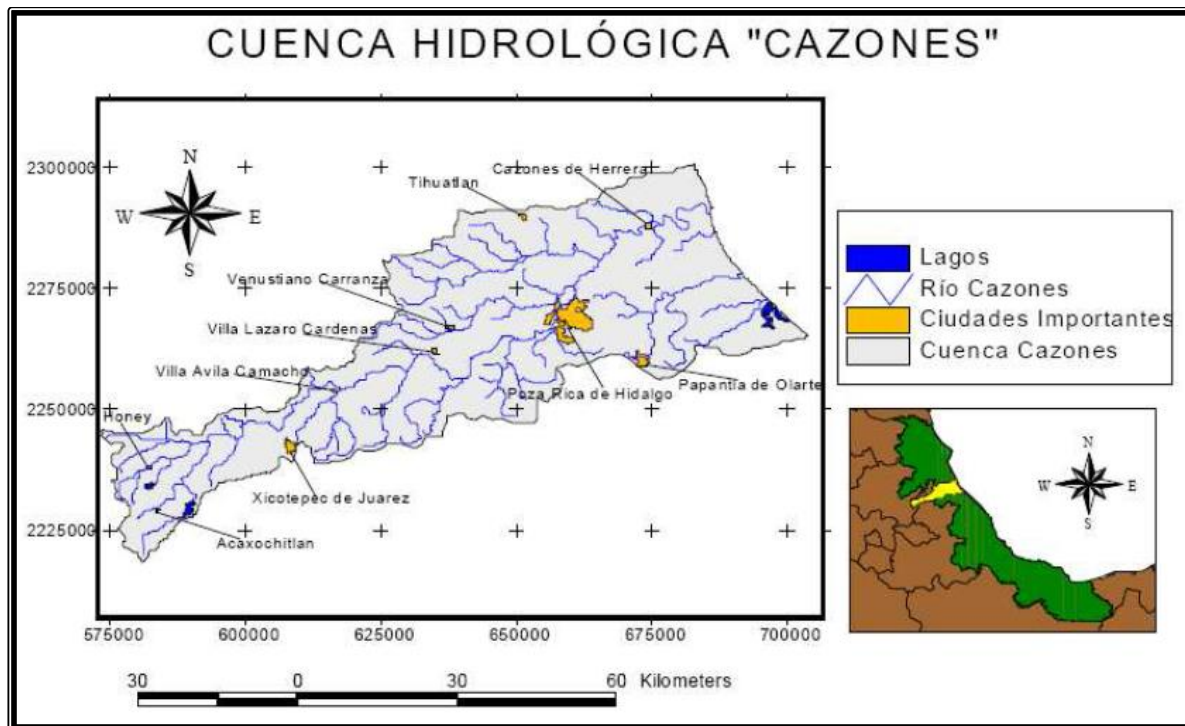
Cabe destacar que las tormentas de mayor intensidad en general ocurren en el verano y otoño. Por otro lado, el territorio nacional está formado por extensas cadenas montañosas, altiplanos, valles, mesetas, etc., elementos que finalmente condicionan la ocurrencia del escurrimiento superficial a través de sus vertientes, así como la infiltración, variables fundamentales de los sistemas hidrológicos superficiales y subterráneos.

2.6.1. Delimitación de Cuenca en Estudio.

A partir de la información cartográfica de topografía e hidrografía se llevó a cabo la delimitación de las unidades hidrológicas superficiales de interés.

Nuestro proyecto se encuentra localizado en la salida norte de la Cd. de Papantla de Olarte la cual tiene límites administrativos con los siguientes municipios, entidades, y/o accidentes geográficos, según su ubicación:

Norte: Cazones, Tihuatlán y Golfo de México. Sur: Estado de Puebla. Este: Gutiérrez Zamora, Tecolutla, y Martínez de la Torre Oeste: Poza Rica, Coatzintla, y Espinal.

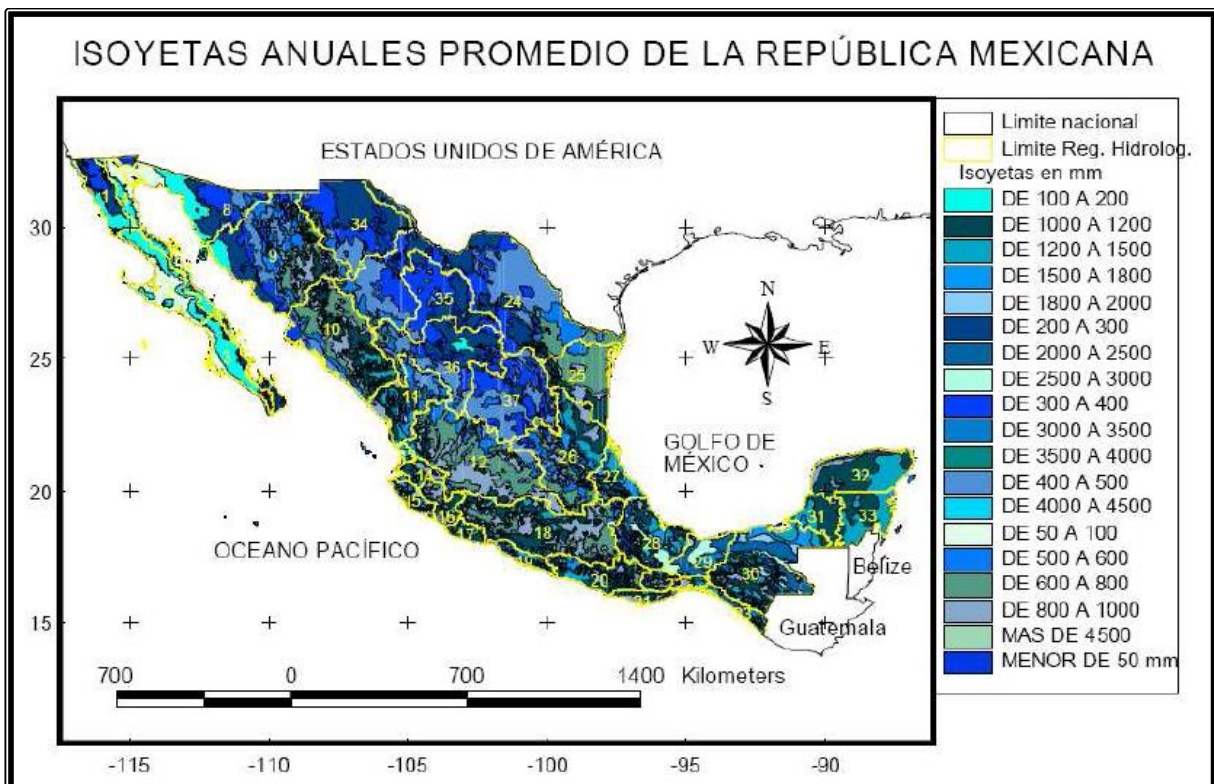
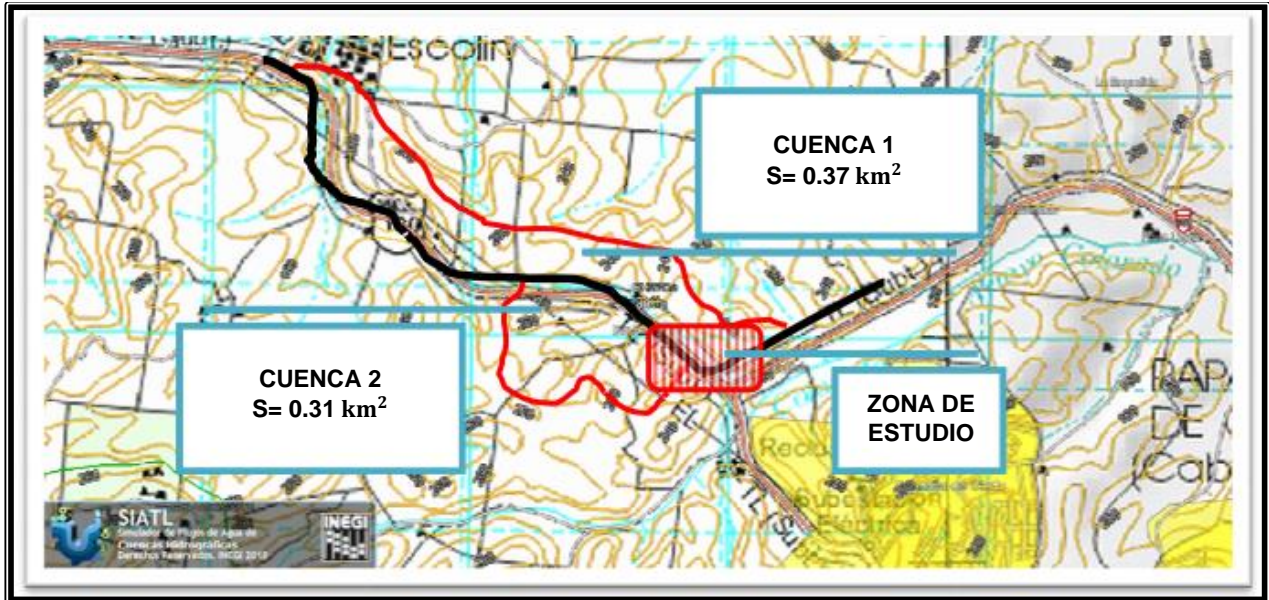


Cuenca del rio cazones donde se encuentra localizada la ciudad de Papantla.

El municipio posee una extensión territorial de 1,119.26 kilómetros cuadrados, colindando al norte con los municipios de Cazones de Herrera y Tihuatlán; al sur con Martínez de la Torre y con el Estado de Puebla; al este con el Golfo de México, Tecolutla y Gutiérrez Zamora y al oeste con Poza Rica, Coatzintla y Espinal. Se encuentra a una altura de 180 msnm, en las estribaciones de la Sierra Madre Oriental, zona llamada localmente Sierra de Papantla. Su clima

es cálido regular, con una temperatura promedio anual de 20.8 grados centígrados.

Localización de nuestra zona de estudio y delimitación de cuencas.





2.6.2. Análisis Hidrológico.

Mediante la ubicación de la zona de estudio y delimitación de las cuenca involucradas, se procede a realizar el análisis hidrológico mediante el método de Ven Te Chow, empleando las isoyetas publicadas la Secretaria de Comunicaciones y Transportes para periodos de retorno de 10, 20, 25, 50 y 100 año duraciones de 5, 10, 20, 30, 60, 120 y 240 minutos.

DATOS OBTENIDOS DE CÁLCULOS, EMPLEANDO EL MÉTODO DE VEN TE CHOW.

➤ **Cuenca 1:**

- ✓ Área: 0.37 km²
- ✓ Longitud del cauce: 1.85 km

PERIODOS DE RETORNO	DURACION						
	5	10	20	30	60	120	240
10	0.20	0.01	0.16	0.46	1.30	1.44	0.13
20	0.09	0.01	0.57	1.03	2.04	2.41	0.32
25	0.07	0.02	0.65	0.91	2.31	2.76	0.44
50	0.02	0.09	1.00	1.62	3.18	3.12	0.58
100	0.00	0.26	1.31	2.30	4.14	3.87	0.87

GASTO MAXIMO	4.14
--------------	------

➤ **Cuenca 2:**

- ✓ Área: 0.31 km²
- ✓ Longitud del cauce: 0.72 km

PERIODOS DE RETORNO	DURACION						
	5	10	20	30	60	120	240
10	0.26	0.01	0.20	0.52	1.09	1.21	0.11
20	0.12	0.02	0.74	1.16	1.71	2.02	0.27
25	0.09	0.03	0.85	1.01	1.93	2.31	0.37
50	0.03	0.15	1.31	1.81	2.67	2.61	0.48
100	0.00	0.43	1.70	2.57	3.47	3.25	0.73

GASTO MAXIMO	3.47
--------------	------



2.7. PROBLEMÁTICA DE LA ZONA DE ESTUDIO.

Después de analizar el resultado del Estudio de Transito de la zona y la información recabada, se presentan algunos puntos importantes en la definición de las alternativas de solución:

- Aumentar la seguridad de la vialidad, dado que este punto de conflicto, el cual presenta más de 4 accidentes en los últimos 4 años y en un periodo de 4 años un total de 17 accidentes, es un punto de acceso a una de las ciudades más importantes de la región.
- Proporcionar al usuario un tránsito fluido y constante, reduciendo los costos de operación de la vialidad.

2.7.1. Criterio de Mejoramiento.

Se evalúan mediante el criterio de rentabilidad económica. Se tienen como principales efectos los ahorros en costos de operación, disminución del tiempo de recorrido, aumento de la velocidad de operación. De la misma manera, una ruta alterna más corta o el mejoramiento en las especificaciones hacen abatir el tiempo de recorrido.

Los proyectos que mejoran la comunicación se dividen en dos tipos:

a.- El mejoramiento

De la carretera actual consiste en una ampliación de sus carriles o la rectificación de los alineamientos horizontales y verticales.

b.- El mejoramiento mediante una nueva ruta

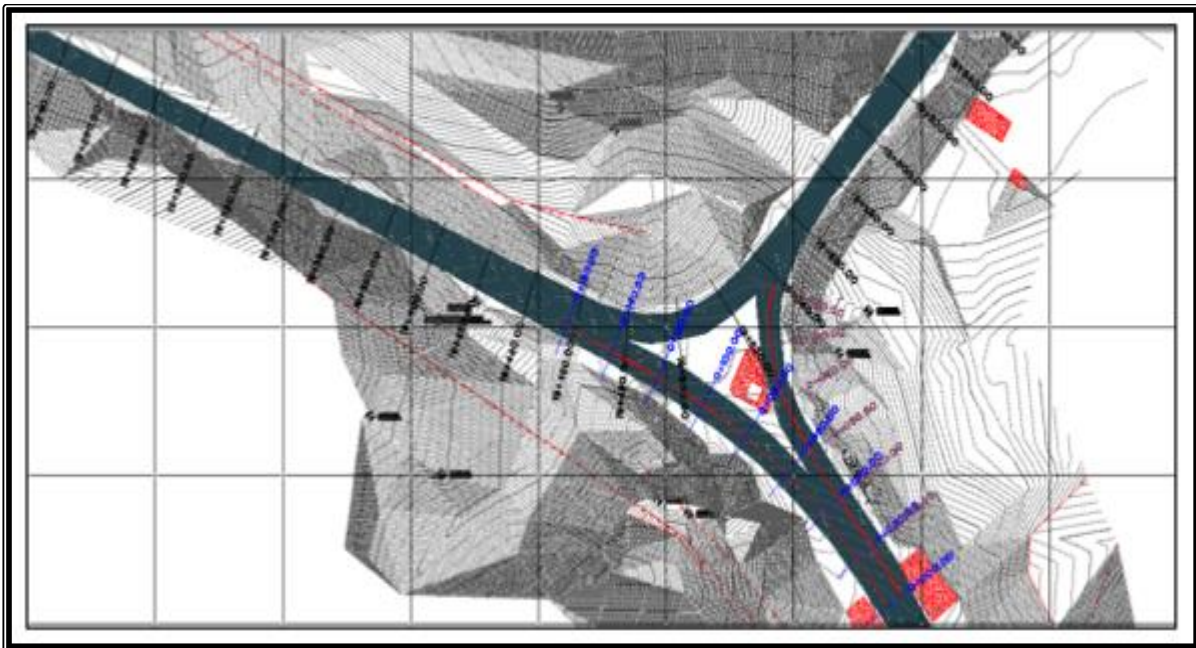
Consiste en generar una opción que una dos centros de población mejorando las características geométricas que contribuyan a obtener ahorros en el tiempo de recorrido, costos de operación, reducción de accidentes, etc. La información a recabar comprende el tránsito diario promedio anual, su tasa de crecimiento anual,

su composición vehicular, velocidad media de marcha, velocidad media de recorrido con y sin proyecto para determinar el ahorro de tiempo para los usuarios. Los costos de operación se obtienen para cada tipo de vehículo (automóvil, autobús y camión), y para los tipos de terreno y superficie de rodamiento actual y de proyecto y para cada velocidad de marcha. Deben quedar definidos el costo y tiempo de construcción mediante un presupuesto. Para las rutas alternas se requieren los mismos datos, incluyendo el TDPA para la nueva ruta, su tasa de crecimiento, su composición obtenida mediante estudios de origen y destino, cuantificación de tránsito desviado, etc.

2.8. SITUACIÓN ACTUAL DEL ENTRONQUE.

Un trazo principal con un trazo secundario que se incorpora en forma diagonal en el desarrollo de una curva horizontal formando un delta.

Este tipo de entronque se define como una intersección a nivel de tres ramas. El camino principal se indicará con línea ancha y el secundario en el que se tenga que hacer ALTO o CEDER EL PASO, con una línea 50% más angosta. El símbolo deberá indicar si las ramas entroncan por el lado derecho, el izquierdo o al frente.



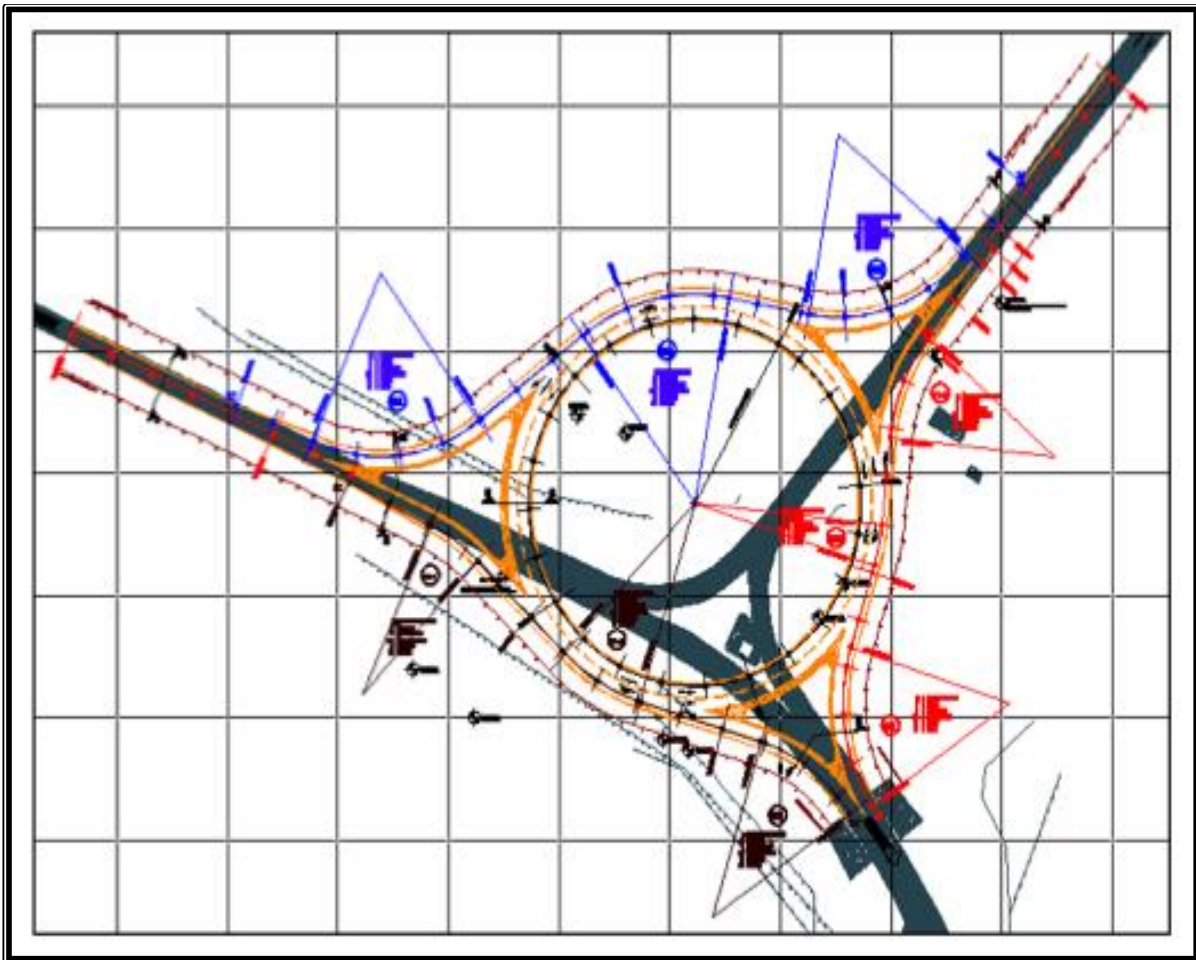
Entronque en estudio de 3 ramales, de tipo canalizada en forma de una delta.

2.9. ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN.

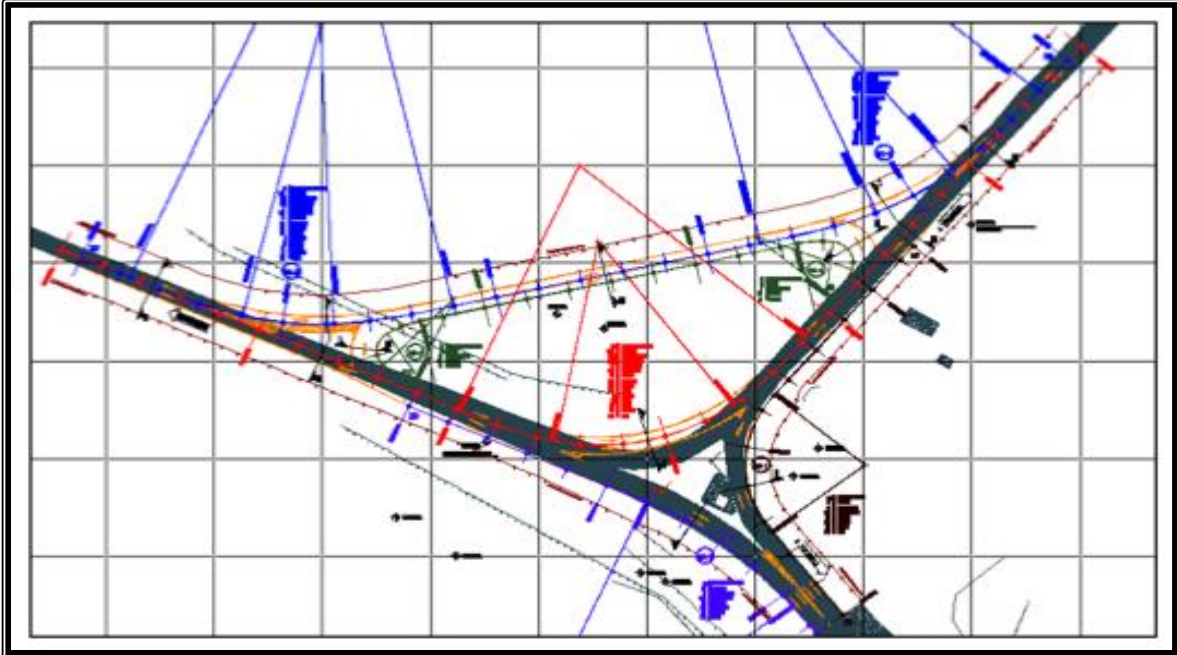
Las alternativas de solución presentadas, tratan en la medida de lo posible dar un incremento en los parámetros de seguridad, motivo por el cual nuestras alternativas de solución proponen una estructura geométrica, tal cual se muestra en los siguientes croquis.

Analizando cuidadosamente los puntos anteriores se obtuvieron las siguientes alternativas

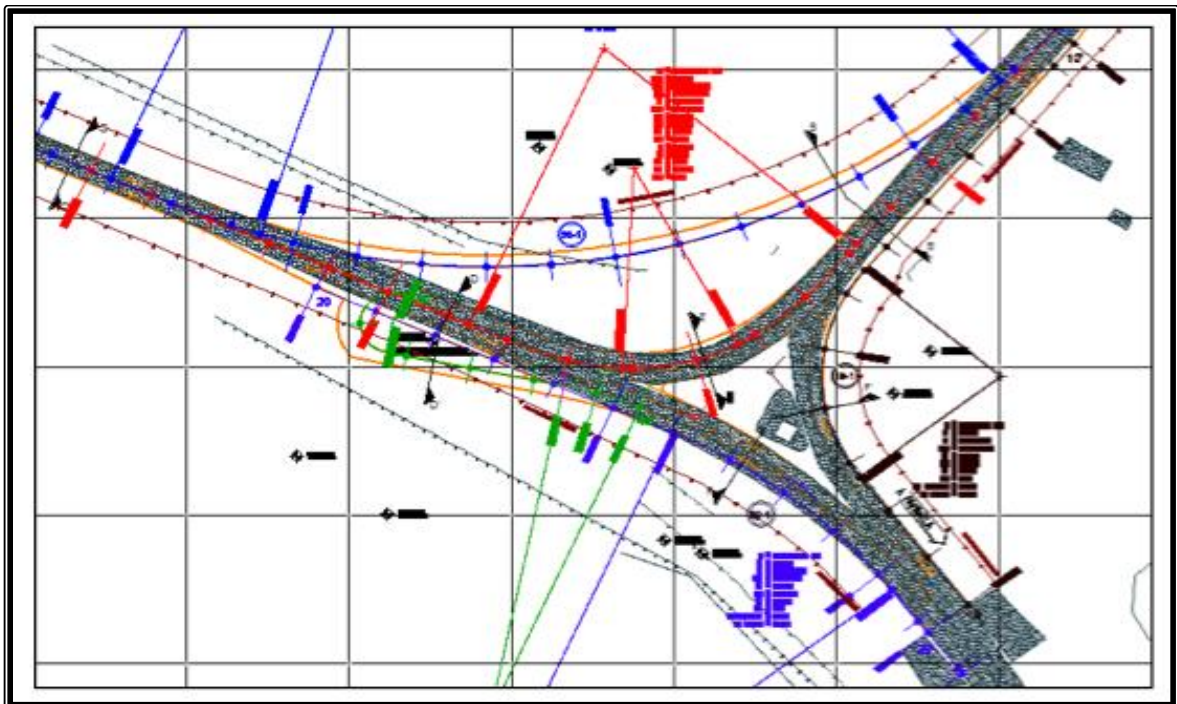
ALTERNATIVA N° 1.



ALTERNATIVA N° 2.



ALTERNATIVA N° 3.

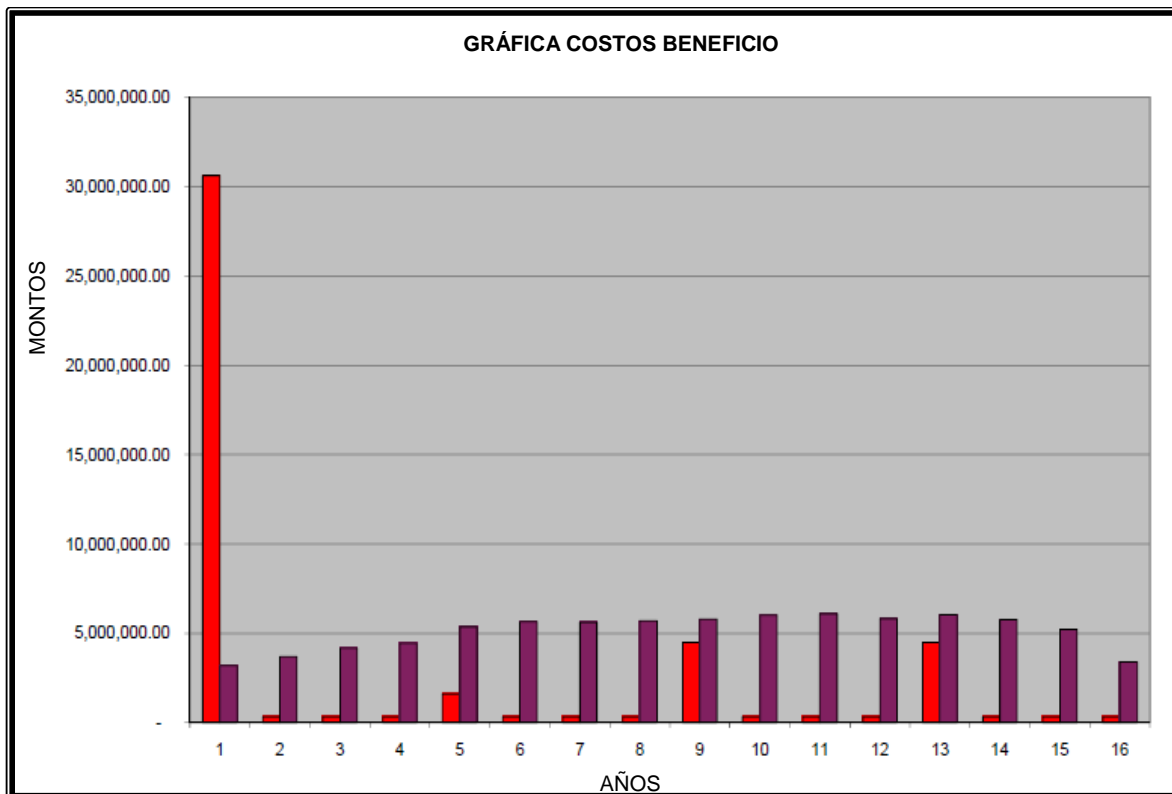




III. PROYECTO DEFINITIVO

3.1. SELECCIÓN DE ALTERNATIVA.

El proyecto definitivo tomo como punto más importante el Geométrico, por lo que se optó por la alternativa de solución número 1, la cual cumple con los requerimientos geométricos adecuados para solventar la problemática de la zona, además de los resultados obtenidos en el análisis Costos – Beneficio, los cuales fueron más favorables para esta alternativa.



Valor presente anual en el año cero = Beneficios anuales - Costos anuales que varían de 0 a 15 años.
Con una estrategia de conservación Periódica al 4°, 8° y 12° año.

3.1.1. Conservación.

De acuerdo al Programa de Obras a Contrato publicado por la SCT. Uno de los Objetivos principales es Impulsar y apoyar la conservación de los caminos rurales, por lo que una parte de la distribución de recursos debe considerarse para tal efecto.

Se define como el conjunto de actividades que se ejecutan para mantener

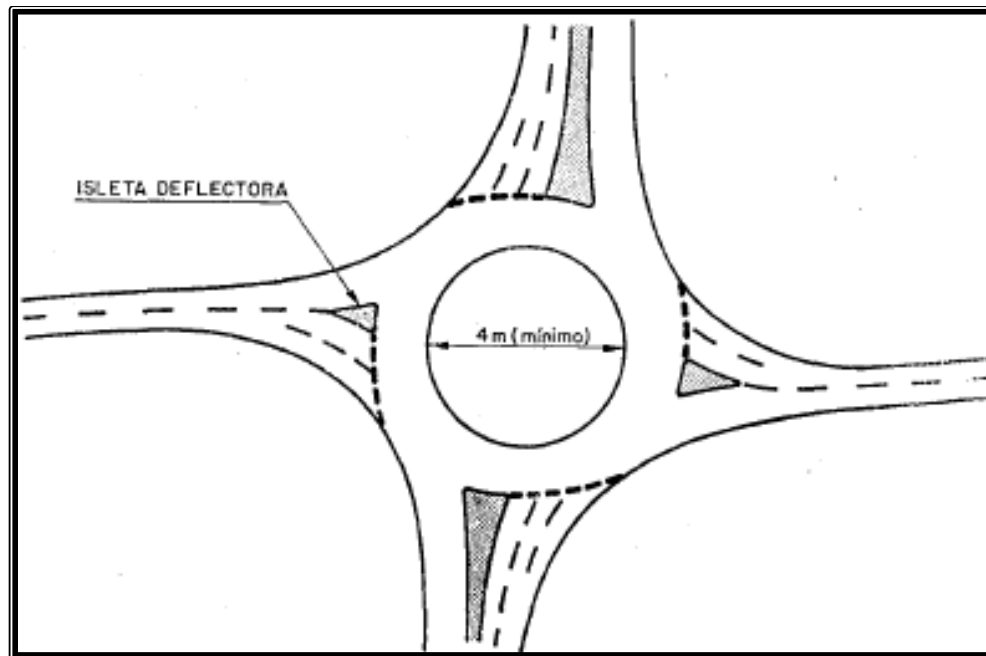
las condiciones de transitabilidad de la red rural y alimentadora y prevenir el deterioro ocasionado por el uso y por los agentes climatológicos. Existen dos tipos de conservación:

- Rutinaria:** Son las acciones que se realizan fuera del cuerpo del camino, como deshierbe, desmonte, extracción y remoción de derrumbes, relleno de deslaves, limpieza y reparación de obras de drenaje, señalamiento vertical, etc.

- Periódica:** Son aquellas acciones que se llevan a cabo en el cuerpo del camino, como renivelación, revestimiento, bacheo, afinamiento, amacice y/o abatimiento de taludes, señalamiento horizontal, etc.

3.2. PROYECTO GEOMÉTRICO.

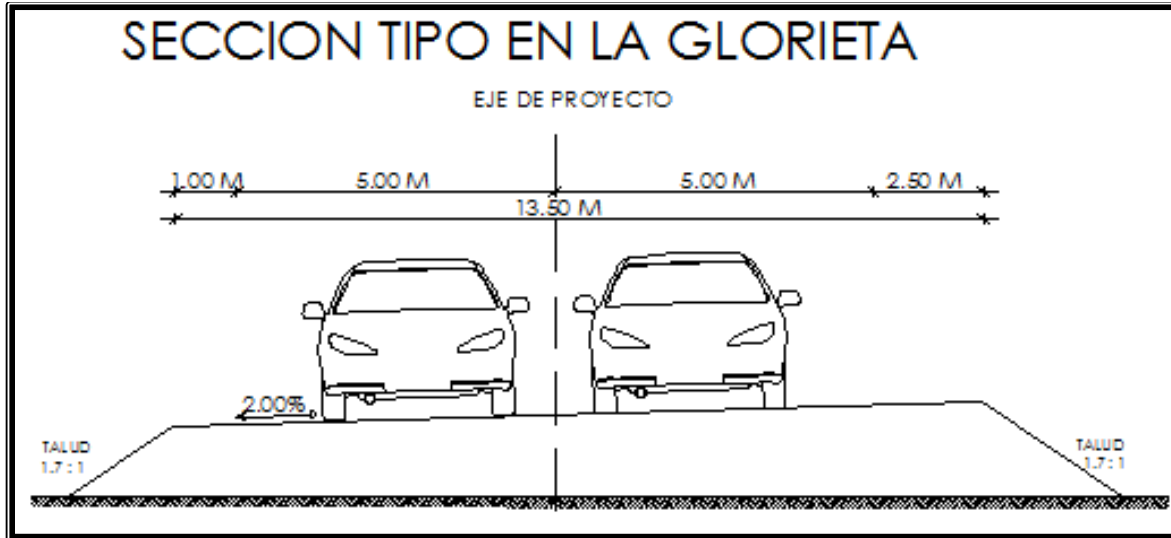
Esté proyecto consiste en la construcción de una glorieta de tipo normal, la cual permitirá un flujo continuo de vehículos, complementado por los dispositivos de señalamiento.



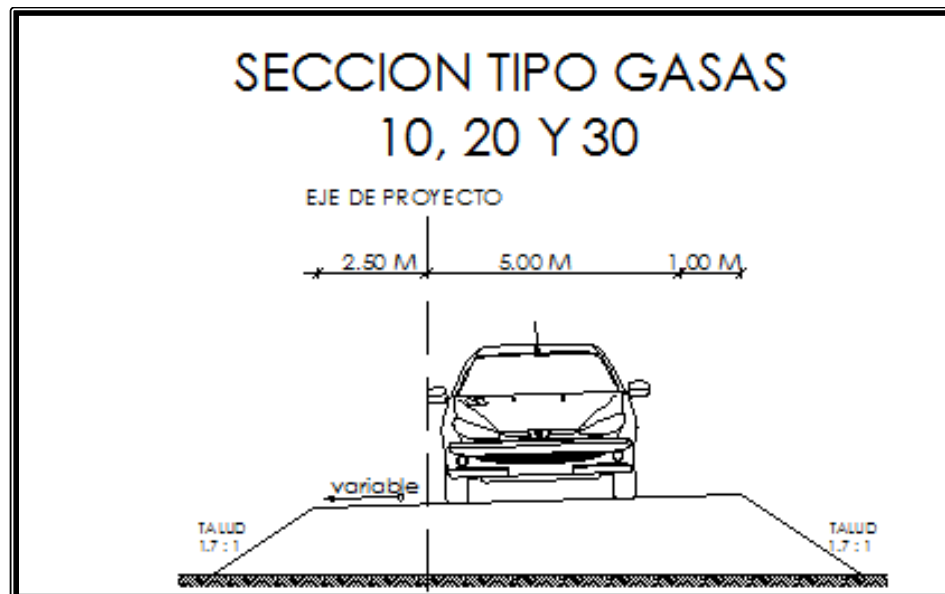
Intersección tipo Glorieta.

La alternativa de solución seleccionada, consiste en una reestructuración de la geometría existente, mediante la implementación de una glorieta, con una velocidad operativa de 50 km/hora y un radio de diseño de 80 mts. Al eje de la

misma, con una sobre-elevación máxima de 6.0%. y una sección transversal de 2 carriles de 5.00 m. un acotamiento interior de 1.0 m. y un acotamiento exterior de 2.50 m., es decir un ancho total de 13.50 m.



Esta glorieta contará con 3 ramas de intersección con sus respectivas entradas y salidas, con radios de 75.0 m. y una sobre-elevación máxima de 6.0% para una velocidad de 50 km/hora, con una corona con un ancho igual a los 8.50m.



Para poder entender los criterios que se utilizaron para poder elegir la mejor solución a la problemática y mejorar las condiciones del proyecto ya existente, es necesario definir algunos elementos:



3.2.1. Alineamiento Horizontal.

Es la proyección sobre un plano horizontal del eje del camino, está integrado por una serie de rectas unidas por curvas circulares simples, curvas espirales y curvas espirales de transición. Para este caso se tienen curvas circulares espirales de transición, las cuales están formadas por dos curvas de transición y una curva circular simple. Si no que se sienta incitado a hacerlo así, para eso se necesita que haya curvas espirales de transición, teniendo las siguientes ventajas:

1) Dan a los conductores una trayectoria que se puede seguir natural y fácilmente, de tal manera que la fuerza centrífuga aumenta y disminuye gradualmente conforme el vehículo entra y sale de una curva circular.

2) La longitud de la curva de transición proporciona la disposición conveniente para el cambio de la pendiente transversal normal del camino (bombeo) y la sección totalmente sobre elevada en la curva (sobre-elevación máxima); para mantener su vehículo sobre la tangente.

3) La ampliación que se da en una curva circular, la curva espiral facilita la transición para dar ese ancho que varía linealmente hasta el inicio de la curva circular.

4) La apariencia de un camino se mejora mediante la aplicación de curvas espirales. Las curvas espirales de transición, son una parte esencial de un alineamiento que tenga fluidez natural y que aparezca agradable y correctamente a las condiciones y características del camino.

3.2.2. Alineamiento Vertical.

Una vez nivelada la línea definitiva y teniendo dibujado el perfil a escala horizontal y vertical, se procede a realizar el alineamiento vertical del proyecto definitivo, el cual se define como la proyección del eje de la sub corona, llamada subrasante, sobre un plano vertical, el cual está integrado por tangentes y curvas verticales.

Dentro de le proceso a seguir en el alineamiento vertical se tiene que considerar las siguientes características:



a) El perfil definitivo de un camino lo forman una serie de pendientes de líneas rectas, se han fijado las pendientes máximas que pueden sostener a lo largo de un tramo sin detrimento de la buena operación.

b) Las tangentes verticales se caracterizan por su longitud y su pendiente y están limitadas por dos curvas sucesivas, y la pendiente es la relación del desnivel entre la distancia. Se definirá los tipos de pendientes:

- ✓ **Pendiente gobernadora.** Es la pendiente media que teóricamente se le da a la línea subrasante y está en función de las características del tránsito y la configuración del terreno a lo largo de la ruta.
 - ✓ **Pendiente máxima.** Es la mayor que se permite en el proyecto, queda determinada principalmente por la configuración del terreno y el tipo de carretera. Solo en ocasiones especiales se pueden utilizar pendientes hasta del 12 % como por ejemplo entronques, rampas, tramos cortos, etc.
 - ✓ **Pendiente mínima.** Está pendiente generalmente en zonas relativamente planas, se fija principalmente para permitir el drenaje longitudinal en cortes y terraplenes.
 - ✓ **Longitud crítica de una tangente y longitud máxima de pendiente.** Es la longitud máxima en la que un camión cargado puede ascender sin reducir su velocidad más allá del límite establecido, queda definida por; el vehículo proyecto, la configuración del terreno y el volumen, así como la composición del tránsito. En terreno montañoso es preciso el enlace de pendientes mayores del 0.5 % mediante curvas verticales:
- Las curvas verticales parabólicas, son el paso gradual de la tangente de entrada a la tangente de salida, debiendo de dar por resultado un camino de operación seguro y confortable, apariencia agradable y con características de drenaje adecuadas.



3.3. ENTRONQUES A NIVEL.

Un entronque a nivel permite al conductor efectuar oportunamente las maniobras necesarias para la incorporación o cruce de las corrientes de tránsito. Las formas que adoptan los entronques son de tres ramas, de cuatro ramas, de ramas múltiples y de tipo *Glorieta*. Una clasificación más amplia incluirá otras variedades como entronques simples, con carriles adicionales y canalizados. Numerosos factores entran en la selección del tipo de entronque y en el tamaño del mismo.

Los de mayor importancia son el volumen horario de proyecto de las vialidades que se intersectan, su índole y composición y la velocidad de proyecto. Las características del tránsito y la velocidad de proyecto afectan muchos detalles del diseño, pero tratándose de seleccionar el tipo de entronque, revisten menos importancia que el volumen del tránsito. Los volúmenes de tránsito, actuales y futuros, son de suma importancia respecto a los movimientos directos y de vuelta.

Las condiciones locales y el costo del derecho de vía influyen al seleccionar el tipo de entronque. Una distancia de visibilidad limitada, puede hacer necesario el control del tránsito mediante señales o semáforos. El alineamiento y la pendiente de las vialidades que constituyen la intersección y los ángulos de la misma, pueden llevar a la consideración de canalizar o emplear áreas auxiliares pavimentadas, independientemente de la densidad del tránsito.

Al diseñar los entronques debe considerarse cuidadosamente su apariencia a la vista del conductor. Debe también considerarse la combinación entre los alineamientos horizontal y vertical.

3.3.1. Alineamiento de los Entronques.

Los entronques presentan áreas de conflicto y constituyen peligros potenciales. El alineamiento y las condiciones del cruce deben permitir al conductor discernir con claridad sobre las maniobras necesarias para pasar por un entronque con plena seguridad, ocasionando la mínima interferencia. Para ello, el alineamiento horizontal deberá ser lo más recto y el vertical con las mínimas pendientes posibles. De la misma manera, la distancia de visibilidad deberá ser igual o mayor al mínimo asignado para condiciones específicas de entronques.



3.3.2. Tipos de Entronques a Nivel

En cada caso particular, el tipo de un entronque a nivel se determina tanto por la topografía y el uso del suelo, como por las características del tránsito y el nivel de servicio deseado. Se clasifica principalmente en base a su composición, número de ramas que convergen a ella.

Las Intersecciones a nivel tienen una inmensa posibilidad de variación, ya que no existen soluciones de aplicabilidad general.

No es práctico ni es posible presentar todas las variaciones existentes y, por lo tanto, se considerará suficiente presentar aquellos tipos necesarios para cubrir, en general, la vasta gama de posibilidades que puedan ocurrir.

1.-Entronques de tres ramas. Estos entronques adoptan la forma de “T” o de “Y”.

- Entronques simples y con carriles adicionales.
- Entronques canalizados.
- Entronques canalizados con circulación en los enlaces en ambos sentidos.
- Entronques con alto grado de canalización.

2.-Entronques de cuatro ramas. Estos entronques adoptan la forma de “x” o de “+”.

- Entronques simples y con carriles adicionales.
- Entronques canalizados.
- Entronques con alto grado de canalización.

3.-Entronques de ramas múltiples (más de cuatro ramas). Estos entronques adoptan la forma de estrella.

4.-Glorietas.

Cada uno de estos tipos básicos puede variar considerablemente en forma, desarrollo o grado de canalización, de acuerdo a esto, son:

3.3.3. Tipos Básicos de Intersección.

				ESPECIALES
ROTONDA		EN ESTRELLA		
			INTERSECCIÓN EN X	DE CUATRO RAMALES
CANALIZADA	ENSANCHADA	SIMPLE		
			INTERSECCIÓN EN +	DE TRES RAMALES
CANALIZADA	ENSANCHADA	SIMPLE		
			EMPALME EN Y	DE TRES RAMALES
CANALIZADAS		SIMPLE		
			EMPALME EN T	DE TRES RAMALES
CANALIZADAS	ENSANCHADA	SIMPLE		



3.4. ESPECIFICACIONES BÁSICAS DEL PROYECTO.

3.4.1. Clasificación de las Carreteras.

De acuerdo SCT, se propone la siguiente clasificación funcional de las carreteras mexicanas de acuerdo a su TDPA (transito diario promedio anual) para fines de proyecto geométrico.

TIPO	TDPA	CAMINO
Especial A4	De 5,00 a 20,000	Autopistas
Especial A2	De 3,00 a 5,000	Autopistas
B	De 1,500 a 3,000	
C	De 500 a 1,500	Penetración económica
D	De 100 a 500	
E	Hasta 100	Camino rural

El Tipo Especial requieren de un estudio detallado, pudiendo tener corona de dos o de cuatro carriles en un solo cuerpo, designándoles A2 y A4, respectivamente, o empleando cuatro carriles en dos cuerpos diferentes designándoseles como A4S.

3.4.1.1. Clasificación por su Transitabilidad.

La clasificación por su transitabilidad corresponde a las etapas de construcción de las carreteras y se divide en:

- Terracerías: cuando se ha construido una sección de proyecto hasta su nivel de subrasante transitable en tiempo de secas.
- Revestida: cuando sobre la subrasante se ha colocado ya una o varias capas de material granular y es transitable en todo tiempo.
- Pavimentada: cuando sobre la subrasante se ha construido ya totalmente el pavimento.

3.4.1.2. Clasificación Administrativa.

Por el aspecto administrativo las carreteras se clasifican en:



1. Federales: cuando son costeadas íntegramente por la federación y se encuentran por lo tanto a su cargo.
2. Estatales: cuando son construidos por el sistema de cooperación a razón del 50% aportados por el estado donde se construye y el 50% por la federación. Estos caminos quedan a cargo de las antes llamadas juntas locales de caminos.
3. Vecinales o rurales: cuando son construidos por la cooperación de los vecinos beneficiados pagando estos un tercio de su valor, otro tercio lo aporta la federación y el tercio restante el estado. Su construcción y conservación se hace por intermedio de las antes llamadas juntas locales de caminos y ahora sistema de caminos.
4. De cuota: las cuales quedan algunas a cargo de la dependencia oficial descentralizada denominada Caminos y Puentes Federales de Ingresos y Servicios y Conexos y otras como las autopistas o carreteras concesionadas a la iniciativa privada por tiempo determinado, siendo la inversión recuperable a través de cuotas de paso.

3.4.1.3. Clasificación Técnica Oficial.

Esta clasificación permite distinguir en forma precisa la categoría física del camino, ya que toma en cuenta los volúmenes de tránsito sobre el camino al final del periodo económico del mismo (20 años) y las especificaciones geométricas aplicadas. En México la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (S.C.T.) clasifica técnicamente a las carreteras de la manera siguiente:

- a) Tipo especial: Para tránsito promedio diario anual superior a 3,000 vehículos, equivalente a un tránsito horario máximo anual de 360 vehículos o más (o sea un 12% de T.P.D.) estos caminos requieren de un estudio especial, pudiendo tener corona de dos o de cuatro carriles en un solo cuerpo, designándoles A2 y A4, respectivamente, o empleando cuatro carriles en dos cuerpos diferentes designándoseles como A4, S.

- Tipo A:

Para un tránsito promedio diario anual de 1,500 a 3,000 equivalentes a un tránsito horario máximo anual de 180 a 360 vehículos (12% del T.P.D.).



- Tipo B:

Para un tránsito promedio diario anual de 500 a 1,500 vehículos, equivalente a un tránsito horario máximo anual de 60 a 180 vehículos (12% de T.P.D.)

- Tipo C:

Para un tránsito promedio diario anual de 50 a 500 vehículos, equivalente a un tránsito horario máximo anual de 6 a 60 vehículos (12% del T.P.D.)

En la clasificación técnica anterior, que ha sufrido algunas modificaciones en su implantación, se ha considerado un 50% de vehículos pesados igual a tres toneladas por eje. El número de vehículos es total en ambas direcciones y sin considerar ninguna transformación de vehículos comerciales a vehículos ligeros. (En México, en virtud a la composición promedio del tránsito en las carreteras nacionales, que arroja un 50% de vehículos comerciales, de los cuales un 15% está constituido por remolques, se ha considerado conveniente que los factores de transformación de los vehículos comerciales a vehículos ligeros en caminos de dos carriles, sea de dos para terreno plano, de cuatro en lomeríos y de seis en terrenos montañosos.)

3.4.2. Velocidad de Proyecto.

La normativa mexicana más reciente define velocidad de proyecto como la velocidad máxima a la cual los vehículos pueden circular con seguridad sobre un tramo carretero y que se utiliza para su diseño geométrico.

En otras palabras, la velocidad de proyecto es una elección, la cual deberá ser congruente con el tipo de carretera, y sirve para determinar los diferentes elementos de diseño geométrico. Este concepto se establece a partir de dos principios básicos: 1) que todas las curvas de un tramo se proyecten para la misma velocidad; y 2) que la velocidad de proyecto refleje la velocidad a la que un porcentaje elevado de los conductores desea circular. Por esa razón, en la clasificación funcional de carreteras propuesta, se incluyen los siguientes rangos de velocidad de proyecto más reducidos:

- De 80 a 110 km/h para autopistas y vías rápidas,
- De 70 a 110 km/h para arterias,
- De 60 a 100 km/h para colectoras,
- De 50 a 80 km/h para locales, y
- De 30 a 70 km/h para brechas.



3.4.3. Vehículos de Proyecto.

Es necesario conocer las principales características que son necesarias para determinar el diseño del espesor de la carpeta asfáltica, por lo que una de ellas son las cargas que efectuaran presión sobre ella, por lo que es imposible tomar para este tipo de proyecto un vehículo en particular, es por ello que se toman características promedio.

CLASE	NOMENCLATURA
AUTOMÓVIL	A
AUTOBUS	B
CAMION UNITARIO	C
CAMION REMOLQUE	CR
TRACTOCAMION ARTICULADO	TS
TRACTOCAMION DOBLEMENTE ARTICULADO	TSR y TSS

Las características que se deben tomar en cuenta para el diseño de una vialidad son las geométricas y las de operación. Las primeras se refieren a todo lo que son las dimensiones y el radio de giro, mientras que las segundas van a estar regidas por la relación peso/potencia.

La selección de un vehículo de proyecto tiene un importante punto de apoyo en la ejecución y costo de la vía. El uso de vehículos de proyecto más grandes implica instalaciones con mejor circulación y características de seguridad, mientras que el uso de un vehículo de proyecto más pequeño da por resultado costos menores en cuanto a construcción e impacto al medio ambiente.

Escoger un vehículo de proyecto de tamaño adecuado, generalmente requiere de un compromiso entre ejecución y costo.

Los vehículos se pueden clasificar en ligeros y pesados. Esta clasificación está regida por el número de ejes que poseen y por la capacidad de carga que tienen.

Clasificación de los Vehículos.

TIPO DE VEHICULO	NUM. DE EJES	ESQUEMAS		SIMBOLO	PORCENTAJE RESPECTO AL TOTAL DE CAMIONES	PORCENTAJE RESPECTO AL TOTAL DE VEHICULOS	
		PERFIL	PLANTA				
VEHICULOS LIGEROS	2	AUTOMOVILES		Ap	—	46	58
		CAMIONETAS		Ac		12	
VEHICULOS PESADOS	2	AUTOBUSES		B	—	12	100 30 42
	3	CAMIONES		C2	73		
				C3	13		
				T2-S1			
	4		T2-S2	7			
	5		T3-S2	7			
			T2-S1-R2				
			OTRAS COMBINACIONES				
VEHICULOS ESPECIALES	CAMIONES Y/O REMOLQUES ESPECIALES		VARIABLE	E ⁿ n = variable	VARIABLE		
	MAQUINARIA AGRICOLA						
	BICICLETAS Y MOTOCICLETAS						
	OTROS						

El vehículo de proyecto es un automotor seleccionado con las dimensiones y características operacionales usadas para determinar ciertas características de proyecto para vialidades, tales como ancho de la vía sobre tangentes y curvas, radios de curvatura horizontal y alineamiento vertical.

3.5. CRITERIOS DE SELECCIÓN PARA DISEÑO.

El diseño de los entronques toma en cuenta el tránsito, la topografía, el tipo de caminos que hay que enlazar, la arquitectura, los carriles de aceleración y



desaceleración y todos los temas que influyen en el diseño. Se hace en forma preliminar durante la etapa en la cual se hace también el diseño del trazo definitivo de la carretera. En esa etapa se tiene la topografía restituida de los vuelos bajos y con curvas de nivel a cada metro.

Se deben estudiar en principio, y tentativamente, varias alternativas para seleccionar una o más para un estudio más detallado.

En cualquier tipo de vía se debe procurar con el proyecto de una intersección una mayor seguridad, así como el mantener una velocidad adecuada en la vía principal.

Para el efecto se deben seguir dos criterios o principios básicos:

- Sencillez
- Uniformidad

La Sencillez se logra cuando todos los movimientos permitidos son fáciles y evidentes y los prohibidos o no deseados sean difíciles o imposible de realizar. También cuando los esquemas funcionales siguen las trayectorias vehiculares naturales.

La uniformidad se pierde, por ejemplo, cuando en una serie de intersecciones con carril de espera para giro a la izquierda se intercala una intersección con una vía de enlace u oreja para la misma maniobra.

El diseño del entronque en esta etapa se tenía, prácticamente, definitivo, a no ser por las dudas en cuanto a la precisión de la topografía.

Ya se había establecido el ancho de corona, el alineamiento horizontal y vertical, datos de curvas horizontales y verticales, etc., quedando pendiente para esta etapa solo la elaboración de los perfiles con la topografía levantada en campo, las secciones transversales de construcción y el cálculo de volúmenes de cada gaza.

Para el diseño de entronque debe contarse con el estudio geotécnico correspondiente, mediante el cual se puede conocer la inclinación de taludes de los cortes, el terreno natural sobre el que se desplantarán los terraplenes, los bancos de materiales para la construcción de terracerías y los espesores especificados para las capas de terracería y de pavimento. El diseño geométrico en esta etapa termina con la elaboración de los diagramas de movimiento de tierras correspondientes a cada una de las gasas.



Un diseño especial para los entronques es el del señalamiento. En una planta del entronque se estudia la necesidad de señales, las cuales deben ubicarse a las distancias adecuadas para informar a los usuarios de la cercanía de un entronque, de los destinos a los que se puede ingresar, la distancia a que se encuentran esos destinos, el número de las carreteras, si son libres o de cuota, etc.

También debe guiarse al usuario del entronque regulando su velocidad, introduciéndolo a los carriles de desaceleración correspondientes y proporcionándole un acceso seguro a la nueva carretera. El señalamiento debe diseñarse de acuerdo a las normas SCT.

El diseño debe cuidar de la ubicación precisa de la señal en sitios muy visibles pero sin constituir un obstáculo que pueda representar algún peligro, lo cual también está previsto en las Normas.

3.6. ELABORACIÓN DE PROYECTO EJECUTIVO.

El proyecto ejecutivo consiste en la elaboración de los planos constructivos. En primer lugar se tiene el plano de la planta general del entronque, el cual presenta el entronque completo en todo su conjunto. En una sección de este plano se muestra la topografía detallada del sitio y la ubicación del entronque y de todas las carreteras que enlaza.

En otra parte del plano se presenta la planta del entronque con todo el detalle de su geometría, es decir con los datos precisos de sus curvas horizontales, anchos y sobre anchos de calzada, referencias topográficas y tablas con datos geométricos para que la planta del entronque pueda ser reproducida en campo durante la construcción cuantas veces sea necesario. En este plano también se presenta el resumen con los volúmenes totales de obra desglosado en sus diferentes conceptos, como corte, terraplén, pavimento, etc.

En planos diferentes se presenta para cada una de las gazas del entronque un plano con la planta, perfil y secciones de construcción, cada uno de estos conceptos se muestra con toda la información similar a la presentación de los planos de kilómetro del proyecto del trazo definitivo; por ejemplo, el perfil tiene las elevaciones del terreno natural, de la subrasante, los datos de geotecnia, un diagrama de movimiento de tierras con la indicación de la ubicación del banco o bancos de materiales, la ubicación de bancos de nivel y referencias, así como toda la información necesaria para la construcción del entronque.



IV. TRABAJOS DE MEJORAMIENTO.

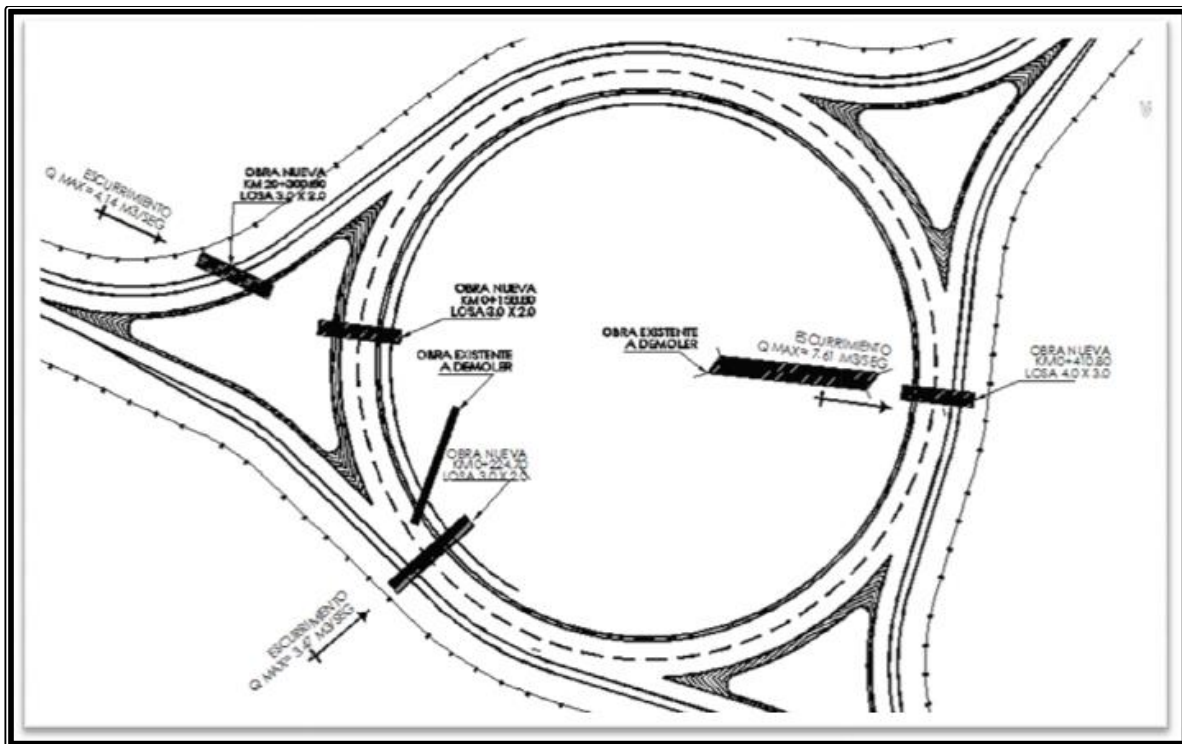
4.1. OBRAS DE DRENAJE MENOR.

Las obras de drenaje son elementos estructurales que eliminan la inaccesibilidad de un camino, provocada por el agua o la humedad.

Los objetivos primordiales de las obras de drenaje son:

- Dar salida al agua que se llegue a acumular en el camino.
- Reducir o eliminar la cantidad de agua que se dirija hacia el camino.
- Evitar que el agua provoque daños estructurales.

En nuestro caso se plantean 4 obras de drenaje menor, 2 que darán a salida a la cuenca denominada como No. 1, una que dará salida a la cuenca No. 2 y una que desalojara el acumulado de las 2 cuencas, tal cual se muestra en el siguiente croquis:



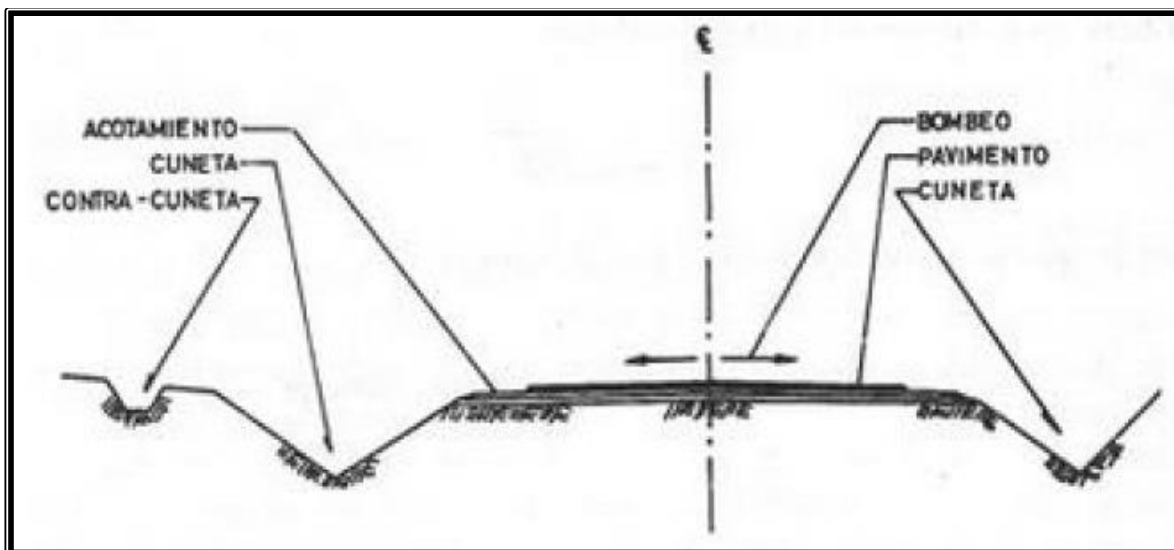
Obras de Drenaje Menor.

Partiendo y tomando como base el **Análisis hidrológico** incluido en el Capítulo II. Estudios Previos y Alternativas., donde se determinó que los gastos máximos para las cuencas que intervienen en nuestra zona de estudio son de

$Q_{\max}=4.14 \text{ m}^3/\text{seg}$, para la cuenca No. 1 y $Q_{\max}= 3.47 \text{ m}^3/\text{seg}$ para la cuenca No. 2; se plantean las siguientes secciones de drenaje transversal.

4.1.1. Obras Complementarias de Drenaje Menor.

Las cunetas son zanjas revestidas de concreto que se hacen a ambos lados de los caminos con el propósito de recibir y conducir el agua pluvial de la mitad del camino (o de todo el camino en las curvas), el agua que escurre por los cortes y a veces la que escurre de pequeñas áreas adyacentes. Cuando las cunetas pasan del corte al terraplén, se prolongan a lo largo del pie del terraplén dejando una berma convencional entre dicho pie y el borde de la cuneta para evitar que se remoje el terraplén lo cual es causa de asentamientos.



Cuneta- en Sección Transversal de una Carretera.

Debido a que el área a drenar por las cunetas es relativamente pequeña, generalmente se proyectan éstas para que den capacidad a fuertes aguaceros de 10 a 20 minutos de duración. Se puede decir que se considera suficientemente seguro proyectar cada cuneta para que tomen el 80 % de la precipitación pluvial que cae en la mitad del ancho total del derecho de vía. Las dimensiones, la pendiente y otras características de las cunetas, se determinan mediante el flujo que va a escurrir por las mismas. Las cunetas generalmente se construyen de sección transversal triangular o trapezoidal y su diseño se basa en los principios del flujo en los canales abiertos.

En un flujo uniforme, las relaciones básicas se indican mediante la conocida fórmula de Manning:

$$V = \left(\frac{1}{n}\right) * R^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$$

Dónde:

- ✓ **V**= Velocidad promedio en metros por segundo
- ✓ **n** = Coeficiente de rugosidad de Manning
- ✓ **R** = Radio hidráulico en metros (área de la sección transversal entre perímetro mojado)
- ✓ **S** = Pendiente del canal en metros por metro

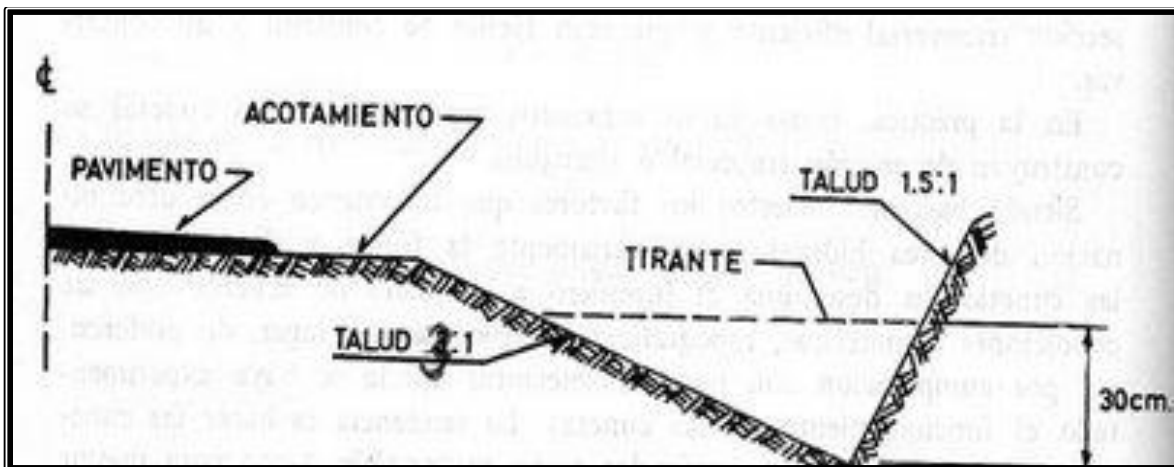
La fórmula de Manning antes expuesta se obtiene de la fórmula de Chezy para canales en régimen uniforme:

$$V = C\sqrt{R * S}$$

En la que se ha reemplazado C por el valor de:

$$C = \left(\frac{1}{n}\right) * R^{1/6} \text{ que fue propuesto por Manning}$$

Las cunetas de sección trapecial tienen mayor capacidad de transporte para la misma sección transversal, pero a menos que se hagan de plantilla relativamente ancha, se erosionan más fácilmente que las cunetas en V. Generalmente el tirante se hace de 30 cm a 45 cm, y el talud del lado del camino que sea de 2:1 y del lado opuesto 1.5:1.

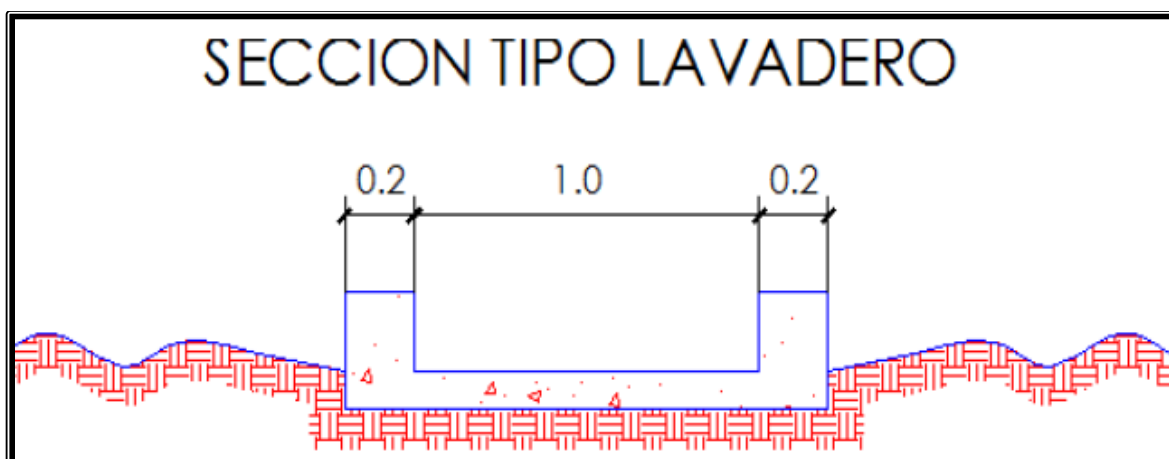
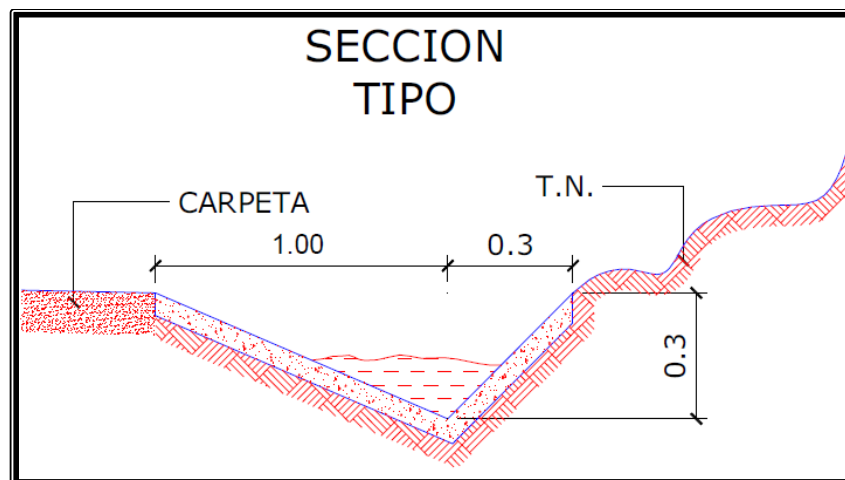


Sección Tipo Cuneta.

Las desventajas de las cunetas en V es que deben hacerse muy anchas en pendientes suaves y si el camino va en cortes muy fuertes puede resultar muy costoso dar el ancho necesario. Hay una cuneta que se le ha llamado cuneta tipo que tiene talud interior de 3:1 (del lado del camino) y 1.5:1 del lado exterior con un tirante de agua de 30 cm.

Lo anterior equivale a que en términos generales, para mayor economía, una cuneta deberá protegerse en pendientes fuertes cuando su longitud sea de más de 60 metros a partir de una cresta o una alcantarilla de alivio, debido a que mientras más larga sea la cuneta más agua llevará, erosionará más, y resultará antieconómica la conservación.

Cuando haya duda acerca de si debe o no zampearse una cuneta, es preferible no hacerlo enseguida sino esperar a que el tiempo demuestre si la sección y la pendiente de la misma son o no adecuadas.



4.1.1.1. Cálculo de Capacidad de Desalojo en Cunetas.

Partiendo del entendido de que una cuneta se comporta de igual forma que un canal abierto, se puede determinar el coeficiente de rugosidad de para un revestimiento de concreto, el cual sería del orden de “n=0.016”. Aplicando la fórmula para el cálculo de caudales decanales abierto tenemos lo siguiente:

- **Gasto:**

$$Q = \left(\frac{A}{n}\right) * R^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$$

- **Área hidráulica:**

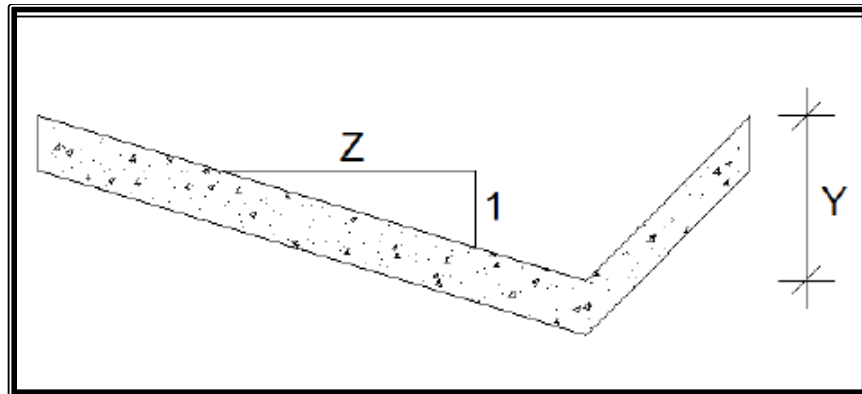
$$A = ZY^2$$

- **Perímetro mojado:**

$$P = 2Y\sqrt{1 + Z^2}$$

- **Radio hidráulico:**

$$R = \frac{A}{P}$$



$$A = (3)(0.3)^2 = 0.27\text{m}^2$$

$$P = 2(0.3)\sqrt{1 + 3^2} = 1.89\text{m}$$

$$R = \frac{0.27}{1.89} = 0.14\text{m}$$



$$Q = \left(\frac{0.27}{0.016} \right) * 0.14^{\frac{2}{3}} * 0.03^{\frac{1}{2}} = 0.79 \text{m}^3/\text{seg}$$

De lo anterior se obtiene que la velocidad generada por el caudal es la siguiente:

$$V = \left(\frac{Q}{A} \right)$$

$$V = \left(\frac{0.79}{0.27} \right) = 2.92 \text{m}/\text{seg}$$

Dado que la mayor concentración de escurrimientos pluviales son desahogados o circulan por los cauces principales de las cuencas y a su vez, estos son desalojados por las alcantarillas correspondientes; se puede considerar que la captación de agua pluvial en las cunetas solo sería la aportada por algunos taludes de los cortes y de la superficie de rodamiento, es decir en el peor de los escenarios se presentaría un gasto equivalente entre un 5% y un 10% del gasto de la cuenca ($Q=0.41 \text{ m}^3/\text{seg}$).

Por lo tanto tomando como gasto máximo de diseño para cunetas $Q=0.41 \text{ m}^3/\text{seg}$, podemos observar que la sección propuesta cumple, ya que por ella puede circular un gasto máximo de $Q=0.79 \text{ m}^3/\text{seg}$., con una velocidad de $V=2.92 \text{m}/\text{seg}$, la cual es menor que la velocidad máxima permitida en recubrimientos de concreto $V=12.7 \text{m}/\text{seg}$.

4.1.2. Tipos de Drenaje.

Para llevar a cabo lo anteriormente citado, se utiliza el drenaje superficial y el drenaje subterráneo.

- **Drenaje superficial.**

Se construye sobre la superficie del camino o terreno, con funciones de captación, salida, defensa y cruce, algunas obras cumplen con varias funciones al mismo tiempo.

En el drenaje superficial se encuentran: cunetas, contra cunetas, bombeo, lavaderos, zampeados, y el drenaje transversal.

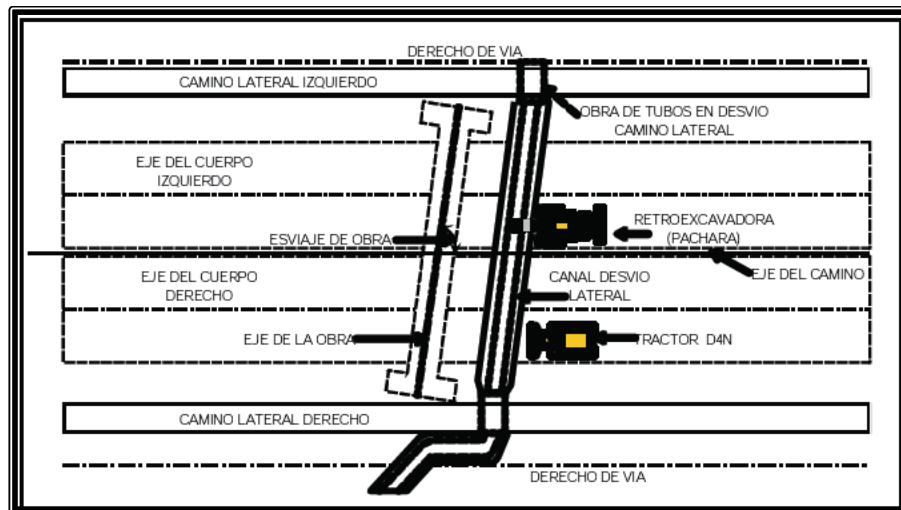
- **Drenaje subterráneo.**

El drenaje subterráneo es un gran auxiliar para eliminar humedad que inevitablemente ha llegado al camino y así evitar que provoque asentamientos o deslizamientos de material.

4.1.3. Construcción de Obras de Drenaje.

El procedimiento constructivo de las obras de drenaje, comienza considerando las terracerías desde la planeación del programa de construcción de éstas, ya que si no se hace de esta manera, el terraplén no se realiza en forma continua, dejándose la oquedad donde debiera estar alojada la obra de drenaje terminada.

La construcción comienza con el trazo de la obra en el lugar de proyecto, necesarios para el desplante de la obra.



Construcción de obras de drenaje.

Una vez localizada y trazada la zona de trabajo se realizan las obras necesarias para el desvío del flujo de agua de su curso natural, de tal modo que se permita la construcción de la obra en las mejores condiciones posibles, éstas obras pueden ser canales laterales de tierra, caminos laterales, obras de tubos (de acero o concreto); éstos trabajos se realizan con ayuda del retrocargador (pachara); una vez terminados estos trabajos, se procede a realizar la excavación o el terraplenado de la obra con un tractor Caterpillar modelo y el retrocargador, según convenga en cada caso.



Al terminar las excavaciones, en caso de presentarse un suelo de características no aptas para el desplante de la obra (inestable o con mucha humedad); se procede a realizar una excavación adicional, hasta encontrar un material con características aceptables. Realizada la excavación adicional se lleva a cabo un relleno con material de banco de preferencia, antes de tomar una decisión el material es analizado por el laboratorio y aceptado por la supervisión.

Cuando se termina la excavación de cualquiera de las obras, en su nivel normal de desplante de tubería, este trabajo se realiza con material producto de préstamo de banco o de alguna excavación de buenas características; la colocación y esparcimiento del material se lleva a cabo con mano de obra, carretilla y pala; la compactación por medio de compactadores manuales (“bailarinas”) y con el compactador de rodillo.

4.2. ESTABILIDAD DE TALUDES.

El moderno desarrollo de las actuales vías de comunicación, tales como canales, caminos y ferrocarriles, así como el impulso de la construcción de presas de tierra, y el desenvolvimiento de obras de protección contra la acción de ríos han puesto al diseño y construcción de taludes en un plano de importancia ingenieril de primer orden.

Tanto por el aspecto de inversión, como por las consecuencias derivadas de su falla, los taludes constituyen hoy una de las estructuras ingenieriles que exigen mayor cuidado por parte del proyectista. Con la expansión de los canales, del ferrocarril y de las carreteras, provocaron los primeros intentos para realizar un estudio racional en este campo, pero no fue sino hasta el advenimiento de la Mecánica de los Suelos cuando fue posible aplicar al diseño de taludes normas y criterios.

Estas normas y criterios apuntan directamente a la durabilidad del talud, esto es a su estabilidad a lo largo del tiempo.

4.2.1. Definición de Talud.

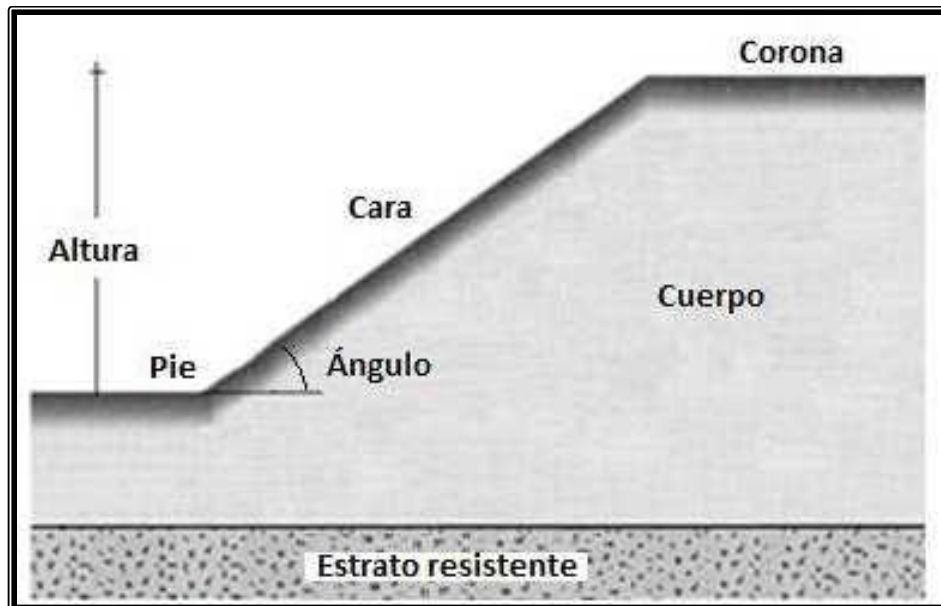
Se entiende por talud a cualquier superficie inclinada respecto de la horizontal que hayan de adoptar permanentemente las estructuras de tierra. No

hay duda que el talud constituye una estructura compleja de analizar debido a que en su estudio coinciden los problemas de mecánica de suelos y de mecánica de rocas, sin olvidar el papel básico que la geología aplicada desempeña en la formulación de cualquier criterio aceptable.

Cuando el talud se produce en forma natural, sin intervención humana, se denomina ladera natural o simplemente ladera. Cuando los taludes son hechos por el hombre se denominan cortes o taludes artificiales, según sea la génesis de su formación; en el corte, se realiza una excavación en una formación térrea natural (desmontes), en tanto que los taludes artificiales son los lados inclinados de los terraplenes.

En ciertos trabajos de la Ingeniería Civil es necesario utilizar el suelo en forma de talud como parte de la obra. Tal es el caso de terraplenes en caminos viales, en presas de tierra canales, etc.; donde se requiere estudiar la estabilidad del talud. En ciertos casos la estabilidad juega un papel muy importante en la obra, condicionando la existencia de la misma como puede verse en presas de tierra, donde un mal cálculo puede hacer fracasar la obra.

El resultado del deslizamiento de un talud puede ser a menudo catastrófico, con la pérdida de considerables bienes y muchas vidas. Por otro lado el costo de rebajar un talud para alcanzar mayor estabilidad suele ser muy grande. Es por esto que la estabilidad se debe asegurar, pero un conservadorismo extremo sería antieconómico.



Sección Transversal típica de Talud.



4.2.2. Definición de Estabilidad.

Se entiende por estabilidad a la seguridad de una masa de tierra contra la falla o movimiento. Como primera medida es necesario definir criterios de estabilidad de taludes, entendiéndose por tales algo tan simple como el poder decir en un instante dado cuál será la inclinación apropiada en un corte o en un terraplén; casi siempre la más apropiada será la más escarpada que se sostenga el tiempo necesario sin caerse. Este es el centro del problema y la razón de estudio.

A diferentes inclinaciones del talud corresponden diferentes masas de material térreo por mover y por lo tanto diferentes costos. Podría imaginarse un caso en que por alguna razón el talud más conveniente fuese muy tendido y en tal caso no habría motivos para pensar en “problemas de estabilidad de taludes”, pero lo normal es que cualquier talud funcione satisfactoriamente desde todos los puntos de vista excepto el económico, de manera que las consideraciones de costo presiden la selección del idóneo, que resultará ser aquél al que corresponda la mínima masa de tierra movida, o lo que es lo mismo el talud más empinado.

Probablemente muchas de las dificultades asociadas en la actualidad a los problemas de estabilidad de taludes radican en que se involucra en tal denominación a demasiados temas diferentes, a veces radicalmente distintos, de manera que el estudio directo del problema sin diferenciar en forma clara tales variantes tiende a conducir a cierta confusión. Es indudable que en lo anterior está contenida la afirmación de que los taludes son estructuras muy complejas, que prestan muchos puntos de vista dignos de estudio y a través de los cuales la naturaleza se manifiesta de formas diversas.

Esto hará que su estudio sea siempre complicado, pero parece cierto también, que una parte de las dificultades presentes se debe a una falta de correcto deslinde de las diferentes variantes con que el problema de estabilidad se puede presentar y se debe afrontar.

Los problemas relacionados con la estabilidad de laderas naturales difieren radicalmente de los que se presentan en taludes construidos por el ingeniero. Dentro de éstos deben verse como esencialmente distintos los problemas de los cortes de laderas y los de los terraplenes. Las diferencias importantes radican, en primer lugar, en la naturaleza de los materiales involucrados y, en segundo, en todo un conjunto de circunstancias que dependen de cómo se formó el talud y de su historia geológica, de las condiciones climáticas que primaron a lo largo de tal

historia y de la influencia del hombre que ejerce en la actualidad o haya ejercido en el pasado. Esta historia y génesis de formación de laderas y taludes, la historia de esfuerzos a que estuvieron sometidos y la influencia de condiciones climáticas o, en general, ambientales, definen aspectos tan importantes como configuración de los suelos y las rocas, o el flujo de las aguas subterráneas a través de los suelos que forman la ladera o el talud, el cual influye decisivamente en sus condiciones de estabilidad.

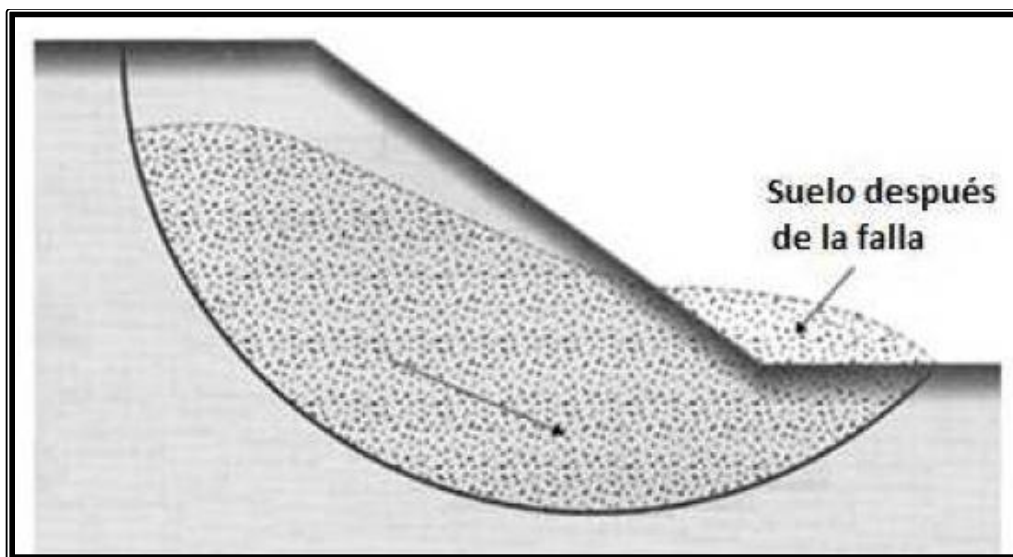
4.2.3. Deslizamientos.

Se denomina deslizamiento a la rotura y al desplazamiento del suelo situado debajo de un talud, que origina un movimiento hacia abajo y hacia fuera de toda la masa que participa del mismo.

Los deslizamientos pueden producirse de distintas maneras, es decir en forma lenta o rápida, con o sin provocación aparente, etc. Generalmente se producen como consecuencia de excavaciones o socavaciones en el pie del talud. Sin embargo existen otros casos donde la falla se produce por desintegración gradual de la estructura del suelo, aumento de las presiones intersticiales debido a filtraciones de agua, etc.

Los tipos de fallas más comunes en taludes son:

- ✓ Deslizamientos superficiales (creep)
- ✓ Movimiento del cuerpo del talud
- ✓ Flujos



Falla en Talud.



4.2.4. Causas de Falla.

Como se mencionó en párrafos anteriores, la falla de un talud se presenta cuando la fuerza de rotura o fuerza actuante excede a la fuerza de resistencia. A continuación se hace mención de algunas de las causas por las cuales ocurre el desequilibrio de estas fuerzas en diferentes tipos de taludes.

1.-Taludes naturales.

- Cambios en la superficie del terreno que agreguen peso y lo conduzcan hacia el pie del talud o excavaciones en la base del mismo.
- Incremento en las presiones hidrostáticas por presencia de aguas subterráneas, lluvias o deshielo; resultando en una disminución de la resistencia del suelo.
- La progresiva disminución de la resistencia del suelo debida a los agentes del intemperismo como el agua y el viento que pueden provocar inestabilidad por erosión, abertura y ablandamiento de grietas.
- Las vibraciones inducidas por terremotos, prácticas inadecuadas de voladura o hincado de pilotes.

2.-Terraplenes.

- La falla puede presentarse de uno o más factores descritos en los párrafos anteriores.
- La sobrecarga del suelo en la cimentación que puede ocurrir en suelos cohesivos, durante o inmediatamente después de la construcción del terraplén.
- Por lo general, la estabilidad a corto plazo de terraplenes para suelo cohesivo es más crítica que la estabilidad a largo plazo debido a que el suelo de la cimentación se vuelve más resistente en tanto la presión de poro se disipa.
- En todo caso, siempre es necesario evaluar la estabilidad para las diferentes condiciones de la presión de poro.
- En presas de tierra, las reducciones rápidas del embalse (vaciado rápido) que se producen cuando el nivel de agua desciende tan



bruscamente que los esfuerzos en el talud no pueden ajustarse al nuevo nivel del agua; por ejemplo, cuando el nivel de un río desciende después de una crecida o cuando el nivel del mar baja después de una marea tormentosa, originando que el momento debido a las presiones horizontales del agua, que ayudaba al momento resistente, se reduzca, así como también, el peso del suelo y del agua, pero el esfuerzo neutro no cambia grandemente, reduciendo así, la estabilidad.

3.-Excavaciones y cortes.

La falla puede presentarse de uno o más factores descritos en los párrafos anteriores.

- Un factor adicional que debe ser considerado en los cortes hechos en suelo de arcillas rígidas, es la liberación de esfuerzos horizontales durante la excavación, porque puede causar la formación de grietas y si el agua penetra en esas grietas, la resistencia en el suelo disminuirá progresivamente. En tanto que la estabilidad a largo plazo de los taludes de la excavación normalmente es más crítica que la estabilidad a corto plazo. Cuando las excavaciones son abiertas a largos periodo de tiempo y el agua es accesible, existe la posibilidad de pérdida de resistencia con el tiempo.

Cabe mencionar que no es objetivo abundar y discutir cada uno de los puntos antes mencionados, pues sólo se presentan como referencia y conocimiento general.

4.2.5. Factor de Seguridad.

Debemos tener en cuenta que en cualquier análisis cuantitativo de estabilidad deberá hacerse uso de algún grado de seguridad. Por lo tanto, el objetivo primordial del ingeniero responsable de realizar el análisis de la estabilidad de un talud es determinar el factor de seguridad.

Cuando FS es igual a 1, el talud se encuentra en un estado de equilibrio límite, es decir, en falla incipiente. Generalmente, un valor de 1.5 para el factor de seguridad con respecto a la resistencia es muy aceptable e incluso establecido como mínimo por normas o manuales de diseño de obras civiles.

Todos los análisis de estabilidad están basados en el concepto de que el talud fallará a menos que la resistencia al corte sea mayor que la resultante de todas las fuerzas ejercidas sobre la superficie analizada. La superficie más



probable de falla es llamada superficie crítica y la determinación de su localización, en algunos casos, es bastante sencilla, pero en otras requiere de un proceso bastante cansado de pruebas sucesivas.

Por mencionar un caso general, un valor obtenido de 1.35 como factor de seguridad con respecto a la resistencia al corte, podría parecer pequeño comparado con algún factor de seguridad empleado en el diseño de otros materiales estructurales. Sin embargo, es un valor típico y muchos taludes, que de acuerdo con la experiencia de la ingeniería son absolutamente seguros, tienen factores de seguridad más pequeños aún, que éste valor, esto es suficiente para mostrar que la mecánica de suelos no es una ciencia exacta.

Comparaciones hechas de los factores de seguridad para taludes con los de otras estructuras, han mostrado que estos son así, relativamente bajos. Aunque un factor de seguridad de 2 o 2.5 es normal en proyectos de edificios, si se aplicara; por ejemplo en terraplenes, haría su costo tan elevado que no podría construirse.

Otro ejemplo sería que, en condiciones normales de carga, una presa de tierra debe tener un factor de seguridad mínimo de 1.5; sin embargo, en condiciones extraordinarias de carga, como cuando se proyecta para crecidas extraordinarias seguidas del descenso rápidos del nivel de agua, se considera adecuado un factor de seguridad de 1.2 a 1.25.

La siguiente tabla pretende mostrar el significado de los diferentes valores del factor de seguridad en las masas de suelo.

Factor de seguridad (<i>FS</i>)	Significado
Menor que 1.0	Inseguro.
1.0 - 1.2	Seguridad dudosa.
1.3 - 1.4	Satisfactorio para cortes y terraplenes, dudoso para presas.
1.5 o mayor	Seguro para presas.

Significado de los Factores de Seguridad en masas de Suelo.

Debemos tomar en cuenta que todos los factores de seguridad para proyectar deben incluir una holgura, en la que se tome en cuenta las diferencias

entre los resultados de los ensayos en laboratorio y la verdadera resistencia al esfuerzo cortante del suelo.

4.2.5.1. Factor de Seguridad en Zona de Estudio.

El cálculo fue generado por el software STB2006, el cual determinó que el factor de seguridad para la sección propuesta en nuestra zona de estudio es de **FS= 1.779** después de 93 iteraciones; tomando como datos geotécnicos un peso volumétrico de 1.7 tn/m^3 , un cohesión de 3.5 tn/m^2 y un ángulo de fricción interna de 30° .

Dichos datos se obtuvieron en una exploración y muestreo del subsuelo a través de sondeo de muestras inalteradas mediante tubos Shelby's en punto crítico donde se tendrá el corte más alto del eje de la glorieta.



Extracción de muestra inalterada en sitio con tubo Shelby.

En la aplicación del método de penetración estándar (SPT) se siguieron los lineamientos de la norma, que consiste en dejar caer libremente desde una altura de 30" (76 centímetros) un martinete con un peso de 140 lbs (63.5 Kg.), sobre un yunque acoplado a la tubería de perforación y en cuyo extremo inferior se encuentra el penetrómetro del tipo tubo partido.

De esta manera se estimó la resistencia al esfuerzo cortante del suelo, mediante el número de golpes necesarios para hincar las 12" (30 centímetros) intermedias del penetrómetro.



CONCLUSIONES.

En este trabajo se expuso la solución más viable para mejorar el Entronque Poza Rica-Veracruz Km. 19.

En resumen, se analizó minuciosamente todas y cada una de las características del problema a resolver, con la finalidad de seleccionar la mejor alternativa propuesta, intentando apegarse al diseño más funcional y económico.

Se propuso como alternativa de solución, un mejoramiento geométrico que mitiga dicho problema, tomando en cuenta los distintos factores físicos y sociales de la zona. Cabe señalar que los accidentes originados en el entronque no solo se debían al uso excesivo de la vialidad para el que fue diseñado, sino también a los factores climáticos como la lluvia que en conjunto originaban el problema.

Recapitulando lo anterior, es necesario tomar conciencia de todos los factores para poder seleccionar la mejor alternativa, que dé solución rápida y eficiente a este tipo de eventualidades, ofreciendo factores de seguridad superiores a lo que comúnmente se establecen, esto con el objetivo de obtener un mayor rendimiento en el uso de entronques y vialidades.

El Desarrollo de Caso Práctico expuesto, ha sido con la finalidad de apoyar a futuras generaciones de compañeros interesados en proponer nuevas y mejores alternativas de mejoramiento, no sólo, a Entronques sino también a tramos carreteros en los que esté involucrada una problemática de vialidad.

Recogiendo lo más importante de la cuestión técnica, en el mejoramiento del entronque donde se utilizará pavimento flexible, es pertinente agregar que este pavimento tiene desventajas, puesto que representa un inconveniente para la mayoría de los estados y municipios por su alta inversión debido a los gastos de mantenimiento,

Para finalizar podemos decir que la construcción de carreteras debe enfocarse no como una inversión con fines de generación de empleos, más bien debe concebirse como una estrategia de inversión a largo plazo, incluidas las estrategias de mejoramiento y conservación, como parte de la infraestructura de un país, con la finalidad de promover la competitividad económica de este último.



REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA.

• BIBLIOGRAFÍA.

- ✓ Programa de Caminos Rurales y Alimentadores. Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), México, D F (2001).
- ✓ Recomendaciones de Actualización de algunos Elementos del Proyecto Geométrico de Carreteras. Publicación Técnica N° 244. Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), México, D F (2004).
- ✓ Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras. Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas (SAHOP), México, D F (1977).
- ✓ Estructuración de Vías Terrestres. Fernando Olivera Bustamante. Editorial. CECSA 2da. Edición, México 1996.
- ✓ Diseño Estructural de Carreteras con Pavimento Flexible. Santiago Corro C. y Guillermo Prado O., Instituto de Ingeniería (UNAM).

• CIBERGRAFÍA.

- ✓ http://ftp.unicauca.edu.co/Facultades/FIC/IngCivil/Manual_de_Dise%C3%B1o_%20Geom%C3%A9trico_INV2008/Geom%C3%A9trico/Manual%20de%20Dise%C3%B1o%20Geom%C3%A9trico%20de%20Carreteras.pdf
- ✓ <http://ingenieriacivilapuntes.blogspot.com/2009/05/pavimentos-procedimiento-constructivo.html>
- ✓ http://apuntesingenierocivil.blogspot.com/2010_09_01_archive.html
- ✓ <http://es.scribd.com/doc/56616900/6/Clasificacion-de-las-carreteras>