



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
ARAGON

ESTUDIO GEOTECNICO PARA LA
REHABILITACION DE UN TRAMO
CARRETERO

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO CIVIL

P R E S E N T A :

JESUS HUMBERTO URBÁN HERNÁNDEZ

DIRECTOR: ING. GABRIEL ÁLVAREZ BAUTISTA

San Juan de Aragón, Edo. de México Marzo del 2012.





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.



DEDICATORIA Y AGRADECIMIENTOS

Agradezco a todas aquellas personas que colaboraron voluntaria e involuntariamente para que el día de hoy tenga la satisfacción de decir que mi trabajo de tesis ha sido concluido, pero la mayor de mis gratitudes se las doy a Dios, y mi madre la Virgen de Guadalupe, quienes en todo momento han estado con migo en cualquier parte en la que me he encontrado, muchas gracias padres celestiales.

De igual manera, quiero agradecer y dedicar esta tesis a mis padres, Felipe de Jesús y María del Rosario, a mi hermano Diego Alberto, a mi novia Silvia, a todos mis familiares tanto maternos, como paternos, ya que me han brindado su apoyo incondicional.

Quiero agradecer especialmente a los Ingenieros Luis y Enrique Ramos Jiménez, quienes en todo momento me han apoyado, gracias por la paciencia y la confianza que han tenido para mi persona, y por creer en mí.

Gracias también a la empresa Consultores BH y Asociados, por todo el apoyo, paciencia y por creer en mí y en mi trabajo, por brindarme todo su apoyo en momentos cruciales y también por darme la oportunidad de fortalecer mis conocimientos en campo.

Agradezco a mi asesor de tesis, el Ing. Gabriel Álvarez Bautista, por soportar mi inconsistencia, y apoyarme en cada uno de los pasos que requiere este trabajo para poder por fin concluirlo.

GRACIAS A TODOS.





ÍNDICE

I.- Generalidades.....	6
1. CAPITULO1: Introducción.....	8
1.1. Localización.....	8
1.2. Características geométricas del tramo.....	8
1.2.1.Características de camino tipo A2.....	10
1.2.2.Sección tipo (actual y de proyecto).....	11
1.2.3.Alineamientos.....	12
1.2.3.1. Vertical.....	12
1.2.3.2. Horizontal.....	12
1.3. Antecedentes de construcción del cuerpo existente.....	12
1.4. Trabajos de conservación de cuerpo existente.....	13
2. CAPITULO 2: Características físicas.....	16
2.1. Clima.....	16
2.2. Hidrología.....	16
2.3. Fisiografía y Topografía.....	18
2.3.1.Topografía.....	18
2.3.2.Fisiografía.....	18
2.4. Geología.....	19
3. CAPITULO 3: Exploración, muestreo.....	20
3.1. Nivel freático.....	20
3.2. Cruces.....	20
3.3. Exploración en campo.....	20
3.4. Perfiles estratigráficos.....	21
4. CAPITULO 4: Informe Geotécnico.....	22
4.1. Resultados de laboratorio de terreno natural.....	22
4.1.1.Granulometría de los materiales mediante cribado.....	22
4.1.1.1. Análisis granulométrico estándar.....	22
4.1.1.2. Análisis granulométrico simplificado.....	22
4.1.2. Granulometría de cuerpo de terraplén.....	24
4.1.3. Granulometría de capa subyacente.....	24
4.1.4. Granulometría de capa subrasante.....	24
4.1.5. Granulometría de terreno natural.....	27
4.1.6. Límites de consistencia y contracción lineal.....	30
4.1.6.1. Límite líquido.....	30
4.1.6.2. Límite plástico.....	30
4.1.6.3. Límite de contracción.....	30
4.1.6.4. Índice plástico.....	31
4.1.6.5. Contracción lineal.....	31
4.1.7.Determinación de los pesos específicos o pesos volumétricos de los suelos.....	33
4.1.8.Peso específico del suelo en estado seco y suelo.....	33
4.1.9.Peso específico o volumétrico en estado compacto.....	35





4.1.10. Determinación del peso específico o volumétrico del lugar.....	36
4.1.11. Contenido de humedad natural.....	39
4.1.12. Humedad óptima.....	40
4.1.13. Valor relativo de soporte (V.R.S. Estándar).....	40
4.1.14. Clasificación “S.U.C.S.”.....	42
4.2. Tablas de datos de suelo para cálculo de curva masa.....	45
4.2.1. Número de estrato.....	45
4.2.2. Espesor de los estratos encontrados a lo largo de la línea.....	45
4.2.3. Descripción de los materiales “clasificación sus”.....	47
4.2.4. Consistencia.....	48
4.2.5. Grado de plasticidad.....	49
4.2.6. Porcentaje de grava y fragmentos de roca.....	50
4.2.7. Tratamiento probable.....	51
4.2.8. Coeficiente de variación volumétrica.....	52
4.2.9. Clasificación para presupuesto.....	53
4.2.10. Recomendación para taludes en corte y en terraplén.....	54
4.2.11. Observaciones particulares y generales.....	55
4.2.11.1. Observaciones particulares.....	55
4.2.11.2. Observaciones generales.....	57
4.3. Croquis de bancos de materiales.....	59
4.3.1. Bancos de préstamo.....	59
4.3.1.1. Denominación.....	60
4.3.1.2. Ubicación.....	60
4.3.1.3. Volumen aprovechable.....	61
4.3.1.4. Croquis de localización.....	61
4.3.1.4.1. Bancos de préstamo para terracerías.....	62
4.3.1.4.2. Banco de préstamo para pavimento.....	67
4.4. Estructura del camino existente.....	68
4.4.1. Calas (descripción de procedimiento de muestreo y resultados de laboratorio).....	70
4.4.2. Base hidráulica.....	70
4.4.3. Carpeta asfáltica.....	70
4.5. Diseño del pavimento en la ampliación del camino.....	71
4.5.1. Método del instituto de ingeniería (DISPAV5).....	72
4.5.1.1. Datos y resultados del diseño.....	80
4.5.2. Método de la AASHTO.....	81
4.5.2.1. Diseño.....	81
4.5.2.2. Coeficiente de drenaje.....	91
4.5.2.3. Datos del diseño.....	92
5. CAPITULO 5: Estado actual del pavimento.....	96
5.1. Descripción y trabajos de campo.....	96
5.1.1. Inicio.....	96
5.1.2. P.C.A.....	96
5.1.3. Calas.....	97





5.1.4. Localización de Bancos.....	98
5.1.5. Toma de aforos vehiculares.....	99
5.1.6. Localización de Cruces.....	100
5.1.7. Levantamiento de deterioros.....	100
5.1.8. Índice de Servicio actual.....	100
5.2. Niveles de afectación.....	102
5.2.1. Índice de Servicio Actual (ISA).....	102
5.2.2. Levantamiento de daños.....	102
5.2.2.1. Tabla de levantamiento de daños.....	104
5.3. Análisis de tránsito.....	108
5.3.1. Tablas de aforo tomado en campo.....	109
5.3.2. Resumen y comportamiento vehicular.....	112
5.3.3. Composición vehicular.....	116
5.4. Medición de capacidad estructural del pavimento existente.....	117
5.4.1. Método del Instituto de Ingeniería (DISPAV5).....	118
5.4.1.1. Revisión estructural de las capas de pavimento.....	118
5.4.1.2. Datos y resultados del diseño (proyecto de 4 años).....	120
5.4.1.3. Diseño para un periodo de análisis de 3 años.....	124
5.4.1.4. Diseño para un periodo de análisis de 1 año.....	125
5.4.1.5. Método de espesor en grava equivalente.....	127
5.5. Conclusiones, recomendaciones y propuestas de rehabilitación para la estructura actual del camino y la ampliación.....	128
5.5.1. Zona de Ampliación.....	128
5.5.2. Zona del cuerpo Actual.....	128
6. 6CAPITULO 6: Procedimiento constructivo.....	129
6.1. Generalidades.....	129
6.2. 1 Etapa: Ampliación derecha del cuerpo actual a corona de 12 m.....	130
6.2.1. Terracerías.....	130
6.2.2. Pavimento.....	131
6.2.3. Base Hidráulica.....	131
6.2.4. Base Asfáltica.....	132
6.2.5. Riego de impregnación.....	132
6.2.6. Riego de liga para carpeta de concreto asfáltico.....	132
6.2.7. Emulsiones.....	133
6.2.8. Carpeta de concreto asfáltico.....	133
6.2.9. Riego de sello.....	134
6.2.10. Aditivos.....	134
6.3. 2 Etapa: Rehabilitación del cuerpo existente.....	134
6.3.1. Bacheo.....	134
6.3.2. Construcción de las capas de pavimento.....	135
6.4. Bibliografía.....	137





I.- GENERALIDADES.

En México en el año 2010, la extensión de toda la red carretera era de más de 349,000 km de los cuales 33.5% eran pavimentadas y el 66.5% terracerías. De la red pavimentada, el 91% comprendía carreteras de dos carriles y el resto eran de cuatro carriles o más, en cuanto su jurisdicción el 13.8% de la red es federal, el 21.4% estatal, el 45.7% caminos rurales y el 15.9% brechas mejoradas, y tomando en cuenta que el sector transporte es la cuarta actividad generadora del valor agregado bruto, en donde el transporte de carga y pasajeros participa con el 80% del total aún en la actualidad, será necesario rehabilitar la red existente y/o crear nuevos y mejores caminos.

La modernización de un tramo carretero está en función de las necesidades de crecimiento que tengan las distintas entidades involucradas con el tramo en proyecto, ya que determina el incremento de aforo vehicular en las distintas carreteras de igual manera involucradas, por lo que es necesario tener un control de dicho incremento, haciendo necesario el apoyo con encuestas, estudios de capacidad vial, etc. A su vez estos estudios nos ayudarán a determinar a cuantos carriles se va a ampliar el cuerpo existente.

Otro de los factores principales que hasta el momento determinan la construcción o ampliación de una carretera es el entorno físico, refiriéndonos al tipo de terreno, ya sea plano, lomerío o montañoso, ya que de acuerdo con ello podremos aproximarnos al costo de la obra.

La normativa actual mexicana enfocada a la geometría de los caminos no permite que los caminos generados hace 20 años puedan seguir vigentes. Por una parte son los tiempos de recorrido que día a día exigen ser más cortos, directamente relacionados con estos tiempos están los alineamientos, que son los que permiten alcanzar velocidades más altas.

En el estado de Jalisco existen distintos caminos por los cuales ha sido posible circular sin ningún problema, con el paso del tiempo el Estado ha tenido un crecimiento importante, tanto económico como demográfico y turístico, haciendo imposible la circulación por dichas vías con comodidad, pero sobre todo con seguridad, es por eso que tomaremos un tramo en específico con necesidades de ampliación con una corona actual de 7.00m, para ampliarla a una corona de 12.00m, la cual contará con dos carriles de circulación de 3.50m de ancho, uno por sentido, y acotamientos laterales de 2.5m.

Uno de los problemas principales es el incremento del aforo vehicular, ya que al contar con un ancho de corona de 7.00m sin acotamientos es difícil para los automóviles que transitan por este lugar el rebasar, además de que la mayor parte del tramo se encuentra en sección de terraplén resulta aun más difícil el poderse orillar ante cualquier descompostura, aunado





a esto, lo angosto del ancho de carril de $\pm 3.50\text{m}$ que para las dimensiones del transporte de carga y turístico resulta difícil no sólo el rebase si no que también el transitar cotidiano.

Por otra parte el T.D.P.A de esta carretera es de 5,123 vehículos, motivo por el cual es inminente realizar su ampliación, sin dejar de tomar en cuenta que no se puede ampliar a más de dos carriles ya que la normativa S.C.T toma 7,500 vehículos para la aplicación de sección A4, por lo tanto la sección que resulta más adecuada es la ya antes mencionada (A4 – 12), que consta de dos carriles de circulación, uno por sentido y acotamientos exteriores para formar finalmente una corona de 12.00m de ancho.

A razón del incremento del aforo vehicular crecen los daños ocasionados, sobre todo por el transporte de carga a la estructura actual del camino, ocasionando fallas de todo tipo y a todos los niveles de las distintas capas, el aumento de estas fallas disminuye **la vida útil de nuestro pavimento, y por lo tanto el índice de servicio actual**, los dos factores antes mencionados tienen parámetros de funcionamiento, en el caso de la vida útil de un pavimento es de 15 años, y por otra parte el índice de servicio actual va de 4.5 a 2.5 otorgando el valor de 4.5 a un camino con excelentes condiciones, y el 2.5 (nivel de rechazo) al valor frontera entre un camino que se puede rehabilitar y un camino que es inservible.

El camino actual se encuentra deteriorado y su vida remanente es corta, además su índice de servicio es bajo, ya que los materiales que constituyen dicho cuerpo no cuentan con la calidad requerida por la normativa actual mexicana y por último el ancho de la sección actual no es el adecuado.

El presente trabajo consta en explicar a detalle la metodología que se requiere para realizar un estudio geotécnico, tomando como caso práctico el tramo: COCULA – AUTLAN BARRA DE NAVIDAD.





1.- INTRODUCCIÓN.

1.1 LOCALIZACIÓN:

Nuestro tramo en estudio se encuentra ubicado al Suroeste del estado de Jalisco dentro del municipio de Unión de Tula, que se localiza en la zona sur del estado, en las coordenadas $19^{\circ} 41' 30''$ a $19^{\circ} 55' 02''$ latitud norte y $104^{\circ} 07' 35''$ a $104^{\circ} 22' 30''$ de longitud Oeste; a una altura de 1,350 metros de altura sobre el nivel del mar.

A las orillas de la comunidad se encuentra alojada la Carretera: Autlán De Navarro – Casimiro castillo, dentro de la cual marcamos el inicio del tramo en el km 101+600 y el final en el km 124+600, las localidades más cercanas con las que se colinda son: al norte con, Ayutla y Tenamaxtlán, al este con los municipios, Juchitlán y Ejutla, al sur con el municipio, El Grullo ; al oeste con el municipio Autlán de Navarro.

A continuación se mencionan las coordenadas de inicio y fin del tramo en estudio:

Latitud $20^{\circ} 04' 59''$ N

Longitud $104^{\circ} 13' 09''$ O

Y terminando, en las coordenadas:

Latitud $19^{\circ} 54' 49''$ N

Longitud $104^{\circ} 18' 42''$ O

1.2 CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DEL TRAMO

Se cuenta con un camino de geometría muy semejante a la de un camino tipo A_2 , tomando en cuenta que la velocidad promedio de curvas es de 90 km/h , los dos únicos inconvenientes son la sección actual de la carretera y la inexistencia de acotamientos, ya que es muy difícil que un automóvil se pueda orillar, porque la mayor parte del tramo cuenta con secciones en terraplén, mayores a 1.20m de altura y otro inconveniente es que al contar con carriles de circulación de 3.00m de ancho es poco seguro transitar.

Como ya se mencionó anteriormente, la demanda vial que tiene una carretera es uno de los principales factores que determinan la geometría del camino, éste es el caso del tramo:





Cocula – Autlán – Barra de Navidad, ya que cuenta con un T.D.P.A de 5,123 vehículos para dos carriles, uno por sentido.

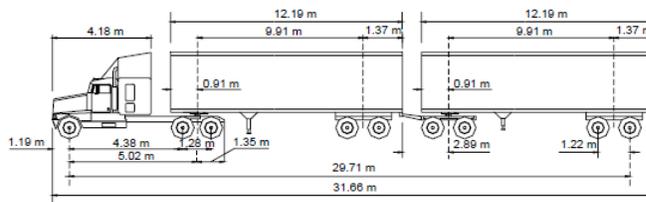
- a) Características del cuerpo actual.
 - 1) Velocidad de proyecto “90km/h
 - 2) Tipo “A2” Para un T.D.P.A. de tres mil (3,000) a siete mil quinientos (7,500)
 - 3) Ancho de corona de 7.00m
- b) Características del ramo ampliado.
 - 1) Velocidad de 110 km /hr
 - 2) Ancho de corona de 12.00m
 - 3) Acotamientos exteriores.

La comparación anterior nos permite observar que el camino ampliado a tipo A_2-12 es adecuado para la demanda vehicular actual, ya que el transito rebasa la sección actual y no es tan alto como para ampliarla a 4 carriles.

Agregando por último que para la ampliación de este tramo se tomó en cuenta la geometría de camino actual ya que la topografía del terreno lo permite, gracias a que el tramo se localiza en un terreno de lomerío suave y tomando en cuenta que las normas geométricas de las carreteras según los incisos a,b,c, varían de acuerdo a las características topográficas del terreno que atraviesen, los cuales se consideran los siguientes tipos.

- a) Plano
- b) Lomerío
- c) Montañoso

A medida que los vehículos evolucionaron en peso, velocidad, comodidad y autonomía se fue creando la necesidad de proporcionarles, una pista de circulación con unas condiciones de curvatura, pendiente, visibilidad, sección transversal, uniformidad, textura, etc. apropiadas a una demanda de operación cada vez más exigente.



Características de transporté de carga moderno para el cual se requiere una geometría adecuada.





La capacidad de la vialidad, expresada en términos del máximo número de vehículos que pueden cruzar la sección del tramo en estudio, es una función de su geometría, la composición y distribución del tránsito y el entorno de la vía. Por lo que las características geométricas y el entorno de la vía forman parte del inventario vial, mientras que las características del tránsito se determinan sobre la base del análisis de la demanda.

Por ello una de las principales razones para que la ampliación del tramo se lleve a cabo, es que aunque la geometría del camino actual es buena “alineamientos”, el tiempo de recorrido es muy largo gracias a la circulación de transporte de pasajeros o de carga y por otra parte, la ausencia de acotamientos que hace muy difícil que los autos averiados se puedan orillar.

1.2.1 CARECTERÍSTICAS DE CAMINO TIPO “A2”.

Cuando hablamos de las características de un camino refiriéndonos a los incisos b, c, d, y e, de éste tema, deben ajustarse a los anchos de corona, de calzada y de acotamientos indicados en la siguiente tabla.

CONCEPTO		TIPOO DE CARRETERA A							
		MAS DE 3000							
EN EL HORIZONTE DE PROYECTO		60	70	80	90	100	110		
TDPA									
TERRENO	MONTAÑOSO	—————							
	LOMERIO	—————							
	PLANO	—————							
	VELOCIDAD DE PROYECTO	km/h	60	70	80	90	100	110	
	DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA	m	75	95	115	135	155	175	
	DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE REBASE	m	270	315	380	405	450	485	
	GRADO MÁXIMO DE CURVATURA	°	11	75	55	425	325	275	
as verticales	K	CRETSTA	m/%	14	20	31	43	57	72
		COLUMPIO	m/%	15	20	25	31	37	43
	longitud munima	m	40	410	50	50	60	60	
	PENDIENTE GOBERNADORA		4		3			-	
	PENDIENTE MÁXIMA		6		5			4	
	LONGITUD CRÍTICA								
	ANCHO DE LAZADA		A ₂		A ₄		A _{4S}		
			7		2 X 7.0		2X7.0		
	ANCHO DE CORONA		2 CARRILES		4 CARRILES		4CARRILES		
			12		≥ 22.0		2X11.0		
			UN CUERPO		UN CUERPO		CUERPOS SEPARADOS		
	ANCHO DE ACOTAMIENTOS		2.5		3.0 EXT.		3.0 EXT.		
					0.5 INT.		0.5 INT.		
	ANCHO DE FAJA SEPARADORA CENTRAL		—————		≥1.0		≥8.0		
	BOMBEO				2				
	SOBRE ELEBACIÓN MÁXIMA				10				
	BRE ELEBACIONES PARA GRADOS MENORES AL MÁXIMO								
	AMPLIACIONES Y LONGITUDES MINIMAS DE TRANSICIONES								

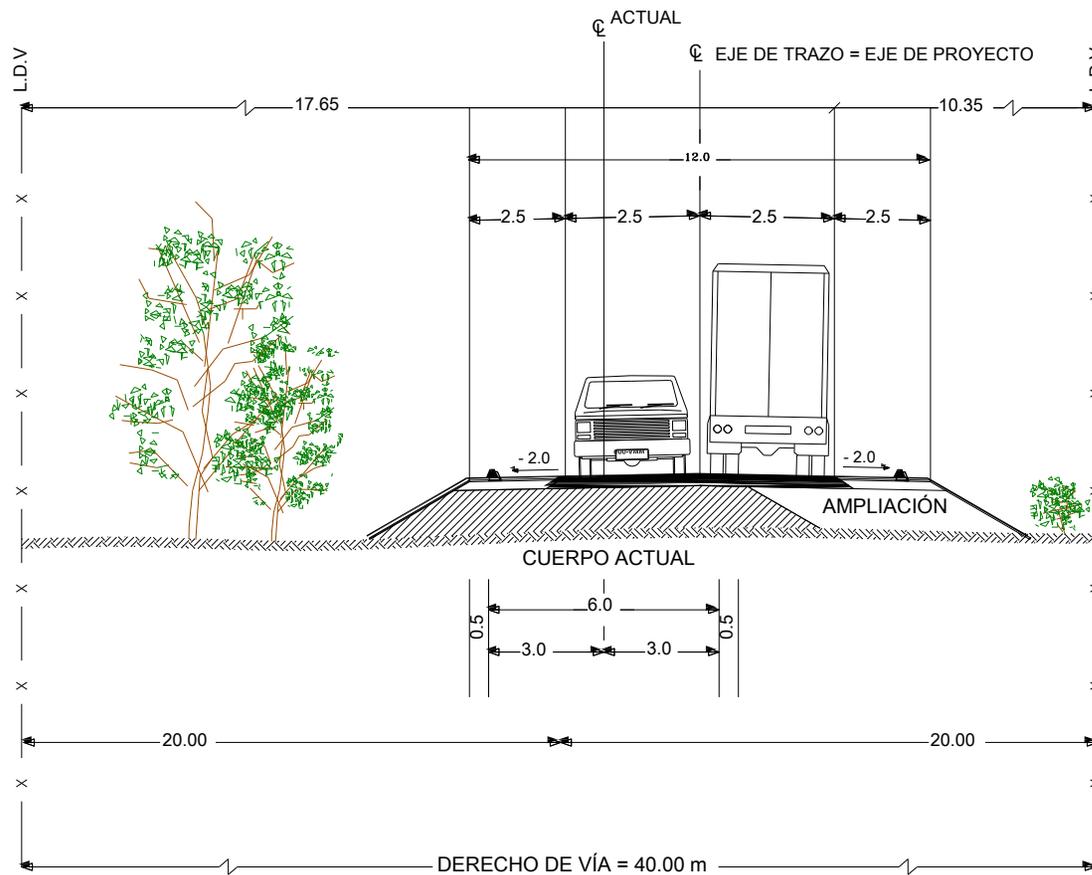




1.2.2 SECCIÓN TIPO ACTUAL Y DE PROYECTO



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO.



SECCIÓN TIPO

A2 — 12



FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES ARAGÓN

CARRETERA:

COCULA-AUTLÁN-BARRA DE NAVIDAD

TRAMO:

COCULA-AUTLÁN

SUBTRAMO

KM 101+600 AL KM 124+600

ORIGEN

ACATLÁN, JAL.





1.2.3 ALINEAMIENTOS.

Se puede observar desde el inicio del tramo en el km 101+600, que las pendientes no son muy pronunciadas, así como las curvas que permiten ser tomadas a velocidades entre 90 y 100 km/h. Haciendo el trazo existente adecuado para su circulación, aunque con la necesidad de ser ampliado por mayor seguridad y para mayor comodidad.

Tomando en cuenta las características antes descritas es preciso detallar aun más los dos tipos de alineamientos, tanto horizontal como vertical, para así poder tener una visión más amplia del tramo.

1.2.3.1 ALINEAMIENTO VERTICAL.

El alineamiento vertical es la proyección sobre un plano vertical del desarrollo del eje de la subcorona en alineamiento vertical se llama subrasante, sus componentes son tangentes y curvas, estas últimas en cresta y en columpio.

La velocidad del proyecto no se ve afectada por el tipo de alineamiento vertical que se tiene, ya que las pendientes que se encuentran en el tramo van desde $\pm 6.00\%$ hasta 4.00% en general, solo en el tramo comprendido del km 116+100 al km 120+700 se encuentra la única pendiente del 5.7% en 280m siendo la única probable dificultad con la que se encuentre el transporte pesado.

1.2.3.2 ALINEAMIENTO HORIZONTAL.

El alineamiento horizontal es la proyección sobre un plano horizontal del eje de la subcorona del camino, los elementos que integran dicho alineamiento son: tangentes, curvas circulares y de transición.

Como ya se menciona la modernización del cuerpo actual dará paso a un camino nuevo tipo A2 con una velocidad de proyecto de 110 km/h de corona de 12.00m, de un eje actual de proyecto que permite velocidades de 90 km/h cuando el tránsito es escaso o mientras no circule transporte pesado.

1.3 ANTECEDENTES DE CONSTRUCCION DEL CUERPO EXISTENTE.

El cuerpo actual tiene una antigüedad de ± 50 años, por lo cual en el momento en el que fue construido se tomó material de préstamo lateral para construir las terracerías, por lo que no se cuenta con calidad, ya que se trata de arcillas plásticas con V.R.S no mayores a 12% .





En cuanto a la parte de los pavimentos contamos con una base recuperada con características de base hidráulica con un espesor promedio de 26.5 cm.

Se cuenta también con una carpeta asfáltica con un espesor promedio de 15.4 cm, en algunos tramos se observan sobrecarpetas productos de mantenimientos periódicos.

La sección actual cuenta con un ancho de corona de 7.00m con dos carriles de circulación de 3.50m de ancho, uno por sentido.



Foto de cala al inicio del tramo en la cual se muestra la estratigrafía y la sección del cuerpo actual.

Por último cabe agregar que se ha brindado mantenimiento de tipo preventivo tal como bacheo superficial, y también se ha empezado a re encarpetar en los subtramos 109+000, y del km 123+000 al km 124+500.

1.4 TRABAJOS DE CONSERVACIÓN DEL CUERPO EXISTENTE.

Los pavimentos en el transcurso del tiempo, sufren una serie de fallas y deterioros que al manifestarse en la superficie de rodamiento disminuyen su capacidad para proporcionar un tránsito cómodo al usuario. Estas fallas y deterioros son producidos por la repetición continua de cargas, las condiciones propias de la estructura del pavimento y de la acción de los agentes climáticos. La superficie de rodamiento es la que proporciona al usuario un





tránsito rápido, cómodo y seguro, es por ello que los principales trabajos de conservación se van en este rubro.

En seguida se enuncian las labores de conservación más usuales a realizar en un pavimento flexible:

- ❖ Relleno de grietas
- ❖ Re nivelación
- ❖ Riego de sello
- ❖ Rastreo y/o recargues en caminos revestidos o en terracerías.

Relleno de grietas: Las grietas son una manifestación muy frecuente de falla y su causa puede tener origen en cualquiera de los elementos de la estructura del pavimento o de los materiales.

Renivelación: Es el conjunto de labores requeridas para reponer una porción dañada del camino, tratando de localizar el origen de la falla y tratar de evitarlo.

Bacheo: Es el conjunto de labores requeridas para reponer una porción de la superficie de rodamiento revestido o de terracerías que da la sección transversal; sus condiciones originales, pudiendo ser necesarios en algunos casos efectuar recargues del material correspondiente.

Rastreo Y/O Recargues en caminos revestidos o terracerías: Se llama rastreo al reacomodo de material de la capa superficial de rodamiento revestido o de terracería, que da la sección transversal; sus condiciones originales, pudiendo ser necesario en algunos casos efectuar recargues del material correspondiente.

Como ya se mencionó los trabajos de conservación dentro del tramo son de tipo rutinario – preventivo



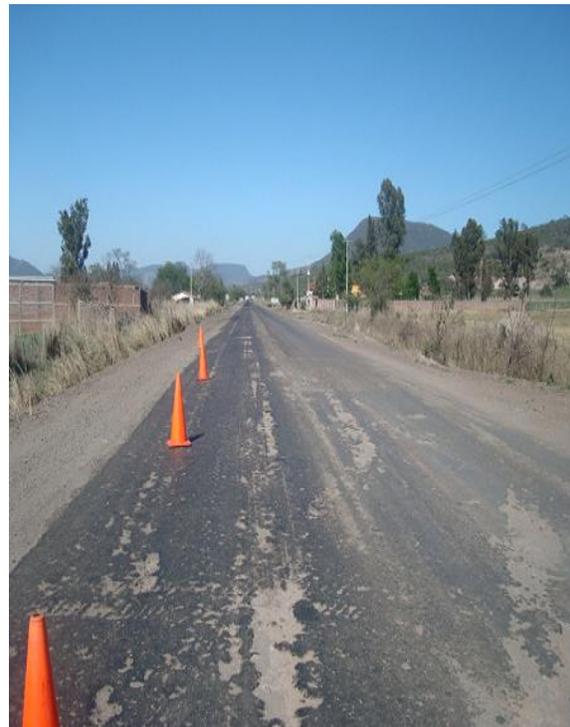
Foto del Km 102+500 en la cual se muestra el bacheo de tipo superficial como parte del mantenimiento preventivo.





Se observa el trabajo de repavimentación, como parte del mantenimiento.

Se observa rallado energético para posteriormente reparar las zonas con baches y tender la nueva carpeta.





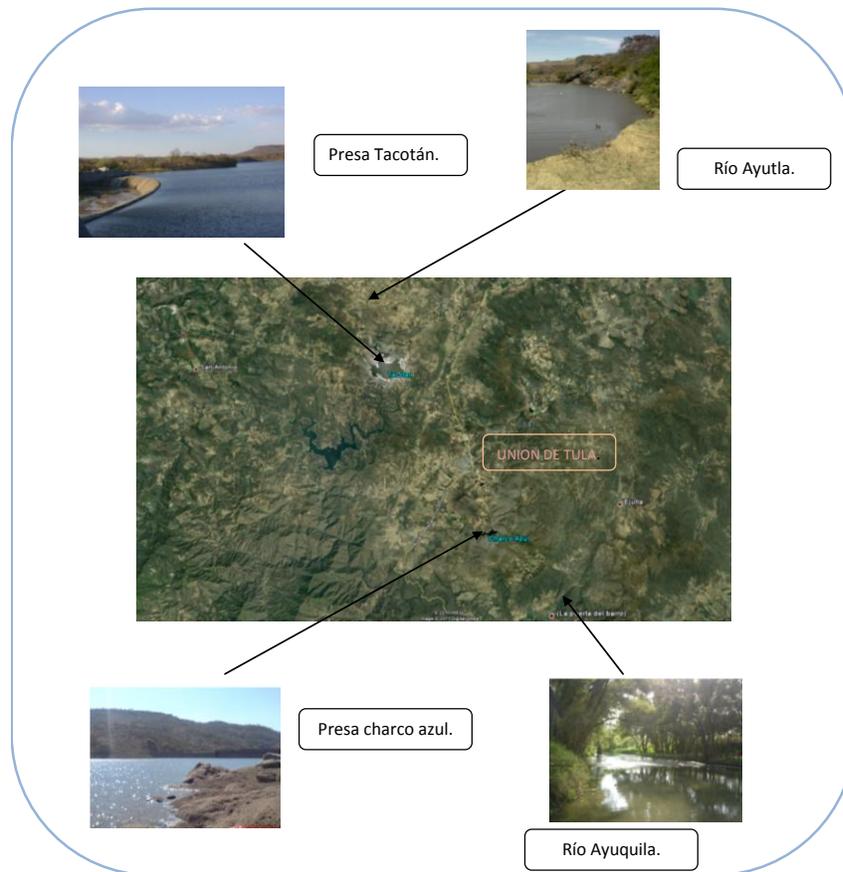
2.- CARACTERÍSTICAS FÍSICAS.

2.1 CLIMA

El clima es semiseco, con invierno y primavera secos y semicálidos, sin cambio térmico invernal bien definido. La temperatura media anual es de 21.2 °C, con máxima de 29 °C y mínima de 13.3 °C. El régimen de lluvias se registra en los meses de junio, julio y agosto, contando con una precipitación media de 817.5 milímetros. El promedio anual de días con heladas es de 27. Los vientos dominantes son en dirección del suroeste al noroeste.

2.2 HIDROLOGÍA

Sus recursos hidrológicos son proporcionados por los ríos Ayutla y Ayuquila, por los arroyos de caudal permanente: El Castillo, Elotes, Cebadita y El Gavilán; por una parte de la presa Tacotán, Charco Azul y El Castillo.





No podemos pasar de largo el estudio hidrológico que se lleva a cabo para saber qué áreas son las que van a ser drenadas por las cuencas a nivel “local”, y por lo tanto cruzarán transversalmente el eje de trazo.

Dicha área se denomina **área hidráulica necesaria:**

Se trata de permitir el paso del máximo caudal de agua que hay en cada caso, haciéndolo en forma tal que no cause trastornos al camino en su estructura, ni que requiera de excesivos cuidados de conservación.

Existen 4 procedimientos para proyectar hidráulicamente una alcantarilla, y son los que a continuación se enumeran:

- 1.- Por comparación.
- 2.- Procedimiento empírico.
- 3.- Procedimiento de sección y pendiente.
- 4.- Procedimiento racional mediante la precipitación pluvial.

El método tomado en cuenta para realizar el cálculo del área hidráulica necesaria es el Procedimiento empírico, que a continuación se explica.

Este procedimiento es el único aplicable si no existe ninguna estructura, y especialmente cuando no hay datos del gasto máximo del arroyo, ni de precipitación pluvial.

Consiste en el empleo de alguna de las fórmulas empíricas ya establecidas. Este método está bastante generalizado y consiste en el uso de fórmulas empíricas para calcular el área hidráulica de una alcantarilla en función del área drenada y de las características topográficas de la cuenca por drenar.

Haciendo un análisis de los resultados obtenidos para un mismo cauce con las fórmulas de Talbot, Meyer y Peck, se ha encontrado que difieren mucho entre si, pero los resultados de la fórmula de Talbot son los que más se acercan al promedio de los obtenidos con las tres fórmulas, por esta razón, adaptamos el estudio de drenaje a la fórmula de Talbot:

$$\text{La fórmula de Talbot es: } a = 0.138 C \sqrt[4]{A^3}$$

a = área hidráulica que deberá tener la alcantarilla (en m²)





A = superficie por drenar (en hectáreas).

C = 1.00 para terreno montañoso y escarpado.

= 0.80 para terreno con mucho lomerío.

= 0.60 para terreno con lomerío.

= 0.50 para terreno muy ondulado.

= 0.40 para terreno poco ondulado.

= 0.30 para terreno casi plano.

= 0.20 para terreno plano.

Esta fórmula está basada en el estudio de un gran número de instalaciones hidráulicas en el valle de Río Mississippi en E.U.

Al deducir la fórmula no fue tomada en cuenta la intensidad de precipitación. La precipitación máxima no fue conocida, pero probablemente haya sido de cerca de 10 cm por hora. La velocidad usada por Talbot, que según se dijo arriba, está hecha para lluvias de 1000 mm. Por hora.

2.3 TOPOGRAFIA Y FICIOGRAFÍA

2.3.1 TOPOGRAFÍA

El tramo en estudio se aloja en un terreno en su totalidad en un terreno de características de lomerío suave, una de las pruebas, es que en algunas secciones del tramo en estudio nos encontramos con pendiente cero.

2.3.2 FICIOGRAFÍA

El tramo en estudio se encuentra alojado en su totalidad en la sub provincia Sierras de Jalisco, que a su vez se ubica en la provincia Eje Neo volcánico dentro de las distintas zonas fisiográficas existentes en el estado de Jalisco.

La sub provincia Sierras de Jalisco inserta totalmente en el estado, está constituida por dos tipos básicos de toposformas generales: montañas y mesetas. Entre sus extremos norte y sur,





las cadenas montañosas se encuentran acomodadas de tal modo que describen la forma de una burda letra "S".

Dentro del área rodeada por la curva superior de la letra quedarían alojados los sistemas de topofomas más occidentales de la vecina subprovincia de las Sierras de Jalisco. Varias cumbres de los núcleos montañosos de rocas ígneas que componen la sierra se levantan por encima de los 2,000 m s.n.m., en tanto que las superficies más bajas se encuentran a una altitud de 800 m s.n.m.

La subprovincia de las Sierras de Jalisco presenta los siguientes sistemas de topofomas: Gran Sierra Volcánica Compleja o Grandes Estrato-Volcanes, Sierra de Laderas Abruptas, Sierra de Laderas Tendidas, Sierra de Laderas Tendidas con Llanos, Sierra Compleja, Escudo-Volcán Aislado, Meseta Lávica, Mesetas Lávicas asociadas con cañadas, Mesetas Escalonadas asociadas con lomeríos, Mesetas Pequeñas con lomeríos, Lomerío Suave asociado con cañadas, Valle de Laderas Escarpadas, Valle de Laderas Tendidas, Valle de Laderas Tendidas asociado con lomeríos, Cañón y Pequeño Llano Aislado.

Hay una gran diversidad de suelos, así pues, en la Gran Sierra Volcánica Compleja se encuentra los llamados Rendzinas, son de origen residual. En la Sierra de Laderas Tendidas se encuentran Regosoles dístricos, suelos muy jóvenes de origen residual. En las Mesetas Lávicas hay Cambisoles lúvicos, en las Mesetas Escalonadas con Lomeríos existen los Andosoles que son de origen residual y coluvial.

2.4 GEOLOGÍA.

Podemos encontrar rocas del Periodo Cenozoico Terciario "Ígnea Extrusiva":

- Basalto.
- Riolita.
- Andesita.

BASALTO.

Es una roca afinitica de un color gris o negro; no son porfiríticos, pero algunos contienen fenocristales de plagioclasas y olivino.

ANDESITA.





La andesita es una roca afanítica y frecuentemente porfirítica, que se parece a la dacita, pero pueden presentar la piroxena, la anfíbola o la biotita. La mayoría de las andesitas presentan estructura bandeada, pero no tan notable como las riolitas.

3.- EXPLORACIÓN Y MUESTREO.

3.1 NIVEL FREÁTICO.

La zona en la que se encuentra ubicado el tramo en estudio no presenta demasiada precipitación, aparte de que el drenaje de la zona es de tipo dendrítico y como ya se explicó en capítulos anteriores la zona en estudio no cuenta con hidrografía subterránea.

En el momento en que fueron realizados los estudios de campo no se encontró nivel freático ya que fue en temporada de estiaje.

3.2 CRUCES.

El tramo en estudio no presenta cruces de importancia, más que entradas a rancherías y cruceros a nivel que comunican a pequeñas localidades y aunque en su mayoría las tierras que se encuentran alojadas a los costados son dedicadas a la siembra no existen entradas especiales para maquinaria agrícola.

3.3 EXPLORACIÓN EN CAMPO.

Dentro de la ejecución de un proyecto ejecutivo, haciendo hincapié en la parte correspondiente al estudio geotécnico, existen dos etapas, la primera es el trabajo que se realiza en campo y la segunda es el trabajo que se realiza en laboratorio, por lo que es necesario cuidar todos los pormenores y detalles posibles, ya que la mayor parte de las ocasiones el proyecto se aloja en algún otro estado de la república, haciendo que el regreso sea un poco más complicado en cuanto a dinero pero sobre todo el retraso que significa para el proyecto en general, es por eso que a continuación se enlistan algunas de las actividades más relevantes que se realizaron en campo, así como el objetivo de cada una de ellas:

- 1.- Se realizó un primer recorrido sobre el eje de trazo con fines de identificar el inicio y fin del tramo en estudio, así como reconocimiento del terreno.
- 2.- Supervisión de trabajos de calas en pavimento existente, tomando nota de cuantas capas está formado el cuerpo actual, la calidad de sus agregados y los espesores de las capas, ya que posteriormente nos servirá en primera instancia para saber en qué condiciones granulométricas se encuentran cada una de las capas y posteriormente para realizar el





diseño de pavimentos, más adelante se presenta un perfil estratigráfico de cada una de las calas realizadas sobre el cuerpo existente.

3.-Localización y supervisión de muestreo de bancos de materiales para préstamo, tanto de terracerías como de pavimento, se observó bien la localización de los bancos, el tipo de material encontrado, pero sobre todo la capacidad del mismo, ya que en algunas ocasiones los volúmenes aprovechables reportados no son suficientes para satisfacer el préstamo que requieren las terracerías, en este caso se puede recomendar ampliar el frente de ataque según lo observado en campo, o en el último de los casos el regreso para la localización y muestreo de otro banco.

4.-Supervisión de excavación de P.C.A sobre terreno natural, anotando el tipo de material que se encuentra, es importante emitir un juicio importante adecuado acerca del material encontrado, por lo que es recomendable palpar, oler y observar la textura del mismo, ya que esto es de gran ayuda al momento de realizar el llenado de la tabla de datos para curva masa, más adelante se anexan los perfiles estratigráficos con los materiales encontrados.

Dentro de los trabajos de excavación de pozos a cielo abierto encontramos en tres puntos material colocado a volteo a un costado del cuerpo actual, dicho material funciona como acotamiento, por lo que fue contemplado dentro de las tablas de datos para curva masa, pero dado el poco volumen que se encontró no se dio ninguna recomendación extra para el aprovechamiento del mismo.

3.4 PERFILES ESTRATIGRÁFICOS

A continuación se presentan los perfiles estratigráficos correspondientes al tramo en estudio, describiendo el tipo de material existente en la zona en estudio.





4.- INFORME GEOTÉCNICO.

4.1 RESULTADO DE LABORATORIO DE TERRENO NATURAL

Una vez concluida la etapa de exploración y muestreo dentro del eje de trazo, el material es llevado a laboratorio para poder analizarlo, sometiéndole a pruebas, las cuales son reportadas en una tabla, haciendo una por cada pozo a cielo abierto excavado.

Las tablas de reporte contienen información de ensayos tales como:

- Granulometría de los materiales mediante cribado.
- Límites de consistencia.
 - Límite líquido
 - Límite plástico
 - Contracción lineal
- Peso volumétrico seco suelto (P.V.S.S.)
- Peso volumétrico seco máximo. (P.V.S.M.)
- Humedad óptima
- Peso volumétrico del lugar
- Contenido de humedad natural
- Compactación del lugar
- Valor relativo de soporte (V.R.S. Estándar)
- Expansión
- Clasificación “S.U.C.S.”

4.1.1 GRANULOMETRÍA DE LOS MATERIALES MEDIANTE CRIBADO

Existen 2 tipos de análisis granulométrico, que son: el “Estándar” y el simplificado.

4.1.1.1 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO ESTÁNDAR.

Esta prueba consiste en pasar por tamaños las partículas de suelo, pasándolo a través de una sucesión de mallas de aberturas cuadradas y en pesar las proporciones que se retienen en cada una de ellas, expresando dichos resultados como porcentajes en peso de la muestra total.

4.1.1.2 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO SIMPLIFICADO.

El análisis granulométrico simplificado consiste en separar y clasificar de igual manera las partículas que componen un material, empleando un número menor de mallas con respecto





al análisis granulométrico estándar, con el propósito de determinar los contenidos de grava, arena y finos menores que la malla No: 200 (0.075mm), así como el tamaño máximo del material y juzgar su calidad, relacionando su contenido de finos con las características de plasticidad, para clasificarlo, **que para nuestro caso es el análisis que se utilizará.**

La sucesión de tamaños obtenida mediante el empleo de mallas, da una idea de la composición granulométrica únicamente en dos dimensiones, por lo que las curvas resultantes solo sean representativas de los materiales constituidos por partículas de forma equidimensional, si las partículas de un material tienen forma laminar o ascircular, es decir, de lascas o de agujas respectivamente, los resultados que se obtengan no serán representativos de los tamaños reales del material y , en consecuencia, de su comportamiento. Así mismo, la curva granulométrica no dará una idea correcta de la sucesión de tamaños en los materiales con partículas de pesos específicos muy diferentes, en cuyo caso será necesario efectuar la corrección correspondiente, para transformar los porcentajes obtenidos en función de pesos, a porcentajes en función de volúmenes.

Las características granulométricas de un suelo influyen en la mayor o menor facilidad para lograr una compactación adecuada y tienen importancia en su comportamiento mecánico, principalmente en los suelos gruesos. Generalmente, la mayor estabilidad de un suelo se alcanza cuando la cantidad de vacíos es mínima y para que esta condición pueda lograrse, se requiere que el material tenga una sucesión adecuada de tamaños que permita que los huecos resultantes del acomodo de partículas mayores, sean ocupados por partículas menores y que a su vez, los huecos que dejen estas últimas sean ocupados por partículas más finas, y así sucesivamente.

Se denomina distribución granulométrica de un suelo a la división del mismo en diferentes fracciones, seleccionadas por el tamaño de sus partículas componentes.

Para fines de clasificación, los materiales que constituyen la corteza terrestre se agrupan en 3 divisiones: “suelos” “fragmentos de roca” y “roca”.

El término “**suelo**” se aplica a todas aquellas partículas de material menores de 7.6 cm (3”) el término “fragmentos de roca” se aplica a los fragmentos mayores a “7.6”cm (3”) y que no forman parte de la formación rocosa masiva. El término “**roca**” se usa para formaciones rocosas más o menos continuas y masivas.

El suelo se subdivide en suelos de partículas finas o “**finos**” son aquellos cuyas partículas son menores a la malla No: 200 y los “**gruesos**” son los que se retienen en la malla un 200 y pasan la malla de 7.6cm (3”). Los “finos” comprenden los suelos orgánicos, limos y arcillas.





Los suelos orgánicos son aquellos que contienen una cantidad apreciable de materia orgánica, una material orgánico es un limo o una arcilla, según sus características de plasticidad. Los suelos en que predomina más la materia orgánica quedan en un grupo denominado “truba”.

Los “gruesos” comprenden los grupos denominados arena y grava siendo la frontera entre ellos la malla No: 4”.

Los fragmentos de roca se subdividen en chicos medianos y grandes. Los fragmentos chicos son aquellos que se retienen en la malla de 7.6cm (3”) y su dimensión máxima es menos a 20cm. Los fragmentos medianos son aquellos cuya dimensión máxima está comprendido 20 cm y 1m. Los fragmentos grandes son aquellos cuya dimensión máxima es mayor que de 1m.

4.1.2 GRANULOMETRÍA DE CUERPO DE TERRAPLÉN.

De acuerdo con los datos antes mencionados y en relación a la granulometría, en específico del cuerpo de terraplén se aceptarán fragmentos de roca grande, de 150 cm como adecuado y 200cm como tolerable, aunque se tendrá que tomar en cuenta que el volumen total de fragmentos no deberá interferir con el perfecto compactado del cuerpo de terraplén, por lo que el porcentaje aceptable de roca tendrá que estar alrededor del 20% del total de la sección del terraplén.

4.1.3 GRANULOMETRÍA DE CAPA SUBYACENTE.

De acuerdo con la norma N-CMT-02/02, cuando la intensidad de tránsito sea de diez mil (10,000) a un (1) millones de ejes equivalentes, el espesor de mínimo de la capa subyacente tendrá que ser de treinta (30) centímetros; por lo que el tamaño máximo de su granulometría tendrá que permitir el perfecto compactado de la misma.

4.1.4 GRANULOMETRÍA DE CAPA SUBRASANTE.

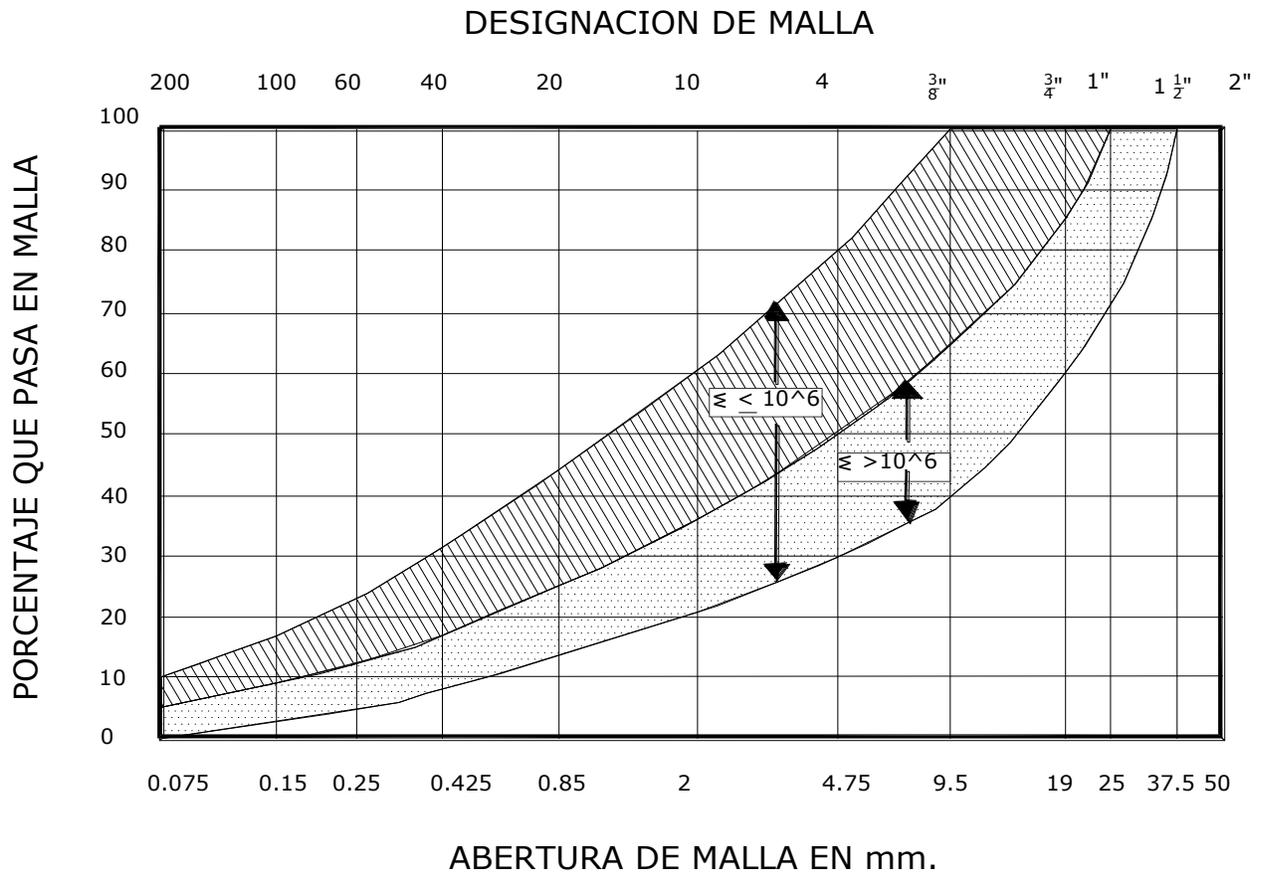
El espesor de la capa subrasante es variable al igual que el de la capa subyacente de acuerdo al número de ejes sencillos equivalentes, cuando la intensidad del tránsito sea igual o mayor a (1) millón de ejes equivalentes su espesor mínimo será de veinte (20) centímetros, cuando este valor sea rebasado y se encuentre de uno (1) a diez (10) millones de ejes el espesor mínimo será de treinta (30) centímetros, y cuando rebase dichos ejes será motivo de diseño especial; para los casos antes mencionados el tamaño máximo será de 7.5 c.





CMT. CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES

N-CMT-4-02-002/04



La curva granulométrica para bases hidráulica y asfáltica tendrá que pasar por las dos zonas ashuradas como se muestra en la figura anterior.





LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD INFORME DE MATERIALES PARA BASE HIDRÁULICA

CARRETERA : COCULA - ACATLAN - BARRA DE NAVIDAD		ENSAYE No _____
TRAMO : COCULA - ACATLAN		TIPO DE PRODUCTO _____
SUBTRAMO : DE KM 101+600 A KM 124+600		FECHA DE INF _____
ORIGEN : ACATLAN, JAL.		No DE INF _____
DATOS DEL MUESTREO	DESCRIPCION DEL MATERIAL	BASE HIDRAULICA DE SONDEO PARA USARCE EN _____
	TRATAMIENTO DEL PREVIO AL MUESTREO	NINGUNO
	CLASE DE DEPOSITO MUESTREADO	SONDEO
	UBICACION DEL BANCO DE DONDE PROCEDE EL MATERIAL	PROMEDIO DE GRANULOMETRIAS
PESO VOL. S. S. Kg/m3 :	1,516	
PESO VOL. S. M. Kg/m3 :	2,195	
HUMEDAD OPTIMA % :	9.64	
P.E. DEL LUGAR Kg/m3 :		
HUEMADAD DEL LUGAR % :	12.85	
%DE COMPACTACION	98.22	
COMPOSICIÓN GRANULOMETRICA	% QUE PASA MALLA EN mm	
	EN 50.0	
	EN 37.5	
	% QUE PASA	
	2 "	100.00
	1 1/2 "	96.83
	1 "	87.53
	3/4 "	74.60
	3/8 "	60.12
	No. 4	46.22
	10	37.51
	20	30.17
	40	23.60
	60	18.39
100	13.38	
200	9.39	
GRAFICA DE COMPOSICION GRANULOMETRICA		
MALLA		
PRUEBAS EN MAT. MAYOR 3/8"		PRUEBAS SOBRE MATERIAL TAMIZADO POR MALLA N° .40
ABSORCION :	2.76	LIMITE LIQUIDO : 22.78 EQUIV. HUMEDA CAMPO : _____
DENSIDAD :	2.24	LIMITE PLASTICO : 11.38 CONTRACCION LINEAL : 4.29
DURABILIDAD :		INDICE PLASTICO : 11.40 CLASIFICACION : GP-SC
V.R.S. (ESTANDAR) % :	76.26	VALOR CEMENTANTE _____
EXPANSION % :	0.38	MAT < 200 _____
DEGASTE DE LOS ANGELES		MAT > 40 _____
EQUIVALENTE DE ARENA % :	25.64	
OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES		
LABORATORISTA	JEFE DE LABORATORISTA	REVISOR
_____	_____	_____

En la tabla anterior se puede observar que la composición de la curva granulométrica es irregular, ya que sobrepasa en algunos puntos la zona 1 que es la que nos indica si la





granulometría “en nuestro caso” de la base hidráulica es la adecuada para un número mayor a los 10,000 ejes sencillos equivalentes.

Requisitos de granulometría de los materiales para bases de pavimentos con carpetas de mezcla asfáltica de granulometría densa.

Malla		Porcentaje que pasa	
Abertura en (mm)	Designación	$\Sigma L \leq 10^6$	$\Sigma L \leq 10^6$
37.5	1 ½”1”	100	100
25	1”	70-100	70-100
19	¾”	60-100	60-86
9.5	3/8”	40-100	40-65
4.75	No°4	30-80	30-50
2	No°10	21-60	21-36
0.85	No°20	13-44	13-25
0.425	No°40	8-13	8-17
0.25	No°60	5-23	5-12
0.15	No°100	3-17	3-9
0.075	No°200	0-10	0-5

4.1.5 GRANULOMETRÍA DE TERRENO NATURAL.

El terreno natural del tramo en estudio en su mayoría está formado por suelo fino, arcillas de alta y de baja plasticidad con escasas gravas CH, ó CL, por lo que a continuación se presentan 3 tablas, en la primera se puede observar el porcentaje máximo de gravas que se encontraron en el tramo, en la segunda se observa el porcentaje máximo de finos reportados a lo largo del tramo y en la tercer tabla se muestra el promedio de porcentajes de todo el tramo.





<i>TAMAÑO MÁXIMO (mm)</i>	<i>Val. Rep</i>
<i>% RET. EN MALLA DE 75 mm.</i>	
<i>% GRAVAS</i>	42.15
<i>% ARENAS</i>	49.31
<i>% FINOS</i>	8.54

<i>TAMAÑO MÁXIMO (mm)</i>	<i>Val. Rep</i>
<i>% RET. EN MALLA DE 75 mm.</i>	
<i>% GRAVAS</i>	0.00
<i>% ARENAS</i>	30.14
<i>% FINOS</i>	69.86

Composición granulométrica en la cual se puede observar el comportamiento del terreno natural

<i>TAMAÑO MÁXIMO (mm)</i>	<i>Val. Rep</i>
<i>% RET. EN MALLA DE 75 mm.</i>	
<i>% GRAVAS</i>	9.02
<i>% ARENAS</i>	46.14
<i>% FINOS</i>	44.84

Promedio de porcentajes de materiales retenidos en mallas 4 y 40, reportados a lo largo del tramo

Realizando una comparativa entre la tabla de especificaciones y la de promedio de porcentajes podemos concluir que el material de terreno natural no cuenta con la suficiente calidad como para formar parte de la base hidráulica, por lo tanto no es adecuado para formar parte de alguna capa del pavimento, ya que el nivel que ocupa cada capa es equivalente al nivel de calidad de cada una de ellas.

A CONTINUACIÓN SE PRESENTAN LOS PARÁMETROS DE SEPARACIÓN QUE SE USAN.





NUMERO DE MALLA	GRUPO	ABERTURA EN MM.	
MALLA 3"	Frontera entre fragmentos de roca y suelo.	75.0	
MALLA 2 ½"		63.5	
MALLA 2"		50.0	
MALLA 1 ½"		37.5	
MALLA 1 ¼"		31.5	
MALLA 1"		25.0	
MALLA ¾"		19.0	
MALLA 5/8"		16.0	
MALLA ½"		12.5	
MALLA 3/8"		9.5	
MALLA 5/16"		8.0	
MALLA ¼"		6.3	
MALLA No: 4		Frontera de suelos(gruesos) entre gravas y arenas	4.75
MALLA No:8			2.36
MALLA No:10	2.00		
MALLA No:12	1.70		
MALLA No:14	1.40		
MALLA No:16	1.18		
MALLA No:18	1.00		
MALLA No:20	0.850		
MALLA No: 30	0.600		
MALLA No: 40	Los materiales que pasan esta malla se utilizan para realizar las pruebas y conocer límites de plasticidad.		0.425
MALLA No:50			0.300
MALLA No:60			0.250
MALLA No:80			0.180
MALLA No:100			0.150
MALLA No: 140	0.106		
MALLA No: 200	Frontera entre los suelos gruesos y los finos	0.075	
MALLA No: 325		0.045	





4.1.6 LÍMITES DE CONSISTENCIA Y CONTRACCIÓN LINEAL.

Los métodos de esta prueba tienen por objeto conocer las características de plasticidad de la porción de suelo que pasa por la malla No: 40 ó (0.425), cuyos resultados se utilizan principalmente para la identificación y clasificación de suelos.

La plasticidad es la propiedad de algunos suelos que permite, bajo ciertas condiciones de humedad, mantener la deformación producida por un esfuerzo que le ha sido aplicado en forma rápida, sin agrietarse, desmoronarse o sufrir cambios volumétricos apreciables. Esta propiedad es originada por fenómenos electroquímicos, que proporcionan la formación de una capa de agua absorbida de consistencia viscosa, alrededor de las partículas, cuyo efecto en la interacción de dichas partículas determina el comportamiento plástico del suelo.

De acuerdo de su contenido de agua, los suelos pueden estar en algunos de los siguientes estados de consistencia:

- 1) Estado líquido, es el que presentan los suelos cuando manifiestan las propiedades de una suspensión.
- 2) Estado semilíquido, cuando los suelos tienen el comportamiento de un fluido viscoso.
- 3) Estado plástico, en el cual los suelos presentan propiedades de plasticidad
- 4) Estado semisólido, en el que la apariencia de los suelos es la de un sólido, sin embargo, al secarse disminuye su volumen.
- 5) Estado sólido, en el que el volumen de los suelos no varía aún cuando se le someta a secado.

Las fronteras entre los estados de referencia antes mencionados fueron establecidos por Atterberg bajo el nombre general de límites de consistencia, los cuales se indican a continuación:

4.1.6.1 LÍMITE LÍQUIDO, es el contenido de agua que marca la frontera entre los estados semilíquido y plástico.

4.1.6.2 LÍMITE PLÁSTICO, es el contenido de agua que marca la frontera entre los estados plástico y semisólido.

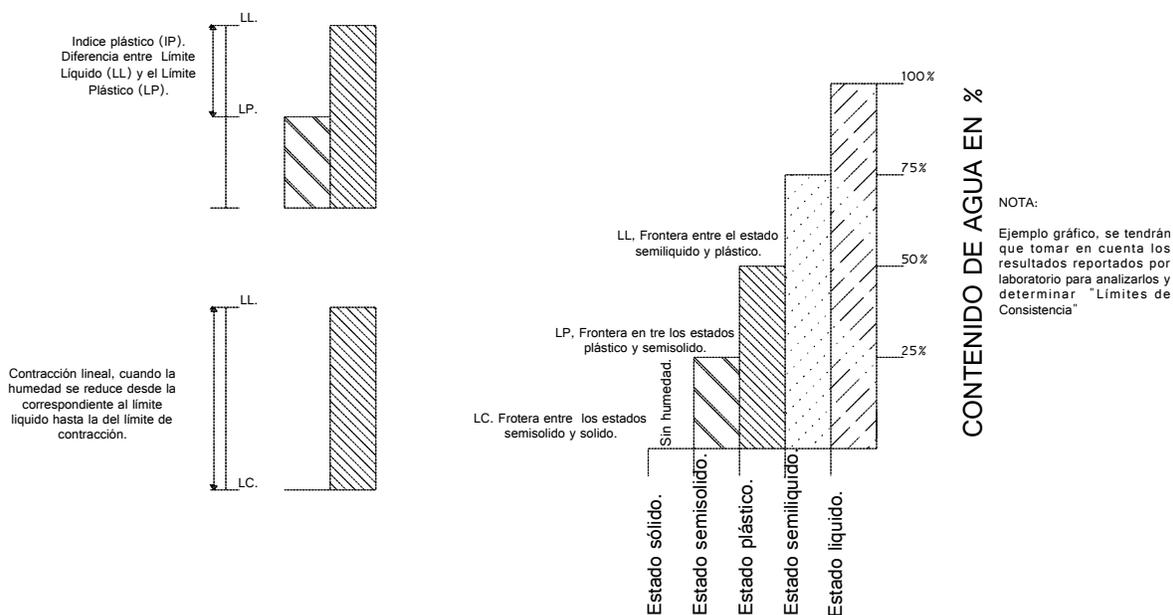
4.1.6.3 LÍMITE DE CONTRACCIÓN, es el contenido de agua que marca la frontera entre los estados semisólido y sólido.





4.1.6.4 A la diferencia aritmética entre el límite líquido y el límite plástico, se le denomina **ÍNDICE PLÁSTICO**.

4.1.6.5 LA **CONTRACCIÓN LINEAL** de un suelo es la reducción de volumen del mismo, medida en una de sus dimensiones como porcentaje de la dimensión original, cuando la humedad se reduce desde la correspondiente al límite líquido o hasta el límite de contracción.



Ejemplos gráficos de obtención de Límites de consistencia y contracción lineal.

F) Para definir las características de plasticidad de un suelo se utilizan el límite líquido, el índice plástico y la contracción lineal.

Para la determinación del límite líquido de un suelo por el método estándar, se emplea el procedimiento de Casagrande, según el cual define como límite líquido el contenido de agua de la fracción del suelo que pasa por la malla Núm. 40 (0.425), cuando al ser colocada en la copa de Casa Grande y efectuar en ella una ranura trapecial de dimensiones especificadas, los bordes inferiores de la misma se ponen en contacto en una longitud de





trece punto cero (13.0) mm milímetros, después de golpear la copa veinticinco (25) veces, dejándola caer contra una superficie dura de características especiales, desde una altura de un (1) centímetro a la velocidad de dos (2) golpes por segundo. En el método estándar el Límite líquido se determina gráficamente mediante la curva de fluidez, la que se obtiene uniendo los puntos que representan los contenidos de agua correspondientes a diversos números de golpes, para lo cual la ranura se cierra en una longitud específica.

A continuación se reportan los valores más altos y más bajos en lo que corresponde a contracción lineal del tramo en estudio, así como el valor promedio de todo el tramo.

<i>LÍMITE LÍQUIDO</i> %	38.72	<i>LÍMITE LÍQUIDO</i> %	28.64
<i>LÍMITE PLÁSTICO</i> %	18.34	<i>LÍMITE PLÁSTICO</i> %	20.37
<i>ÍNDICE PLÁSTICO</i> %	20.38	<i>ÍNDICE PLÁSTICO</i> %	8.27
<i>CONTRACCIÓN LINEAL</i> %	9.55	<i>CONTRACCIÓN LINEAL</i> %	4.38

<i>LÍMITE LÍQUIDO</i> %	31.96
<i>LÍMITE PLÁSTICO</i> %	16.15
<i>ÍNDICE PLÁSTICO</i> %	15.81
<i>CONTRACCIÓN LINEAL</i> %	7.14

Tablas de pruebas índice, las dos primeras representan los valores más altos y más bajos de contracción lineal, la tercer tabla representa el valor promedio de todo el tramo.

Con las tablas antes mencionadas de composición granulométrica y con los valores de límites de consistencia podemos determinar que el tramo está compuesto en su mayoría de arcillas de baja plasticidad con 7 cm de contracción lineal en promedio por lo que es de esperarse que tengan un V.R.S muy bajo y por lo tanto una capacidad de carga baja.





Por último cabe agregar que los valores reportados de pruebas índice, no corresponden a las tablas reportadas en el tema de granulometrías, pero son de sondeos muy cercanos.

4.1.7 DETERMINACIÓN DE LOS PESOS ESPECÍFICOS O PESOS VOLUMÉTRICOS DE LOS SUELOS

De acuerdo con la compacidad del suelo o grado de acomodo entre sus partículas sólidas, los pesos específicos o volumétricos pueden:

Peso volumétrico del suelo en estado natural, cuando el acomodo que tienen sus partículas es consecuencia de un proceso de la naturaleza. Este peso volumétrico es el que corresponde a la condición que tienen los materiales en los bancos en su estado original y en general, se refiere al terreno natural sin haberse removido.



Vista de banco de préstamo de materiales “La Cajeta” en la que se observa el material en estado natural del cual se obtiene su P.V. en estado Natural.

4.1.8 PESO ESPECÍFICO DEL SUELO EN ESTADO SECO Y SUELTO

Cuando su estructura natural ha sido alterada por algún proceso artificial como los de extracción, disgregación, cribado, trituración, etc. Y que se ha cribado y almacenado sin someterlo a ningún tratamiento especial de compactación. Este peso específico es variable para un mismo material de acuerdo con el acomodo que adopten sus partículas sólidas,





dependiendo de diversos factores, tales como el sistema de carga, el medio de transporte, tipo y altura de almacenamiento, etc. Para que el peso específico o volumétrico de un material suelto sea representativo, deberá determinarse en las condiciones reales de trabajo o de almacenamiento en que se encuentren.



Vista de la excavación con maquina del pozo a cielo abierto ubicado sobre el eje de trazo en el km 132+500 en la cual podemos observar material en estado suelto, de donde determinamos el peso volumétrico en estado suelto.

El peso específico o volumétrico de un suelo en estado suelto sirve principalmente para determinar los coeficientes de variación volumétrica y puede determinarse en campo o en laboratorio. La determinación del peso específico o volumétrico del suelo en estado suelto en el campo, deberá tratar de reproducir las condiciones reales de trabajo, por lo que el





procedimiento que se aplique para medir el peso y el volumen del material en estudio, dependerá del tipo de recipiente y de la forma de llenarlo con el suelo, así por ejemplo, por efectos de acarreos, será necesario medir el peso del material.

La determinación del peso específico o volumétrico seco y suelto se obtiene a partir de la siguiente expresión.

$$\gamma_d = \frac{100(W_{rm} - W_r)}{V(100 + W)} = \frac{100W_m}{V(100W)}$$

En donde:

γ_d , es el peso específico o volumétrico del material seco y suelto, en kilogramos por metro cúbico

W_{rm} , Es el peso del recipiente conteniendo el material en kilogramos.

W_r , Es el peso del recipiente en Kilogramos.

W_m , Es el peso del material contenido en el recipiente en Kilogramos.

V , Es el volumen del recipiente o del material contenido en el mismo, en metros cúbicos.

W , es el contenido de agua remanente en el material, en por ciento.

4.1.9 PESO ESPECÍFICO O VOLUMÉTRICO EN ESTADO COMPACTO

Cuando las partículas sólidas que lo constituyen han adquirido un cierto acomodo por algún procedimiento de compactación. En este caso se presentan dos (2) posibilidades, siendo una de ellas la que toma en cuenta la totalidad de las partículas del material y la otra, que considera sólo la reacción del material que pasa por determinada malla. La primera se aplica generalmente para el cálculo del coeficiente de variación volumétrica y la segunda para obtención de grados de compactación.

En general al referirse al peso volumétrico de un material en el lugar, se trata de los pesos específicos determinados en los estados natural o compacto del suelo “in situ”.





4.1.10 LA DETERMINACIÓN DEL PESO ESPECÍFICO O VOLUMÉTRICO DEL LUGAR

se puede determinar con el método de la trompa y arena, que se efectúa en los materiales tanto en estado natural como en estado compacto y sirve para obtener los coeficientes de variación volumétrica y los grados de compactación. la determinación del peso volumétrico en el lugar por este método, consiste esencialmente en hacer una excavación en el sitio de prueba elegido, pesar el material extraído y relacionar este peso con el volumen del sondeo, medido con arena.

Para determinar el peso específico o volumétrico de la arena γ_{sd} , se empleará la siguiente expresión:

$$\gamma_{sd} = \frac{W_{sd}}{V_r} \times 1000$$

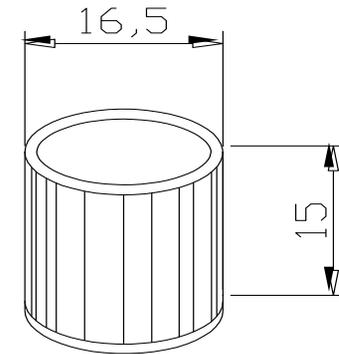
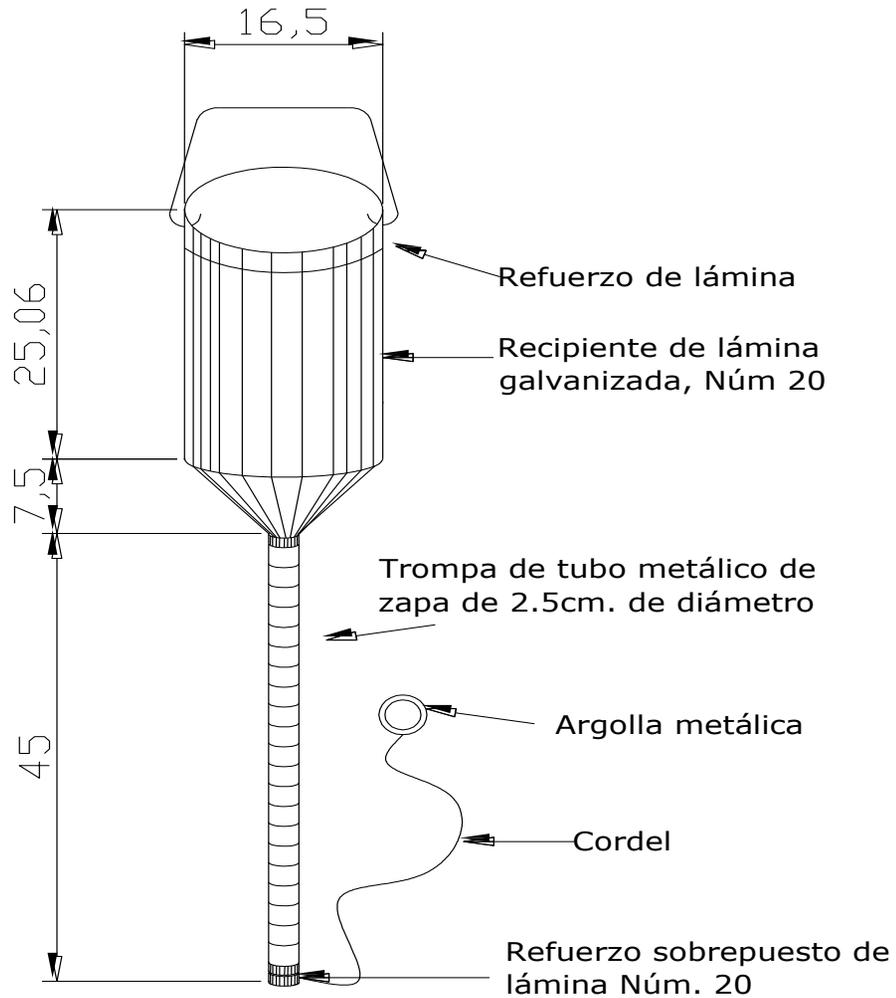
En donde:

γ_{sd} , es el peso específico o volumétrico de la arena seca, en Kilogramos por metro cúbico.

W_{sd} , es el peso de la arena seca empleada para llenar el recipiente, en gramos.

V_r , es el volumen del recipiente en cm^3 .





Recipiente de calibración para deteminar el peso volumétrico de la arena.

La base y el borde superior serán perpendiculares al eje del cilindro, el borde superior estará bien terminado sin salientes ni muescas

ESCALA EN: cm





El sondeo deberá hacerse cuidadosamente para evitar alteraciones en sus paredes y fondo, por lo que tendrá un volumen mínimo de acuerdo a la siguiente tabla:

Tamaño máximo del material (pasa la malla)	Volumen del sondeo de prueba no menor de Centímetros cúbicos	Muestra mínima para humedad Gramos
Núm.4.75	2000	100
Núm. 12.5	2000	250
Núm.25.0	2500	500
Núm.50.0	2500	1000
Núm.75.0	3000	1000

Dentro de esta prueba se deberá reportar y calcular lo siguiente:

Volumen del sondeo de prueba, mediante la siguiente fórmula:

$$Vm \left(\frac{W_{si} - W_{sf}}{\gamma_{sd}} \right) \times 1000 = \left(\frac{W_s}{\gamma_{sd}} \right) \times 1000$$

En donde:

V_m , es el volumen del sondeo de la prueba en, cm^3

W_{si} , es el peso inicial de la prueba preparada, en gr.

W_{sf} , es el peso final de la arena sobrante incluyendo la del dispositivo, en gr.

γ_{sd} , es el peso específico o volumétrico de la arena empleada en la prueba, en $\text{kg} \times \text{m}^3$.

W_s , es el peso de la arena empleada para llenar el sondeo en gr.





Se calcula y reporta el peso específico o volumétrico del material húmedo en el lugar, empleando la siguiente fórmula:

$$\gamma_d = \left(\frac{W_m}{V_m} \right) \times 100$$

En donde:

γ_m , es el peso específico o volumétrico del material húmedo en el lugar, en $\text{kg} \times \text{m}^3$.

W_m , Es el peso del material extraído del sondeo, en gr.

V_m , Es el volumen del sondeo de la prueba en cm^3 .

Se calcula y reporta el peso específico o volumétrico del material en estado seco, en el lugar, empleando la siguiente fórmula:

$$\gamma_d = \left(\frac{\gamma_M}{100 + W} \right) \times 100$$

En donde:

γ_d , es el peso específico o volumétrico del aterial en estado seco, en el lugar en $\text{kg} \times \text{m}^3$.

γ_m , es el peso específico o volumétrico del material húmedo en el lugar, en $\text{kg} \times \text{m}^3$.

W , es el contenido de agua del material, en porciento.

4.1.11 CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL.

La humedad o contenido de agua de un suelo es la relación expresada en porciento, entre el peso del agua que tiene un suelo y el peso de sus partículas solidas. Para los fines de esta prueba el contenido de agua es el peso que pierde la muestra al someterla a un proceso de secado en horno a ciento cinco más menos cinco grados ($105 \pm 5^\circ\text{C}$) y el peso de las partículas sólidas es el que tiene la muestra después de someterla al mismo proceso. Su determinación proporciona una información complementaria y en ciertos casos constituye una etapa fundamental de otras pruebas que se efectúan a los suelos. Por otra parte, el conocimiento del contenido natural del agua de un suelo en algunas ocasiones puede dar idea cualitativa de su consistencia o de su probable comportamiento.





La muestra que se destine para la prueba de tal manera que sea representativa del material cuyo contenido de agua se desea obtener. Cuando se trate de conocer la humedad de un suelo, es conveniente que al tomar en el campo la muestra se determine el peso inicial del material húmedo con todo y recipiente; cuando haya necesidad de transportar a laboratorio para determinar su humedad, deberán observarse las condiciones óptimas de transporte.

La calidad de muestra que debe tomarse para la determinación de la humedad será la indicada en el método de prueba correspondiente; si no hay indicación al respecto, los pesos mínimos estarán de acuerdo con lo siguiente:

Tamaño máximo del material en milímetros	Peso mínimo de la muestra, en gramos
4.75 pasa la malla Núm.4.75	100
25.0 pasa la malla Núm.25.0	500
50.0 pasa la malla Núm.50.0	1000

4.1.12 CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMA.

Es el contenido de agua adecuado para una muestra de suelo, es decir que es el contenido de agua que no la satura, pero si se somete a secado aún reduce de tamaño.

4.1.13 VALOR RELATIVO DE SOPORTE (V.R.S. Estandar)

Esta prueba fue originalmente desarrollada por el departamento de carreteras del estado de California; actualmente es de un uso muy extendido y el método de diseño en ella fundado quizá sirve para proporcionar más de la mitad de los de todos los pavimentos que se construyen actualmente en el mundo.

El valor relativo de soporte (VRS) se obtiene de una prueba de penetración, en la que un vástago de 19.4 cm^2 (3 plg^2) de área se hace penetrar un espécimen de suelo a razón de 0.127 cm/min (0.05 Plg/min); se mide la carga aplicada para penetraciones que varíen de 0.25 cm (0.1 plg). El valor relativo de soporte de un suelo se define como la relación expresada como porcentaje, entre la presión necesaria para penetrar los primeros 0.25 cm (0.1 plg) y la presión requerida para tener la misma penetración en un material arbitrario, adoptando como patrón, que es una piedra triturada en las que se producen las presiones en el vástago que se anotan en la tabla.





**PRESIONES PARA DISTINTAS PENETRACIONES DEL VÁSTAGO EN AL MATERIAL
PATRÓN PRUEVA V.R.S**

Penetración		Presión en el vástago	
cm	plg	Kg/cm ²	lb/plg ²
0.25	0.1	70	1,000
0.5	0.2	105	1,500
0.75	0.3	133	1,900
1.00	0.4	161	2,300
1.25	0.5	182	2600

Para la correcta construcción de las diferentes capas que constituyen la estructura de nuestra obra vial es necesario cumplir con una serie de normas que el Instituto Mexicano del Transporte (I.M.T) en cuanto Valores Relativos de Soporte (V.R.S).

A continuación se presentan valores relativos de soporte establecidos por la SCT.

CAPA	CARACTERISTICA	VALOR (min)
CUERPO DE TERRAPLÉN	Valor relativo de soporte.	10-15
CAPA SUBYASENTE	Valor relativo de soporte.	15-20
CAPA SUBRASANTE	Valor relativo de soporte.	20 en adelante

Los valores relativos de soporte del tramo en general varían de 5.37% a 13.25% resultantes de arcillas de baja plasticidad que abundan en el terreno en estudio, en algunos casos particulares se reportan V.R.S que varían de los 62.37% a los 72.59% producto de grava





arena arcillosa mal graduada, material que fue colocado a volteo por el gobierno local en dos pequeñas partes del tramo y utilizado por la gente local para que los automóviles puedan orillarse, uno se encuentra en un entronque a nivel, y el otro está a las afueras del municipio Unión De Tula, a este material se le prestó poca importancia y aunque los parámetros de calidad son buenos, es muy poco material para que pueda ser tomado en cuenta dentro de la construcción de las terracerías.

4.1.14 CLASIFICACIÓN SUCS

Como ya se menciono anteriormente el sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS) primariamente clasifica al suelo en dos fracciones, la primera es correspondiente a materiales que no pasan la malla No. 200, a estos materiales se les clasifican como gruesos y aquellos que sí la pasan son clasificados como finos, determinando que un suelo es grueso cuando más del 50% de sus partículas son gruesas, y finos cuando más de la mitad de sus partículas (en peso) son finas.

En el caso de los suelos gruesos su símbolo está formado por las iniciales de sus nombres en inglés como son G y S, que significan G (Gravel) o gravas y S (Sand) o arenas.

Existen normas que nos indican cuales son los parámetros propios para poder realizar una clasificación de suelos adecuada para cada tipo de suelo, a continuación se presenta la de la parte gruesa.

Como ya se explico anteriormente en el primer subtema la frontera entre las gravas y las arenas es la malla No. 4 (abertura en mm 4.75), así como la maya de 3” es la frontera entre los fragmentos de roca y las gravas y la malla No. 40 es la frontera límite de las arenas, por lo que se determinó que si más del 50% del material es retenido en la malla No. 4 el grupo genérico al que pertenece este material será al de las gravas (G), por lo contrario si la mayor parte del material es retenido en la malla No. 200 pertenecerá el grupo genérico de las arenas (S).

A su vez las gravas y las arenas se subdividen en cuatro grupos.

1. Material prácticamente limpio de finos, bien graduado. Símbolo W (Well graded)

En combinación con los símbolos genéricos, se obtienen los grupos GW y SW.

En ambos casos, la presencia de los finos que pueda contener estos grupos, no deben producir cambios apreciables en las características de resistencia de la fracción gruesa, ni interferir con su capacidad de drenaje. Los anteriores requisitos se garantizan en la práctica





2. Material prácticamente limpio de finos, mal graduado. Símbolo P (poroly graded). En combinación con los símbolos genéricos da lugar a los Grupos GM y SM; estos suelos son mal graduados, es decir, son de apariencia uniforme o presentan predominio de un tamaño de un rango de tamaños intermedios.

En ambos casos se especifica que el contenido de partículas finas no debe ser mayor de 5% en peso, sus graduaciones se miden en laboratorio, por medio de sus coeficientes de uniformidad (Cu) y curvatura (Cc), en el caso de los bien graduados se exige que su coeficiente de uniformidad sea mayor a 4, mientras que el de curvatura debe estar comprendido entre 1 y 3. En el caso de las arenas bien graduadas el coeficiente de uniformidad será mayor a 6, por otra parte para los mal graduados lo único que cambia son sus requisitos de graduación.

GRUPOS GC y SC.

En ambos casos el contenido de finos debe sobrepasar el 12% en peso, se condiciona que su índice plástico sea mayor al 6% y su ubicación es por encima de la línea "A".

Por otra parte se utilizara símbolo doble cuando el material no cae dentro de un grupo claramente, correspondientes a casos de frontera, ej. GW – SW.

SUELOS FINOS.

El sistema se encarga de dividir en tres grupos primarios a los suelos agrupados dando lugar a lo siguiente.

- 1.- Limos inorgánicos de símbolo M (del sueco mo, limo).
- 2.- Arcillas inorgánicas, de símbolo C (clay).
- 3.- Limos y arcillas orgánicas, de símbolo genérico O (organic).

Cada uno de estos tres tipos de suelos se subdivide, según su límite líquido, en dos grupos. Si este es menor de 50, es decir, si son suelos de compresibilidad baja o media, se añade al símbolo genérico la letra L (low compresibility), obteniéndose por esta combinación los grupos ML, CL Y OL. Los suelos finos con límite líquido mayor a de 50 o sea de alta compresibilidad, llevan tras el símbolo genérico, la letra H (high compresibility),





teniéndose así los grupos MH_1 , CH_1 , OH_1 , y MH_2 , CH_2 , OH_2 , siendo el criterio para separar los suelos de subíndice 1, de los de subíndice 2, el que tengan un límite líquido menor o mayor de 100, respectivamente.

Debe notarse que las letras L y H no se refieren a baja o alta plasticidad, pues esta propiedad del suelo, como se ha dicho, se expresa en función de dos parámetros (LL e IP), mientras que en el caso de la distinción de los símbolos L y H que nos ocupa, solo el valor del límite líquido interviene. Por otra parte, ya se hizo notar que la compresibilidad de un suelo es una función directa del límite líquido, de modo que un suelo es más compresible a mayor límite líquido.

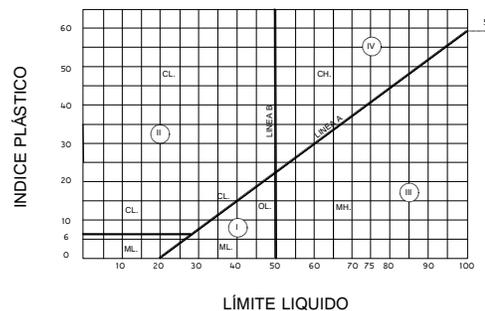
Como ya se comentó los valores reportados por laboratorio con respecto a límites de consistencia y con ayuda de la carta de plasticidad podremos reportar las clasificaciones de los suelos que pasan la malla No. 40, y en conjunto con la granulometría se podrá dar una descripción de los materiales más completa.

A lo largo del tramo en estudio se encontraron arcillas de baja compresibilidad de símbolo genérico “CL” según la clasificación mencionada anteriormente, y en algunos tramos se encontraron gravas arcillosas mal graduadas símbolo genérico (GP – SC)

MMP. METODOS DE MUESTREO Y PRUEBA DE MATERIALES

M-MMP-1-02/03

si el punto se aloja en la zona II el material se clasifica como arcilla de baja compresibilidad y se identifica con el simbolo CL, si se ubica en la zona. IV, se clasifica como arcilla de alta compresibilidad y se identifica con el simbolo CH.



Carta de plasticidad utilizada para clasificar materiales que pasan por la malla No. 40





4.2 TABLA DE DATOS DE SUELO PARA EL CÁLCULO DE LA CURVA MASA.

El correcto cálculo de un diagrama de masas, tan importante para definir los procesos constructivos, el aprovechamiento de los materiales disponibles y costo de un proyecto depende en mucho de consideraciones geotécnicas y de la información de este estilo que pueda ofrecerse a los encargados del proyecto geométrico de la vía.

Cada alternativa de un trazo en estudio deberá tener su correspondiente perfil de suelos, somero y superficial y deberá llegarse a poner directrices detalladas sobre el uso de los materiales y sobre los tratamientos a que convenga someter a estos.

Para facilitar y estandarizar la forma de entregar los datos se ha creado un formato en forma de tabla, dicho formato consta de 9 columnas.

KM.	ESTRATO		CLASIFICACIÓN DEL MATERIAL (SUCS)	TRATAMIENTO	COEFICIENTE DE				CLASIF.	TERRAPLEN		CORTE		OBSERVACIONES
	No.	ESP.			VARIACIÓN VOLUMÉTRICA				PRESUP.	ALT.		ALT.		
				PROBABLE	90%	95%	100%	BAND.	A - B - C	MAX.	TALUD	MAX.	TALUD	

Ejemplo de parámetros a evaluar de la tabla de datos para el cálculo de la CURVA – MASA.

En la primera columna se reportan los kilometrajes en los cuales se encontró un material con las mismas características, de plasticidad, granulometría, etc, a los cuales se les conoce como contactos geotécnicos, y que son sacados de las pruebas de laboratorio y del perfil de campo.

4.2.1 NUMERO DE ESTRATO.

Se reportaron y numeraron los diferentes tipos de estratos encontrados individualmente en cada uno de los sondeos realizados al terreno natural, iniciando desde la capa vegetal hasta el último estrato encontrado a los 2.50m, límite marcado por los términos de referencia del la S.C.T.

4.2.2 ESPESOR DE LOS ESTRATOS ENCONTRADOS A LO LARGO DE LA LÍNEA.

Para determinar las condiciones naturales de los materiales y obtener muestras representativas de todos los estratos, se realizaron un mínimo de 2 exploraciones en pozos a cielo abierto por cada kilómetro con un mínimo de 2.5 m de profundidad, limitados por el





nivel friático, en caso de áreas de roca se extraerán muestras para su estudio preliminar y se programarán estudios de mayor detalle con apoyo de geofísica y/o exploración mecánica, si se considera necesario.



PCA UBICADO EN EL KM 111+000 EN EL CUAL SE OBSERVA LA PROFUNDIDAD DEL MISMO

Para garantizar la mayor cobertura de los estudios geotécnicos los sondeos se realizaron a tres bolillo.

En algunos casos en este proyecto no se pudo cumplir ya que el camino actual se encuentra en terraplén, y considerando la sección de 7 metros, tuvimos que adecuarnos a la situación. A continuación se presenta un croquis del tramo en la forma en la que se llevó a cabo la excavación de los pozos.





4.2.3 DESCRIPCIÓN DE LOS MATERIALES “CLASIFICACIÓN SUCS”

En esta clasificación se toma en cuenta suelos gruesos, finos y Rocas.

Para la clasificación de suelos se toma en cuenta:

En primera instancia se tomo en cuenta la clasificación obtenida de las pruebas índice realizadas en laboratorio, posteriormente la clasificación obtenida en la granulometría obtenida a partir de las pruebas de tamizado, se hace mención de los materiales que no se incluyeron a la clasificación primaria por su bajo porcentaje; es decir:





No. DE ESTRATO	T.N.
KM.	115+000
ESPEJOR DE DESPALME	0.15
ESPEJOR DE ESTRATO	INDEF.
	1 EST.

TAMAÑO MÁXIMO (mm)	
% RET. EN MALLA DE 75 mm.	
% GRAVAS	6.31
% ARENAS	54.12
% FINOS	39.57
LÍMITE LÍQUIDO %	23.48
LÍMITE PLÁSTICO %	14.38
ÍNDICE PLÁSTICO %	9.10
CONTRACCION LINEAL %	6.61
P. E. S. Máx. kg/m³	1,944
P.V.S.S. Kg/M³	1,268
HUMEDAD ÓPTIMA %	10.28
V.R.S. AASHTO %	12.35
EXPANSIÓN %	0.72
CLASIFICACIÓN S.U.C.S.	SC

En la tabla de mano izquierda se observa que la clasificación según las pruebas correspondientes de laboratorio es (SC) "ARENA ARCILLOSA", sin embargo no se reporta la presencia de gravas por tener un porcentaje bajo, con respecto a los otros 2 materiales, hecho que se tendrá que reportar dentro de la descripción de los materiales de la Tabla de Datos Para Curva Masa.

Color ya que este puede ser un indicador de que tan húmedo se encuentra el suelo en esa zona y porque tipo de materiales está siendo afectado.

4.2.4 CONSISTENCIA

La consistencia de un material es una propiedad vinculada especialmente a la rigidez de los cuerpos, es decir. la cohesión que exista entre las partículas de un suelo fino (limos y arcillas) la propiedad equivalente para suelos gruesos (gárabas y arenas) es la compacidad.





ARENA	COMPACIDAD
SUELTA	
MEDIANAMENTE COMPACTA	
COMPACTA	
MUY COMPACTA	
LIMO NO PLÁSTICO	CONSISTENCIA
MUY SUELTO	
SUELTO	
MEDIANAMENTE COMPACTO	
COMPACTO	
MUY COMPACTO	
ARCILLA Y LIMO PLÁSTICO	CONSISTENCIA
MUY BLANDA	
BLANDA	
MEDIA	
FIRME	
MUY FIRME	
DURA	

Tabla de tipo de compacidad y consistencia de materiales finos o gruesos

4.2.5 GRADO DE PLASTICIDAD:

El comportamiento de los materiales es variado cuando hablamos de la relación esfuerzo deformación.

Cuando se aplica algún esfuerzo suficientemente pequeño y el material tiene la capacidad de volver a su estado original se dice que su comportamiento es elástico, cuando por lo contrario se aplica un esfuerzo mayor y el material sufre una deformación de tal manera que ya no es posible su recuperación, entonces se dice que el material ha tenido un comportamiento plástico.

Los suelos plásticos cambian su consistencia al variar su contenido de agua. De ahí que se puedan determinar sus estados de consistencia al variar si se conoce las fronteras entre ellas. Los estados de consistencia de una masa de suelo plástico en función de cambio de humedad en las masas de suelo varían.

La plasticidad en una arcilla no es una propiedad permanente, según Atterberg, es circunstancial y dependiente de su contenido de agua, una arcilla puede presentar la consistencia de un ladrillo, con plasticidad nula, y esa misma, con gran contenido de agua puede presentar propiedades de un lodo semilíquido o inclusive, la de una suspensión líquida.





A partir de la información antes mencionada podemos concluir que la plasticidad de un suelo es la propiedad del mismo a deformarse sin agrietarse.

La S.C.T. Mediante su normativa establece que:

CAPA	CARACTERISTICAS	VALOR
CUERPO DE TERRAPLÉN	Límite Líquido; máx.	50%
CAPA SUYACENTE	Límite Líquido; máx.	50%
CAPA SUBRASANTE	Límite Líquido; máx.	40%

4.2.6 PORCENTAJE DE GRAVA Y DE FRAGMENTOS DE ROCA.

La identificación del porcentaje de gravas o de fragmentos de roca se hará en campo, o en el último de los casos se podrá determinar observando el reporte fotográfico enviado desde campo, en caso de encontrar roca se deberá describir nombre y origen geológico, estado de intemperización y fracturamiento, echado de los estratos y materiales que se obtendrán al ser explotados, a continuación se nombran los grados de intemperización tomados en cuenta por la D.G.C. de la S.C.T, y sus principales características.

MUY INTEMPERIZADAS: Rocas con alteración física y química muy avanzadas, poco cementadas, con grietas apreciables rellenas de suelo; se desintegran fácilmente. Podrán atacarse con tractor y obtendrán fragmentos chicos, gravas arenas y arcillas.

MEDIANAMENTE INTEMPERIZADAS: Rocas con alteración física y química medianamente avanzadas, medianamente cementadas. Para atacarlas se requerirá el empleo de arado y explosivos de bajo poder y se obtendrán fragmentos chicos y medianos, gravas y arenas.

POCO INTEMPERIZADAS: Rocas con poca alteración física y química medianamente avanzadas, medianamente cementadas, poco fracturadas. Para atacarlas se requerirá el empleo de explosivos de alto poder, y se obtendrán fragmentos medianos, chicos, medianos y gravas.

SANAS: Rocas sin alteración física o química, poco o nada fisuradas, bien cementadas, densas. Para atacarlas se requerirá el empleo de explosivos de alto poder y se obtendrán fragmentos grandes y medianos.

4.2.7 TRATAMIENTO PROBABLE.





Este apartado se refiere al tratamiento mecánico que se recomienda para cada uno de los materiales encontrados, en el momento de ser acomodados en el terraplén, los tratamientos más frecuentes son: la compactación en suelos, el bandeo con tractor o equipo similar, que todavía se utiliza para los materiales muy gruesos o la simple colocación a volteo que aun es posible ver para el relleno de los primeros metros del fondo de las gargantas con material de fragmento rocoso.

El bandeo consiste en el paso de un tractor sobre el material grueso tendido en capas; y aunque este tratamiento diste de ser idóneo para la construcción de enrrocamientos importantes, pero en la práctica mexicana se utiliza para acomodar fragmentos de roca en pedraplenes no muy altos. Desde luego el procedimiento se utiliza solamente en materiales muy gruesos, para los que los procedimientos normales de compactación presentan problemas, cuando se utilizan en los equipos convencionales.



IMÁGEN DE PEDRAPLEN, EN BANDEO.

El bandeo se realiza en pasadas por punto, es decir que el tractor deberá pasar varias veces por el mismo punto para permitir el correcto acomodo de el pedraple





4.2.8 COEFICIENTE DE VARIACIÓN VOLUMÉTRICA.

El peso volumétrico de un material en el lugar de donde ha de ser extraído no será nunca el mismo que el ya colocado en terraplén; cuando el material se excava es frecuente que su volumen aumente, para reducirse otra vez cuando es compactado en su lugar final, dependiendo de esta reducción, obviamente, del grado de compactación que se obtenga. El coeficiente de de variación volumétrica es un número que expresa la relación del peso volumétrico seco en estado natural y el mismo concepto cuando el material está compactado a un cierto grado de compactación.

Se expresa como:

$$C_{vv} = \left[\frac{(\gamma_{dn} / \gamma_{d \text{ máx}})}{G_c} \right]$$

Done:

γ_{dn} = Es el peso volumétrico seco del suelo, en estado natural, en el lugar del que ha de ser extraído.

$\gamma_{d \text{ máx}}$ = Es el máximo peso volumétrico seco que pueda obtenerse para ese suelo con la prueba de control de compactación que se esté empleando.

G_c = Es el grado de compactación que se especifique para el caso.

El coeficiente de variación volumétrica depende en gran parte de la consistencia o compacidad del material en el momento en el que se extrae, como ya se explicó dicho coeficiente está en función del grado de compactación necesario para las diferentes capas del pavimento y de sus terracerías.





TIPO DE MATERIAL	COMPACTADO			BANDEADO	ABUNDA MIENTO.
	90%	95%	100%		
ARENA SUELTA	0.87	0.82	0.78		1
MEDIANAMENTE COMPACTA	0.96	0.91	0.86		1.1
COMPACTA	1.03	0.98	0.93		1.2
MUY COMPACTA	1.11	1.05	1		1.28
LIMO NO PLÁSTICO MUY SUELTO	0.82	0.78	0.74		1.06
SUELTO	0.91	0.86	0.82		1.17
MEDIANAMENTE COMPACTO	0.99	0.94	0.89		1.27
COMPACTO	1.06	1	0.95		1.36
MUY COMPACTO	1.11	1.05	1		1.43
ARCILLA Y LIMO PLÁSTICO MUY BLANDA	0.78	0.74	0.7		1.08
BLANDA	0.87	0.82	0.78		1.2
MEDIA	0.95	0.9	0.85		1.3
FIRME	1.01	0.96	0.91		1.4
MUY FIRME	1.08	1.02	0.97		1.49
DURA	1.14	1.08	1.02		1.57

VALORES MÁS USADOS DE C.V.V.

4.2.9 CLASIFICACIÓN PARA PRESUPUESTO.

Dicha clasificación es concebida en campo, ya que depende de las condiciones en las que se encuentre el material en su lugar de origen, y está referida a la forma en la que se va a atacar para su extracción. Dejando una clasificación muy breve pero precisa.

A, B, ó C.

A, dejando a este tipo de material como de fácil extracción tomando como ejemplo su extracción con pico y pala.

B, este tipo de material presenta más complicaciones al momento de ser extraído, por lo que ya no será posible hacerlo en su totalidad a pico y pala, sino que será necesario utilizar maquinaria para su extracción, o en su caso explosivos de muy bajo poder.

C, las condiciones de extracción de este tipo de material son más difíciles, por lo que ya no es posible quitarlo con maquina, y por lo que será necesario utilizar explosivos de alto poder para su correcta explotación.

Así es usual en México, describir un material cualquiera por medio de una suman que resulte siempre 100, que representan los porcentajes de los materiales A, B, y C que





componen el total que a de removerse. El precio que se considere a fin de cuentas por metro cúbico de material excavado queda señalado por los porcentajes señalados y por el precio pre señalado por la institución contratante para el pago de la excavación de la misma unidad de volumen en cada una de las tres categorías de material consideradas.

Tomando en cuenta criterios de revisión de la D.G.C de la S.C.T nos podemos dar cuenta de que la clasificación para presupuesto está íntimamente ligada con el coeficiente de variación volumétrica, ya que entre más compacto, o firme se encuentre un material en campo, en primer lugar es un indicador de que el material va a obtener mayores C.V.V, y en segundo lugar existirá mayor dificultad al momento de atacarlo.

4.2.10 RECOMENDACIÓN PARA TALUDES EN CORTE Y EN TERRAPLÉN.

La acción de los agentes de intemperismo y otras fuerzas naturales, tanto por sus esfuerzos mecánicos como químicos es siempre niveladora, en el sentido literal de que tiende a convertir la corteza terrestre en una superficie horizontal. Cuando se construyen cortes y terraplenes, el ingeniero tiene que tomar en cuenta que estas acciones se coordinan en contra de el y que sus esfuerzos han de dirigirse a contrarrestarlas; solamente con ese trasfondo podrá el ingeniero fundamentar debidamente sus métodos de trabajo en estos campos.

Cuando se realiza la construcción de vías terrestres nos encontramos con problemas de estabilidad de taludes, tanto en corte como en terraplén.

Ambos casos son esencialmente diferentes, pues mientras los terraplenes se construyen con material en los que, por lo menos en principio se selecciona la calidad, en los cortes estamos atentos al uso riguroso de los materiales existentes “in situ”, el terraplén es construido bajo normas que, por lo menos también en principio, dan lugar a una estructura que por su homogeneidad y control tiene un comportamiento mas predecible, en tanto que en el corte la influencia del constructor es más limitada, especialmente en la distribución de los materiales, en su comportamiento mecánico y en la acción de todo un conjunto de factores como el agua, por ejemplo, de fundamental repercusión en su comportamiento. Así la problemática de un proyecto a otro siempre será diferente como la forma de dar solución.

Existen diferentes motivos por los que un talud puede fallar, una de ellas y la más común es el peso propio del material, otro puede ser la acumulación de agua, las posibles sobrecargas, etc.





En la actualidad en México existen diferentes métodos para calcular la falla de los taludes, uno de ellos es el método sueco de dovelas, que supone que el talud tiende a deslizarse en forma cilíndrica cuyo trazo en el plano del papel es un arco de circunferencia.

La aplicación de las ideas anteriores tiene como pre – requisito fundamental un amplio conocimiento de la resistencia al esfuerzo cortante del material que constituye el talud, lo que no es posible lograr sin un programa completo de exploración, muestreo y pruebas de laboratorio.

También tiene la mecánica de suelos actual medios para cubrir de una manera satisfactoria este pre – requisito; los métodos de exploración, obtención de muestras inalteradas o fabricación de especímenes representativos en laboratorio y las técnicas de ensaye para investigación de la resistencia están lo suficientemente avanzados como para proporcionar los datos de proyecto adecuados.

Sin embargo, el conocimiento de las propiedades mecánicas a detalle en cada punto de una carretera, es prácticamente imposible, por lo menos en el grado de aproximación suficiente como para permitir un proyecto basado en métodos teóricos en cada corte o terraplén.

Por lo tanto se reconoce que ha de dejarse al criterio de un ingeniero de campo, auxiliados por estudios someros y rápidos, la recomendación de la inclinación de cortes y terraplenes, así como la determinación de coeficiente de variación volumétrica y otros datos geotécnicos que repercuten de un modo decisivo en los costos de la obra vial.

Conviene insistir en que las ideas anteriores se aplican a la obra vial como un conjunto, pero no excluyen la necesidad, que plantean algunos cortes y terraplenes especiales, de estudios teóricos realizados con todo detalle.

4.2.11 OBSERVACIONES PARTICULARES Y GENERALES.

Como ya es bien sabido los materiales que podemos encontrar son diversos, en cuanto a textura, color, y también en cuanto a características de resistencia, y por ende da calidad.

4.2.11.1 OBSERVACIONES PARTICULARES.

Son un listado de recomendaciones y tratamientos que se le puede dar a determinado material, dependiendo en gran parte de sus características de calidad y de resistencia; basándose para ello en pruebas índice de laboratorio, así también en su V.R.S; ya que la S.C.T mediante sus normas propone parámetros para determinados puntos como son: limite liquido, V.R.S, tamaño máximo del agregado expansión y grado de compactación. Después





del análisis de todos estos puntos se le pueden asignar a los materiales las observaciones que necesite y poderlo ubicar en cualquier capa de las terracerías de la estructura del pavimento.

OBSERVACIONES PARTICULARES UTILIZADAS POR S.C.T.

A. En todos los casos el cuerpo de terraplén, se compactará al 90% o se bandeará según sea el caso; las capas de transición y subrasante se compactarán al 95% y 100% respectivamente; los grados de compactación indicados son con respecto a la Prueba AASHTO dependiendo de la granulometría del material, por lo que quedará a juicio del Laboratorio de Control aplicar la Prueba que corresponda.

B. En todos los casos, cuando no se indique otra cosa, el terreno natural, después de haberse efectuado el despalme correspondiente, el piso descubierto deberá compactarse al 90% de su PVSM en una profundidad mínima de 0.20 m.; ó bandearse según sea el caso.

C. Material que por sus características, no debe utilizarse ni en construcción del cuerpo de terraplén.

D. Material que por sus características, solo puede utilizarse en la formación del cuerpo de terraplén, mismo que deberá compactarse al 90% de su PVSM ó bandearse según sea el caso.

E. Material que por sus características puede utilizarse en la formación del cuerpo de terraplén y capa de transición.

F. Material que por sus características puede utilizarse en la formación del cuerpo de terraplén, capa de transición y capa subrasante.

G. En terraplenes formados con este material, se deberá construir capa de transición de 0.50 m. de espesor; y se proyectará capa subrasante de 0.30 m. de espesor.

H. En terraplenes y cortes construidos en este material, se deberá proyectar capa de transición de 0.50 m. de espesor como mínimo y capa subrasante de 0.30 m. compactadas al 95% y 100% respectivamente, las cuales se construirán con material de préstamo del banco más cercano.

I. En cortes formados en este material, la cama de corte, se deberá compactar al 95% de su PVSM, en una profundidad mínima de 0.30 m. y se deberá proyectar capa subrasante de 0.30 m. de espesor, compactándola al 100%, con material procedente del banco más cercano.





J. En este tramo se deberá proyectar en cortes y terraplenes bajos, capa de transición de 0.50 m. de espesor, como mínimo y capa subrasante de 0.30 m.; en caso de ser necesario se deberán abrir cajas de profundidad suficiente para alojar las capas citadas; ambas capas se proyectarán con préstamo del banco más cercano.

K. En cortes, se deberán escarificar los 0.15 m. superiores y acamellonar; la superficie descubierta, se deberá compactar al 100 % de su PVSM respectivo en un espesor mínimo de 0.15 m. con lo que quedará formada la 1ra. capa subrasante, con el material acamellonado se construirá la 2da. capa subrasante, misma que deberá compactarse también al 100 % de su PVSM.

L. En cortes formados en este material, se proyectará únicamente capa subrasante de 0.30 m. con espesor mínimo, compactándola al 100 % y se construirá con material de préstamo del banco más cercano.

M. En cortes formados en este material, se escarificarán los primeros 0.30 m., a partir del nivel superior de subrasante, se acamellonará el material producto del escarificado y se compactará la superficie descubierta al 95%, hasta una profundidad de 0.20 m. Posteriormente, con el material acamellonado se formará la capa subrasante de 0.30 m. de espesor.

N. En terraplenes y cortes construidos en este material, se deberá proyectar capa de transición de 0.50 m. de espesor como mínimo y capa subrasante de 0.30 m. compactadas al 95% y 100% respectivamente, las cuales se construirán con material de préstamo del banco más cercano.

4.2.11.2 OBSERVACIONES GENERALES.

Al igual que las particulares, son un listado de recomendaciones, la diferencia entre ellas es que estas son constructivas, y van desde el despalme, hasta recomendaciones generales para pendientes de taludes en terraplén, por otra parte cabe señalar que estas no se reportan dentro de la tabla de datos para curva masa.

A continuación se presenta una tabla de parámetros para V.R.S. utilizados por la D.G.C de la S.C.T.

CAPA DE TERRACERIAS	VRS MINIMO
CUERPO DE TERRAPLÉN	10 - 15
CAPA SUYACENTE	15 - 20
CAPA SUBRASANTE	> 20





OBSERVACIONES GENERALES UTILIZADAS POR S.C.T

- 1.- Los trabajos se iniciarán con el desmonte, desraíce y limpieza general del área en donde quedará alojado la ampliación del cuerpo del camino, de acuerdo a lo Indicado en el proyecto.
- 2.- El despalme se hará hasta la profundidad indicada en las tablas de datos y de la manera conveniente para eliminar el material correspondiente al primer estrato.
- 3.- Los terraplenes desplantados en un terreno con pendiente natural igual o mayor al 25%, se anclarán al terreno natural mediante escalones de liga a partir de los ceros del mismo, cada escalón tendrá un ancho mínimo de huella de 2.50 m. en material tipo “A” o “B” y en material “C” el escalón tendrá un metro de huella; en ambos casos la separación de dichos escalones será de 2.00 m. medidos horizontalmente, a partir de los ceros de los mismos.
- 4.- En los taludes de los cortes, no se dejarán fragmentos rocosos o porciones considerables de material susceptibles de desplazarse hacia el camino.
- 5.- Con el material producto del despalme, se deberán arropar los taludes de los terraplenes.
- 6.- La construcción de obras de drenaje se harán antes de iniciar la construcción de terracerías, concluidas tales obras, deberán arroparse adecuadamente para evitar cualquier daño a la estructura de las mismas durante la construcción.
- 7.- Se deberá propiciar la forestación de los taludes de los cortes y terraplenes con vegetación para evitar la erosión de los mismos.
- 8.- En todo el tramo y donde indique el proyecto las cunetas deberán impermeabilizarse con concreto hidráulico $f'c= 100 \text{ kg/cm}^2$, con un espesor de 8 cm. aproximadamente.
- 9.- Debe evitarse que la boquilla de aguas abajo de las alcantarillas descargue sus aguas sobre el talud del terraplén construido, en estos casos la obra de drenaje se prolongará con lavaderos, hasta los ceros del terraplén.
- 10.- Cualquier ampliación de corte por requerimiento de material únicamente, debe hacerse a partir del talud externo de la cuneta, o bien formando una banqueta, la cual quedará debidamente drenada y de preferencia aguas abajo.
- 11.- Los taludes del proyecto que deberán considerarse para terraplenes son los siguientes:





ALTURAS	INCLINACIÓN
Entre 0.00 y 1.00 m.	5:1
Entre 1.00 y 2.00 m.	3:1
Mayores de 2.00 m.	1.7:1

12.- El material que forme la capa subrasante, no deberá contener partículas mayores de 75 mm. (3"), cuando éstas existan deberán eliminarse mediante papeo.

13.- Al material grueso no compactable, se le dará un tratamiento de sondeo para aumentar su acomodo; este material solo servirá para formar el cuerpo del terraplén, construyéndose por capas sensiblemente horizontales con espesor aproximadamente igual a la de los fragmentos y se dará como mínimo tres pasadas a cada punto de su superficie con tractor D-8 o similar.

4.3 CROQUIS DE BANCOS PARA MATERIALES.

Existen 3 fuentes distintas con las que se pueden formar las terracerías de un camino. Se utiliza lo obtenido en la excavación de un corte para la formación de un terraplén vecino; este procedimiento suele denominarse de **compensación longitudinal**.

El segundo método se denomina de **préstamo lateral**, en el se extrae un material necesario de excavaciones laterales paralelas al eje de la vía y adosadas a ella, generalmente dentro del derecho de vía.

El tercer método para obtener para obtener materiales de construcción de las vías terrestres, es la localización de un depósito o formación natural, constituido por un material de características adecuadas, el cual se explota de forma masiva, para acarearlo y tenderlo en la vía. Estos son los **bancos de préstamo**.

4.3.1. BANCOS DE PRESTAMO

Por lo general las terracerías formadas por cuerpo de terraplén capa subyacente y capa subrasante pueden ser producto de préstamos laterales, o compensación longitudinal, pero a diferencia de estas capas, las de pavimento (carpeta asfáltica, base asfáltica y base hidráulica) requieren de materiales mucho más resistentes, y de mucho más calidad que las de los materiales que se encuentran a lo largo del tramo, para ello se utilizarán bancos de préstamo, y se tiene que realizar la búsqueda para su ubicación.





En un segundo caso los materiales que se encuentran a lo largo del eje de trazo no cuentan con la suficiente calidad como para formar parte de alguna capa de las terracerías, esto obedece a materiales con contenidos de materia orgánica o materiales con un alto nivel de plasticidad.

Existen bancos con materiales que sólo pueden utilizarse en la formación de las terracerías, para lo cual se debe buscar bancos adicionales para la formación de las capas del pavimento, en general estas diferencias se deben a que el banco no cuenta con la granulometría necesaria, o está contaminado con finos, en este último caso se podrá utilizar con la condición de algún procedimiento extra para limpiarlo como por ejemplo el lavado de materiales para descontaminar.

La información de de bancos se reporta en forma de tabla conteniendo lo siguiente:

- Indicación de de uso de material, ej.
 - Cuerpo de terraplén, capa de transición y subrasante.
- Denominación.
- Ubicación.
- Número de estrato y espesor del mismo.
- Clasificación S.U.C.S.
- Tratamiento probable.
- Coeficiente de variación volumétrica.
- Clasificación para presupuesto.
- Dimensiones de banco.
- Observaciones.
- Croquis de localización

De los puntos antes mencionados algunos ya han sido explicados, a excepción de las observaciones volumen aprovechable y croquis de localización, que a continuación se hará mención de ellos.

4.3.1.1 DENOMINACIÓN.

El dato a que se refiere es al nombre del banco con el que se le conoce dentro de las localidades aledañas.

4.3.1.2 UBICACIÓN.

Se indica la ubicación del banco con letra describiendo lo reportado en el croquis de localización.





4.3.1.3 VOLUMEN APROVECHABLE.

Este dato se obtiene directamente en campo en donde se observa el frente del banco y se determina cual es el volumen de acuerdo a sus dimensiones ya sea playón, socavón, o un corte, se deberá tener en cuenta las características del banco y las dimensiones del proyecto, con respecto a calidad de materiales y volúmenes aprovechables, ya que se tendrán que determinar los bancos suficientes para cubrir las necesidades de proyecto, y por otra parte también se tiene que realizar las pruebas suficientes para analizar el banco por completo, teniendo en cuenta que cada P.C.A justifica aproximadamente $5,000\text{m}^3$ de material.

4.3.1.4 CROQUIS DE LOCALIZACIÓN.

Posterior a la búsqueda de bancos de materiales, se tiene que reportar su ubicación mediante un croquis dentro de la misma tabla, en el cual se reportará la distancia que se tiene al punto mas cercano al tramo en estudio, así como desviaciones hacia la izquierda o derecha, además se tendrá que tomar en cuenta que la distancia máxima es de 50Km, a excepción de bancos de características especiales, ej. Bancos de roca.





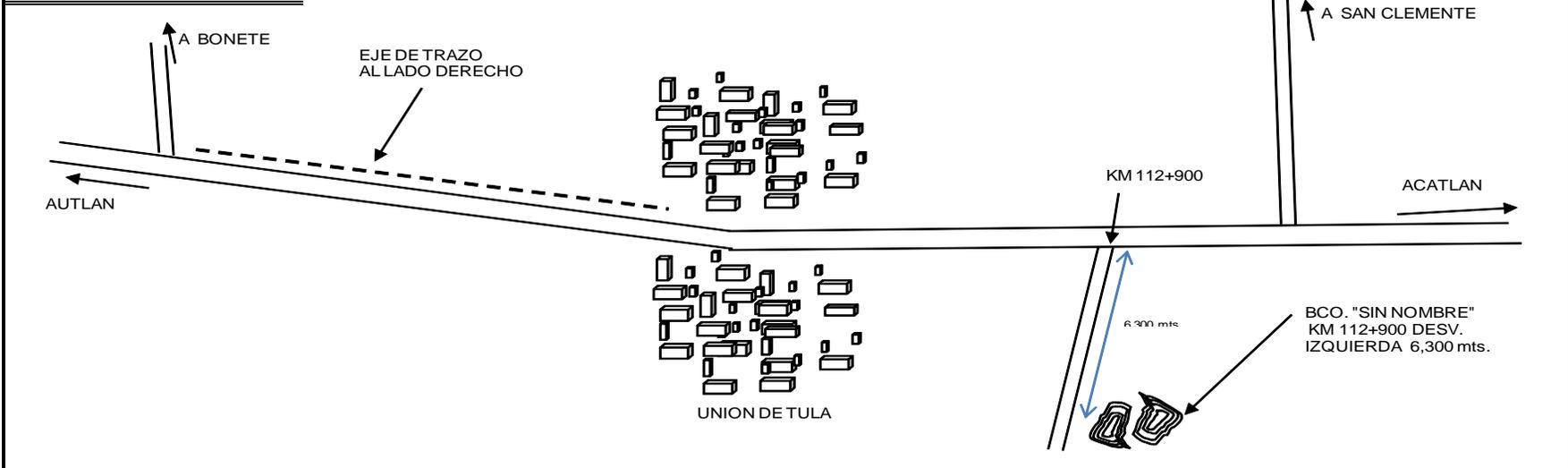
4.3.1.4.1 BANCOS DE PRÉSTAMO PARA TERRACERÍAS

CARRETERA: COCULA - AUTLÁN - BARRA DE NAVIDAD	 UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN 
T R A M O: COCULA - AUTLÁN	
SUBTRAMO: DEL Km. 101+600 AL Km. 124+600	
O R I G E N: ACATLÁN, JAL.	

PRESTAMO DE MATERIALES PARA: CPO. DE TERRAPLEN, CAPA DE TRANSICION Y SUBRASANTE					DENOMINACION				SIN NOMBRE
UBICACION	ESTRATO		CLASIFICACION S.U.C.S.	TRATAMIENTO PROBABLE	COEFICIENTE DE VARIACION VOLUMETRICA				CLASIFICACION PRESUPUESTO
	No.	ESPESOR			90%	95%	100%	BANDEADO	
KM. 112+900 DESV. IZQUIERDA CON 6,300 MTS.	1	0.20	TERRENO NATURAL GRAVAS ARCILLOSAS CON ARENAS COLOR CAFÉ, COMPACTA, POCO HUMEDA (GP-SC). BALASTRE	DESPALME COMPACTADO	1.05	1.00	0.95		100-00-00 40-60-00
	2	INDEF.							

LARGO	ANCHO	ALTURA	VOLUMEN PROVECHABL M ³	OBSERVACIONES
1000	400	4	1,600,000	

CROQUIS DE LOCALIZACIÓN

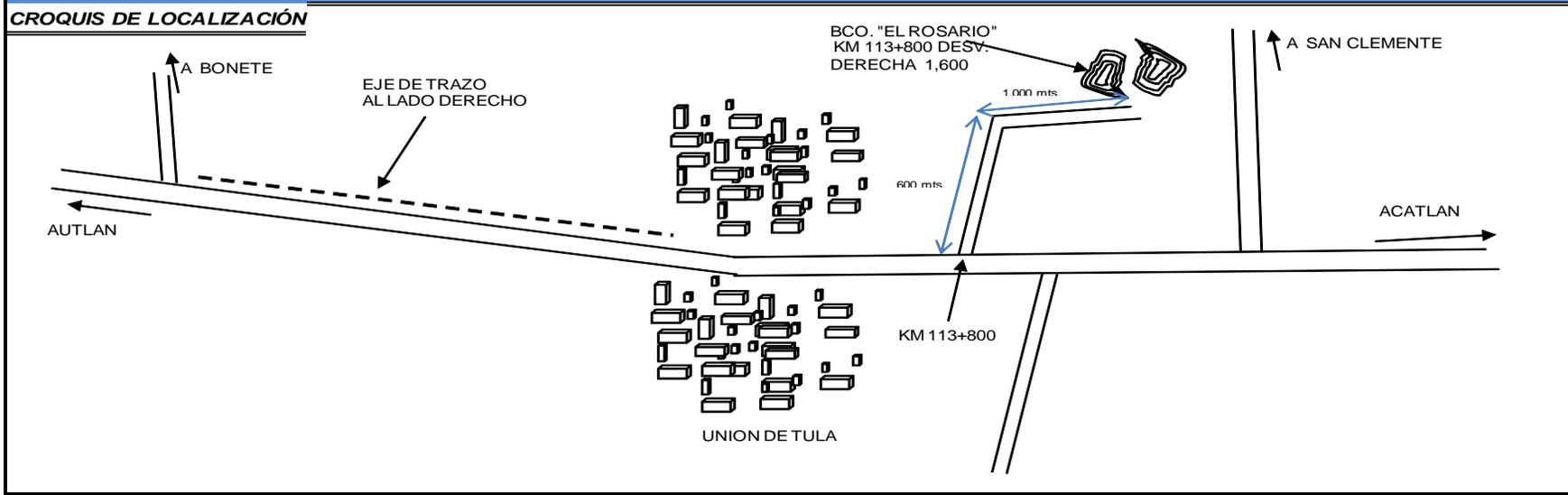




CARRETERA: COCULA - AUTLÁN - BARRA DE NAVIDAD	 UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN 
TRAMO: COCULA - AUTLÁN	
SUBTRAMO: DEL Km. 101+600 AL Km. 124+600	
ORIGEN: ACATLÁN, JAL.	

PRESTAMO DE MATERIALES PARA: CPO. DE TERRAPLEN, CAPA DE TRANSICION Y SUBRASANTE					DENOMINACION				EL ROSARIO
UBICACION	ESTRATO		CLASIFICACION S.U.C.S.	TRATAMIENTO PROBABLE	COEFICIENTE DE VARIACION VOLUMETRICA				CLASIFICACION PRESUPUESTO
	No.	ESPESOR			90%	95%	100%	BANDEADO	A - B - C
KM. 113+800 DESV. DERECHA CON 1,600 MTS.	1	0.20	TERRENO NATURAL GRAVAS ARCILLOSAS CON ARENAS COLOR CAFÉ, COMPACTA, POCO HUMEDA (GP-SC). BALASTRE	DESALME COMPACTADO	1.05	1.00	0.95		100-00-00
	2	INDEF.							40-60-00

LARGO	ANCHO	ALTURA	VOLUMEN PROVECHABLE M ³	OBSERVACIONES
800	500	5	2,000,000	





CARRETERA: COCULA - AUTLÁN - BARRA DE NAVIDAD
T R A M O: COCULA - AUTLÁN
SUBTRAMO: DEL Km. 101+600 AL Km. 124+600
O R I G E N: ACATLÁN, JAL.



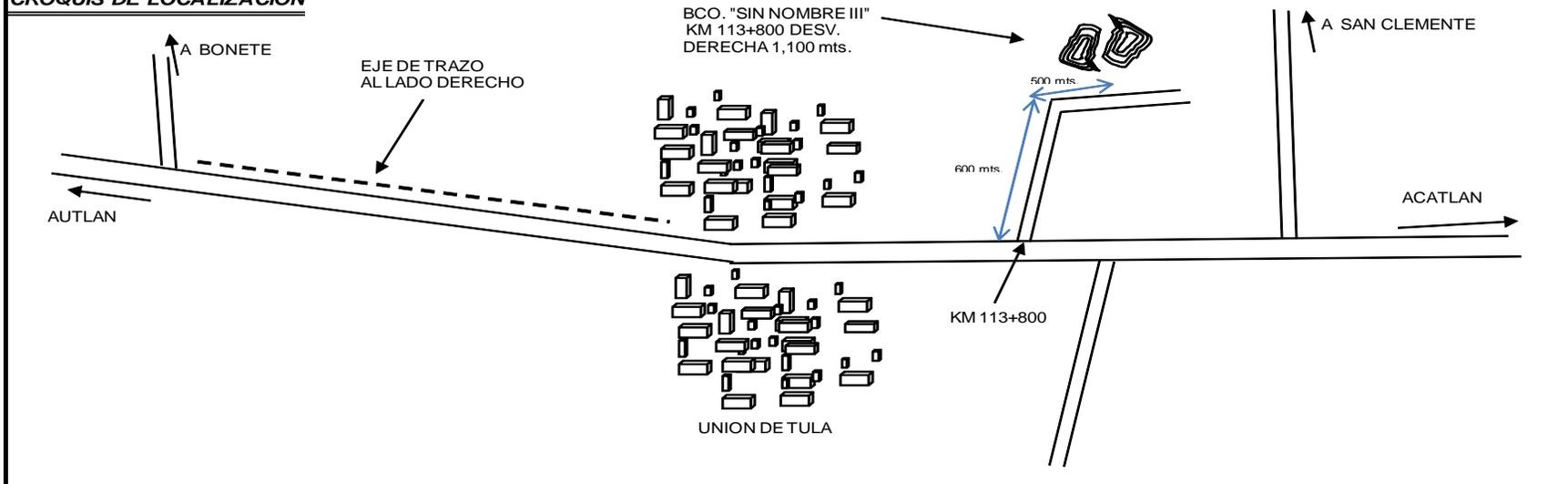
**UNIVERSIDAD NACIONAL
 AUTÓNOMA DE MÉXICO
 FACULTAD DE ESTUDIOS
 SUPERIORES ARAGÓN**



PRESTAMO DE MATERIALES PARA CPO. DE TERRAPLEN, CAPA DE TRANSICION Y SUBRASANTE				DENOMINACION SIN NNOMBRE III				
UBICACION	ESTRATO		CLASIFICACION S.U.C.S.	TRATAMIENTO PROBABLE	COEFICIENTE DE VARIACION VOLUMETRICA			CLASIFICACION PRESUPUESTO A - B - C
	No.	ESPESOR			90%	95%	100%	
KM. 113+800 DESV. DERECHA CON 1,100 MTS.	1	0.20	TERRENO NATURAL GRAVAS ARCILLOSAS CON ARENAS COLOR CAFÉ, COMPACTA, POCO HUMEDA (GP-SC). BALASTRE	DESPALME COMPACTADO	1.05	1.00	0.95	100-00-00 40-60-00
	2	INDEF.						

LARGO	ANCHO	ALTURA	VOLUMEN PROVECHABLE M ³	OBSERVACIONES
1000	400	5	2,000,000	

CROQUIS DE LOCALIZACIÓN





UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES ARAGÓN

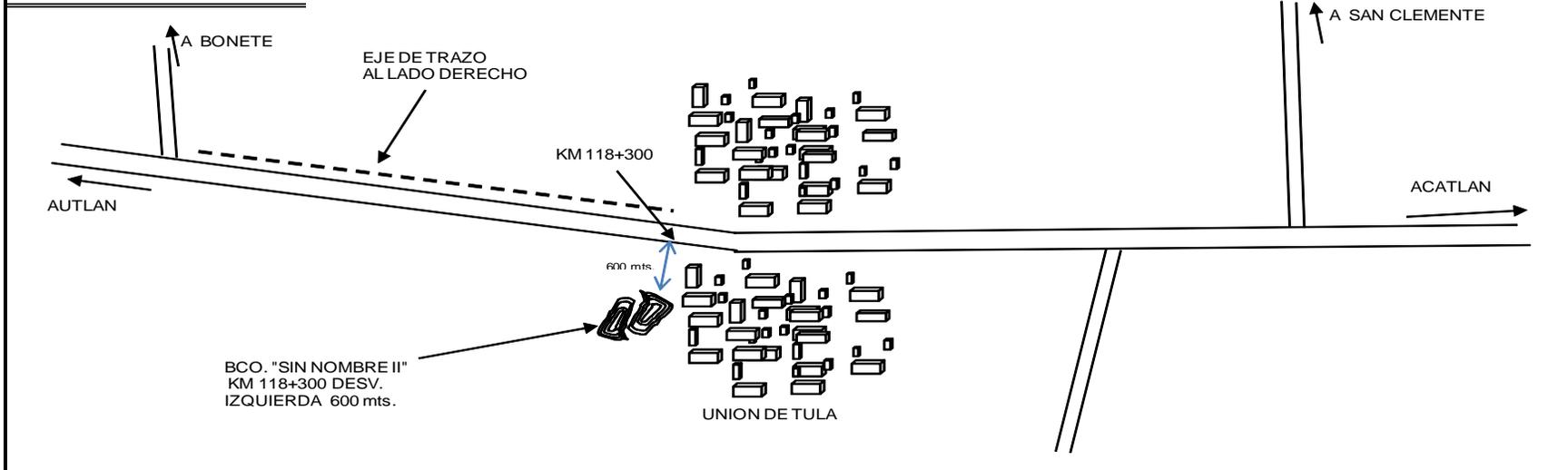


CARRETERA: COCULA - AUTLÁN - BARRA DE NAVIDAD		UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN	
TRAMO: COCULA - AUTLÁN			
SUBTRAMO: DEL Km. 101+600 AL Km. 124+600			
ORIGEN: ACATLÁN, JAL.			

PRESTAMO DE MATERIALES PARA: CPO. DE TERRAPLEN, CAPA DE TRANSICION Y SUBRASANTE				DENOMINACION				SIN NOMBRE II	
UBICACION	ESTRATO		CLASIFICACION S.U.C.S.	TRATAMIENTO PROBABLE	COEFICIENTE DE VARIACION VOLUMETRICA				CLASIFICACION PRESUPUESTO
	No.	ESPESOR			90%	95%	100%	BANDEADO	
KM. 118+300 DESV. IZQUIERDA CON 600 MTS.	1	0.20	TERRENO NATURAL GRAVAS ARCILLOSAS CON ARENAS COLOR CAFÉ, COMPACTA, POCO HUMEDA (GP-SC). BALASTRE	DESPALME COMPACTADO	1.05	1.00	0.95		100-00-00 40-60-00
	2	INDEF.							

LARGO	ANCHO	ALTURA	VOLUMEN PROVECHABLE M ³	OBSERVACIONES
800	500	6	2,400,000	

CROQUIS DE LOCALIZACIÓN





CARRETERA: COCULA - AUTLÁN - BARRA DE NAVIDAD
TRAMO: COCULA - AUTLÁN
SUBTRAMO: DEL Km. 101+600 AL Km. 124+600
ORIGEN: ACATLÁN, JAL.

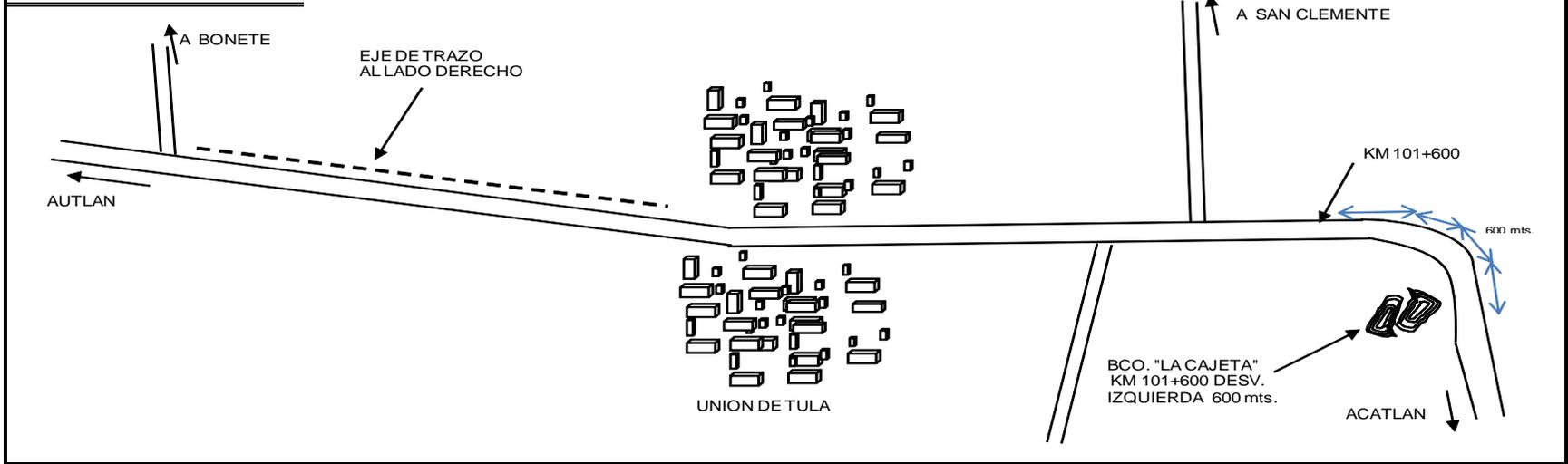


**UNIVERSIDAD NACIONAL
 AUTÓNOMA DE MÉXICO
 FACULTAD DE ESTUDIOS
 SUPERIORES ARAGÓN**



PRESTAMO DE MATERIALES PARA: CPO. DE TERRAPLEN, CAPA DE TRANSICION Y SUBRASANTE					DENOMINACION				LA CAJETA			
UBICACION	ESTRATO		CLASIFICACION S.U.C.S.	TRATAMIENTO PROBABLE	COEFICIENTE DE VARIACION VOLUMETRICA				CLASIFICACION PRESUPUESTO			
	No.	ESPESOR			90%	95%	100%	BANDEADO	A	B	C	
KM. 101+600 DESV. ATRÁS CON 600 MTS.	1	0.20	TERRENO NATURAL GRAVAS ARCILLOSAS CON ARENAS COLOR CAFÉ, COMPACTA, POCO HUMEDA (GP-SC). BALASTRE	DESPALME COMPACTADO	1.05	1.00	0.95			100-00-00	40-60-00	
	2	INDEF.										
LARGO	ANCHO	ALTURA	VOLUMEN PROVECHABL M ³	OBSERVACIONES								
600	400	4	960,000	SERA RECOMENDABLE TOMAR EL DESPERDICIO DE LA TRITURACION DEL MATERIA O DISGREGACION								

CROQUIS DE LOCALIZACIÓN



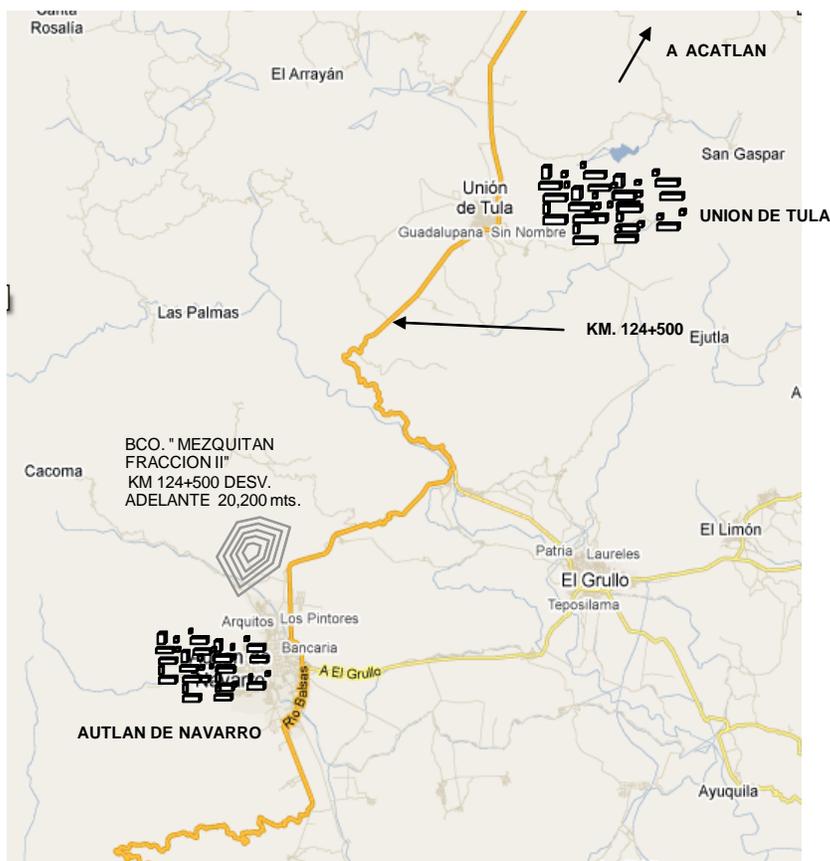


4.3.1.4.2 BANCO DE PRÉSTAMO PARA PAVIMENTO

CARRETERA: COCULA - AUTLÁN - BARRA DE NAVIDAD SUBTRAMO: COCULA - AUTLÁN SUBTRAMO: DEL Km. 101+600 AL Km. 124+600 ORIGEN: ACATLÁN, JAL.	 UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN
---	--



ESTRATIGRAFIA				DATOS GENERALES	
ESTRATO		CLASIFICACION		BANCO: MEZQUITAN FRACCION II LOCALIZACIÓN: KM. 124+500 DESV. ADELANTE CON 20,200 m. VOLUMEN UTILIZABLE: 400,000.00 M ³ UTILIZACIÓN: BASE HIDRAULICA Y ASFALTICA, CARPETA DE CONCRETO ASFALTICO, RIEGO DE SELLO TRATAMIENTO: TRITURACION PARCIAL Y CRIBADO OBSERVACIONES:	
NO.	ESPESOR	GEOLOGICA	PRESUP.		
1	0.20	GRAVAS ARCILLOSAS CON ARENAS COLOR CAFÉ COMPACTA, POCO HUMEDA (GP-SC). (BALASTRE)	40-60-00		



CROQUIS DE UBICACIÓN





4.4 ESTRUCTURA DEL CANINO EXISTENTE.

El camino actual cuenta con dos, carriles uno por sentido de 3.50m sin acotamientos, en la actualidad cuenta con una carpeta de pavimento y con una capa de asfalto que por sus propiedades funge como base hidráulica, y posteriormente se encuentran sus terracerías, que es el mismo material del terreno natural, originado de préstamos laterales.



**VISTA DE CUERPO ACTUAL EN DONDE SE MUESTRA UNA CAPA EXTRA DE RE
ENCARPETAMIENTO.**





TABLA DE ESPESORES

	carpeta	base hidráulica
101+600	0.2	0.18
102+000	0.2	0.2
102+500	0.22	0.2
103+000	0.2	0.2
103+500	0.2	0.2
104+000	0.2	0.18
104+500	0.2	0.2
105+000	0.22	0.2
105+500	0.2	0.2
106+000	0.22	0.2
106+500	0.2	0.18
107+000	0.25	0.2
107+500	0.22	0.2
108+000	0.12	0.2
108+500	0.15	0.3
109+000	0.15	0.32
109+500	0.15	0.3
110+000	0.15	0.3
110+500	0.15	0.3
111+000	0.18	0.3
111+500	0.15	0.3
112+000	0.15	0.3
112+500+	0.12	0.32
113+000	0.15	0.3
113+500	0.12	0.32
114+000	0.15	0.3
114+500	0.15	0.3
115+000	0.15	0.3
115+500	0.2	0.3
116+000	0.15	0.3
116+500	0.12	0.3
117+000	0.15	0.3
117+500	0.15	0.3
118+000	0.15	0.3
118+500	0.12	0.28
119+000	0.12	0.3
119+500	0.15	0.3
120+000	0.12	0.3
120+500	0.15	0.3
121+000	0.15	0.28
121+500	0.15	0.3
122+000	0.08	0.25
122+500	0.07	0.25
123+000	0.07	0.25
123+500	0.08	0.25
124+000	0.08	0.28
124+500	0.08	0.35
Promedio	0.15446809	0.26574468





4.4.1 CALAS

Existen dos diferentes tipos de proyecto, uno es referente a la construcción de caminos nuevos, y el otro es referido a la ampliación de uno existente.

El proyecto ejecutivo de un camino nuevo implica estudios en campo de tipo geotécnicos y de localización de bancos, el diseño de pavimentos se realiza en una forma sencilla, así como el procedimiento constructivo, pero cuando se trata de una modernización de camino, se requiere realizar otro tipo de trabajos, tales como evaluación del pavimento existente, estudios de las capas de pavimento del cuerpo actual, el diseño de pavimentos se tiene que compensar, y al procedimiento constructivo hay que anexarle algunas otras especificaciones.

El proyecto al que nos referimos en este trabajo es de modernización, por lo cual requiere de estudios para verificar la calidad y condiciones de los materiales que constituyen la sección de pavimento actual, para lo cual se tendrán que realizar tres sondeos por kilómetro tipo pozo a cielo abierto sobre el camino existente, dichos sondeos deberán ser a tresbolillo, posteriormente se muestrearán las capas encontradas para efectuar ensayos de calidad correspondientes en base a las especificaciones de la S.C.T.

Se tendrá especial cuidado al momento de identificar las diferentes capas que existen, informándose previamente con gente del lugar acerca del tipo de mantenimiento que se le ha dado al cuerpo existente y así poder dar un reporte preciso de lo encontrado en campo.

4.4.2 BASE HIDRÁULICA

Se realizaron pruebas a las dos capas encontradas en el cuerpo existente, tanto a la carpeta asfáltica, como a la base hidráulica.

4.4.3 CARPETA ASFÁLTICA.

En lo que a la carpeta se refiere, el estudio más común es del de contenido óptimo de asfalto, que para este caso se obtendrá por medio de la prueba MASHALL.

Este método está limitado al proyecto de control de elaboración de muestras asfálticas, hechas en plantas estacionarias, en caliente, utilizando cemento asfáltico.





En esta prueba, se determinará los valores de estabilidad, y el flujo en especímenes cilíndricos, compactados axialmente, con un sistema determinado, y probado a los 60 ° Celsius.

El valor de estabilidad se determinará midiendo la carga necesaria para producir la falla del espécimen; aplicada en sentido normal a su eje.

La deformación vertical producida en el espécimen por dicha carga, será el valor del flujo. El valor de la estabilidad expresa la resistencia estructural de la mezcla compactada, y está afectada principalmente por el contenido de asfalto, la composición granulométrica y el tipo de agregado. Principalmente, el valor de la estabilidad es un índice de la calidad del agregado.

El valor de flujo representa la deformación requerida, en el sentido del diámetro del espécimen, para producir su fractura. Este valor es una indicación de la resistencia que ofrecerá la carpeta al deformarse bajo la acción de las cargas impuestas por los vehículos.

4.5 DISEÑO DEL PAVIMENTO EN LA AMPLIACIÓN DEL CAMINO

Un pavimento puede definirse como la capa o conjunto de capas de materiales apropiados, comprendidas entre el nivel superior de terracerías y la superficie de rodamiento, cuyas funciones principales son las de proporcionar a la superficie de rodamiento uniformidad de color y textura apropiados, resistente a la acción del tránsito, a la del intemperismo y otros agentes perjudiciales, así como transmitir adecuadamente a las terracerías los esfuerzos producidos por las cargas impuestas por el tránsito.

Como ya se menciono anteriormente este proyecto aborda el estudio geotécnico para la ampliación de un tramo carretero, por lo cual se tendrá que abordar el diseño de pavimentos partir de los resultados de laboratorio de las capas de pavimento y de terreno natural.

En el caso específico de las ampliaciones de camino el diseño de pavimento se puede dividir en dos etapas, la primera comprende el diseño del pavimento en la zona de ampliación, es decir en la zona en la que se desplanta el cuerpo del terraplén desde el terreno natural hasta llegar a la carpeta, la segunda etapa corresponde a la etapa de diseño del pavimento sobre cuerpo existente “zona de refuerzo”, en esta etapa nos damos cuenta a qué nivel va a desplantarse nuestro refuerzo permitiendo así un equilibrio entre las dos condiciones de desplante, tomando en cuenta que el hecho de desplantarse sobre el cuerpo existente es más favorable que la de desplantarse sobre el terreno natural.





En este capítulo se explicara el diseño de pavimentos en la zona de ampliación, iniciando en primera instancia con el método desarrollado por el instituto de Ingeniería de la “U.N.A.M, con ayuda del software Dispav versión 5”, la factibilidad de este método radica en que:

- Diseño de un pavimento, a partir de un tránsito de proyecto y de características mecánicas de materiales conocidos. En este caso se llega a la determinación de los espesores de capa requeridos para el tránsito de proyecto deseado.
- Determinación de vida previsible por deformación permanente y por agrietamiento debido a la fatiga, del sistema de capas analizado.

Es decir que toma en cuenta las fallas ocasionadas por la fatiga analizando así las capas de pavimento: Carpeta Base Asfáltica e Hidráulica, pero también toma en cuenta algunas características mecánicas de los materiales de terreno natural y de bancos de materiales para préstamo, realizando así el análisis por deformación a nivel terracerías.

Por otra parte se utilizará el método de la AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials), analizando las distintas capas del pavimento a razón de un número estructural y de diferentes coeficientes que no ayudarán a dar la mejor recomendación posible.

En este caso se realizaron 2 diseños de pavimento, ya que el tramo en estudio presentó dos secciones tipo diferentes, lo cual significa que se trata de características de tránsito y geométricas diferentes, por lo que a continuación se presenta en primea instancia el diseño de pavimentos para una corona de 12.00m y posteriormente el de la corona de 21.00m.

4.5.1 MÉTODO DEL INSTITUTO DE INGENIERÍA U.N.A.M “DISPAV 5”

El programa requiere del ingreso de información referente al tipo de carretera, tránsito de proyecto, materiales a emplear y nivel de confianza. A continuación se mencionan todos los pasos, con datos del proyecto, en el orden que el programa los requiere

- 1. Diseñar de acuerdo con los lineamientos fijados.**
- 2. Revisar diseños específicos que proponga el proyectista**

Las primeras dos opciones son referidas a la realización del diseño, en primer lugar la opción 1 con se refiere al diseño tomando en cuenta lineamientos y especificaciones de la





dependencia, por otra parte la opción 2 es referida a características especiales que se consideren a razón del proyectista y necesidades del proyecto.

Introduzca su opción, anotando el número y presionando intro: 1

Es necesario saber qué tipo de carretera es el que se va a diseñar en relación a la importancia que tenga, ya que está ligado a la cantidad de tránsito que va a circular, el programa tiene dos opciones:

1. Caminos de altas especificaciones, en los que se desea conservar un nivel de servicio alto al final de la vida de proyecto (1.2 cm) de deformación en la rodada y agrietamiento ligero a medio).
2. Caminos normales en los que se permiten deformaciones del orden de 2.5 cm en la rodada y agrietamiento medio a fuerte, al final de la vida de proyecto

El número correspondiente al tipo de camino es: 1 (Camino de altas especificaciones)

Es importante hacer notar que el comportamiento del pavimento depende de manera significativa del control de la calidad en la construcción y de un mantenimiento adecuado. En el caso de las carpetas asfálticas el diseño de la mezcla asfáltica es un elemento importante en el comportamiento y se requiere un diseño cuidadoso para evitar la falla prematura, sobre todo en las carreteras de altas especificaciones.

Se requiere conocer el tránsito en el carril de proyecto en millones de ejes estándar (ejes sencillos de 8.2 toneladas).

El método requiere datos de tránsito, para este caso se tomara en cuenta para el análisis se tomará en cuenta el “**Transito Equivalente**”, usualmente reflejado a ejes sencillos con llantas gemelas y peso estándar de 8.2 ton, el cual produce el mismo daño que el Tránsito Mezclado” que se presenta en la realidad.

Tiene dos opciones:

- 1. Si conoce el tránsito de proyecto, introducirlo directamente.**
- 2. Calcularlo a partir del tránsito mezclado.**





La opción numero 1 se toma si se conocen los tránsitos equivalentes de 8.2 toneladas métricas (18,000libras) en el carril de proyecto, basta con simplemente introducirlos, anotando su valor en millones de ejes estándar.

La opción numero 2 se toma si se desconocen dichos tránsitos equivalentes, se pueden estimar, empleando la subrutina incluida en el programa, a partir del T.D.P.A y de su respectiva composición vehicular.

Introduzca el número correspondiente a su elección: 2

El valor del T.D.P.A que se obtiene o que es proporcionado por la dependencia engloba la circulación en ambos sentidos de la carretera a proyectar, por lo que cuando sea ingresado para el cálculo de los espesores de pavimento, es necesario que dicho valor sea afectado por dos factores, el primero es direccional y equivale a: (0.5) en este caso porque son dos sentidos de circulación para un sólo cuerpo, el segundo factor es de distribución, y tiene que ver con el número de carriles por sentido con los que cuente la sección a proyectar, para este caso es 1 por tener dos carriles, uno por sentido, al ser afectado por estos dos factores obtenemos el TDPA en el carril de proyecto.

El T.D.P.A real es de 5,123 vehículos, al ser afectado por el coeficiente direccional tenemos:

$$(5,123)*(0.5)*(1) = 2,561.5 \text{ Vehículos}$$

TDPA en el carril de proyecto (en vehículos): 2561.5

La tasa de crecimiento anual es determinada junto con el T.D.P.A y depende de la velocidad con la que el tránsito ha evolucionado, tomando como base los datos del libro de datos viales de la S.C.T, en un periodo mínimo de 4 años anteriores.

Tasa de crecimiento anual del tránsito (en %): 3.5

La vida útil del proyecto es como mínimo de 15 años según normativa S.C.T.

Periodo de proyecto, en años: 15





Se necesita conocer el tipo de camino, se nos proporcionó al momento en que se nos entregaron las especificaciones.

1. Tipo A o B
2. Tipo C
3. Tipo D

Introduzca el número correspondiente: 1

Se requiere conocer la composición del tránsito, introduzca el porcentaje de cada tipo de vehículo.

Automóvil	Tractocamión articulado
A : 81.3	T2-S1 :
	T2-S2 :
Autobús	T3-S2 : 1.4
B2 : 4.1	T3-S3 : 1.0
B3 :	
B4 :	Tractocamión doblemente
articulado	
Camión unitario	T2-S1-R2 :
	T3-S1-R2 :
C2 : 7.4	T3-S2-R2 :
C3 : 3.4	T3-S2-R3 : 0.8
	T3-S2-R4 : 0.6
Camión remolque	T3-S3-S2 :
C2-R2 :	
C3-R2 :	
C3-R3 :	

Los vehículos tipo A se supone que siempre están cargados.





Los autobuses y vehículos de carga (tipos B, C y T), pueden circular vacíos en un cierto porcentaje de casos.

Se requiere conocer el porcentaje de camiones cargados en el carril de proyecto.

Se tienen dos opciones:

1. Emplear un porcentaje de vehículos cargados aplicable a todos los vehículos comerciales (un porcentaje promedio).
2. Emplear un porcentaje de vehículos cargados para cada tipo de vehículo.

Introduzca la opción que desea aplicar (1 o 2): 1

En ausencia de información más confiable se sugiere emplear una proporción de camiones cargados entre 60 y 80%, (entre 40 y 20% de camiones vacíos).

Introduzca la proporción de camiones cargados que juzgue correcta (%) : 80

Tránsito de proyecto en millones de ejes estándar para una profundidad de :

Z = 5 cm	Z = 15 cm	Z = 30 cm	Z = 60 cm	Z = 90 cm	Z = 120 cm
11.3	10.7	12.7	16.7	17.9	18.4

Tiene seis opciones, correspondientes a las profundidades de cálculo:

1. 5 cm
2. 15 cm
3. 30 cm
4. 60 cm
5. 90 cm
6. 120 cm





En este caso el programa nos permite determinar la profundidad a la que van a llegar los daños, tanto por fatiga como por deformación, por lo que es necesario elegir entre las diferentes profundidades, pero sobre todo los valores acumulados.

Introduzca el número correspondiente a su elección en daño superficial: 2

Introduzca el número correspondiente a su elección en daño profundo: 5

Se tomó la decisión de que las fallas por deformación se presenten a los 15 cm, ya que las capas que van a soportar este tipo de fallas son las asfálticas, es decir carpetas y bases.

La segunda opción se tomó porque las fallas por a esta altura es a la que se presentan las fallas por deformación.

Para iniciar el diseño se requiere saber cómo lo concibe el proyectista y se piden las capas que están considerando incluir.

Desde el punto de vista estructural es conveniente emplear un número de capas no mayor de cinco, de tal manera que tanto el análisis como la construcción correspondan a un proyecto bien definido, fácil de construir y conservar durante su vida de servicio.

De acuerdo a lo anterior el programa permite analizar pavimentos que contengan algunas de las siguientes capas (o todas ellas).

1. Carpeta
2. Base granular
3. Sub-base
4. Subrasante
5. Terracería

Cabe mencionar que el número mínimo de capas consideradas es dos y una de ellas debe ser la terracería, por otra parte se establece como restricción que la primera capa sea carpeta o base.

Introduzca el número de capas de que consta el pavimento: 4





Introduzca el número de la capa que no se encuentra en el pavimento: 3

En la actualidad la normativa S.C.T no permite que se utilicen sub – bases en la construcción de carreteras de primer nivel, por lo que se descarta del cálculo.

A continuación se piden los Valores Relativos de Soporte críticos de cada una de las capas no estabilizadas. El V.R.Sz es una de las variables del proyecto más importantes, por lo que se debe tener mucho cuidado en su estimación de manera que sean representativos de las condiciones esperadas en el camino durante la vida de servicio de la obra vial.

En este punto el programa revisa los Valores Relativos de Soporte críticos introducidos (**VRSz**), en relación con los valores máximos y mínimos permisibles para cada capa.

El **VRSz** crítico es comparado con el máximo permisible (**VRSmax**) el cual está basado en consideraciones prácticas de proyecto. Si dicho **VRSz** es mayor, entonces se toma el valor **VRSmax** como valor de proyecto (**VRSp**) para efectos de diseño por deformación permanente acumulada; conservando el **VRSz**, estimado por el cálculo anterior para su utilización posterior.

VRS max para todos los niveles de tránsito, (VRSp)	
CAPA	VRSmax
Base	100
Sub – Base	50
Subrasante	20
Terracerías	20

Los valores máximos del **VRSz** se establecen para obtener espesores razonables desde el punto de vista constructivo y por confiabilidad del diseño.

Los **VRSz** mínimos se especifican para limitar la calidad mínima de la base y de las terracerías.





VRSz mínimos, para todos los niveles de tránsito

Material	VRSp mínimo permisible por proyecto, en %
Base	80
Terracería	3

En el caso de que el **VRSz** sea muy bajo el programa automáticamente se detiene, ya que implica que el terreno tiene características especiales, en cuanto a drenaje, hundimientos, fallas por expansión, características que requieren un diseño especial.

Capa	VRSz	VRSp	Mod de rigidez	Poisson
Carpeta			28000	0.35
Base granular	100	100	3265	0.35
Subrasante	30	20	1406	0.45
Terracería	5	5	401	0.45

Se proponen valores para las relaciones de Poisson de cada capa, puede modificarlas si así lo desea.

El método permite elegir el nivel de confianza del proyecto.

El nivel de confianza se refiere a la probabilidad de que la duración real del pavimento sea al menos igual a la del proyecto. El nivel sugerido por el programa es el de 85%, pero el método permite el empleo de cualquier nivel entre 50 y 99%.

Se recomienda utilizar:

90% Para carreteras de primer nivel

80% Para carreteras secundarias

El programa sugiere emplear un nivel de confianza de 85%, pero puede emplear otro nivel (entre 50 y 99%).

¿Quiere cambiar el nivel sugerido? (s/n) s





Introduzca el nivel de confianza que prefiere ($50 \leq \text{NIV} \leq 99$) :90

4.5.1.1 DATOS Y RESULTADOS DEL DISEÑO

Camino de altas especificaciones. Nivel de confianza en el diseño: 90 %

Con este dato termina la entrada de los datos de proyecto por deformación permanente y se pasa al cálculo de espesores.

Al tener el tránsito equivalente, los **VRSz** de las capas no estabilizadas, el módulo elástico de la carpeta y el nivel de confianza del proyecto, se determinan los espesores requeridos para cada capa de la sección estructural, empleando modelos matemáticos desarrollados para ese fin.

En caso de que al determinar los espesores se encuentre alguna capa que requiera espesores muy pequeños (menores a 10cm) se pone a consideración del proyectista la conveniencia de reconsiderar el proyecto desechando el uso de esa capa. Si el proyectista está de acuerdo con ello se calculan de nuevo los espesores sin considerar la capa. Si no acepta la sugerencia, el cálculo continúa tomando en cuenta las capas propuesta inicialmente, ajustando el espesor calculado al espesor mínimo correspondiente a esa capa y al tránsito de proyecto.

Se estima que los caminos con tránsito equivalente menor de un millón de ejes estándar pueden construirse con un tratamiento superficial, sobre una base de buena calidad. Para tránsito mayores es conveniente la colocación de una carpeta de concreto asfáltico, o base asfáltica con un tratamiento superficial.

Capa	H	VRSz	E	V	Vida previsible	
					Def	Fatiga
Carpeta	7.0		28000	0.35		> 150
Base asfáltica	10.0		26000	0.35		14.5
Base granular	25.0	100.0	3265	0.35	> 150	
Subrasante	56.1	30.0	1406	0.45	32.4	
Terracería	Semi-inf	5.0	401	0.45	17.3	





	Vida previsible	Tránsito proyecto
Deformación	17.3	17.9
Fatiga	14.5	10.7

Al final para que el diseño se considere como correcto la vida previsible debe ser cercana o mayor que la vida de proyecto, con una tolerancia de +/- 10% del tránsito de proyecto crítico.

4.5.2 Diseño del pavimento de acuerdo al método AASHTO

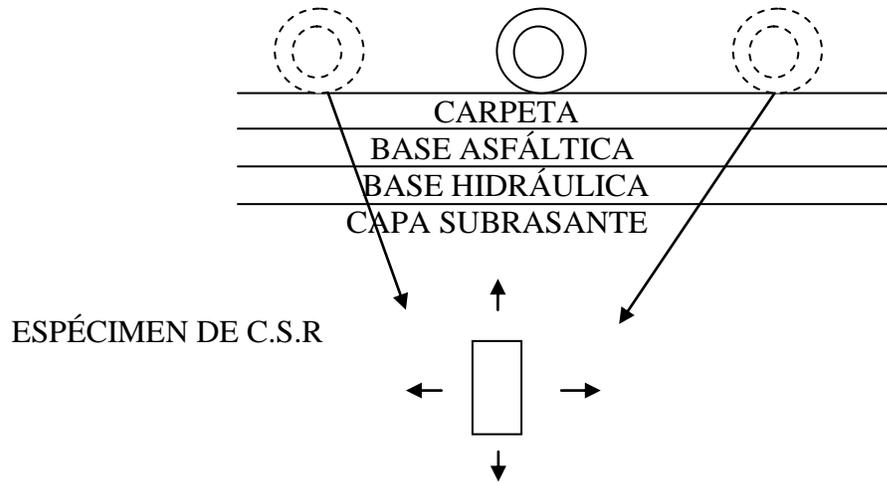
La prueba que en su momento se conoció como AASHO, por sus siglas en inglés y debido a que en aquel entonces no estaba integrado el Departamento de Transporte de E.U a esta organización. Fue concebida y promovida gracias a la organización que hoy conocemos como AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials) para estudiar las estructuras de pavimentos con espesores conocidos bajo cargas móviles de magnitudes y frecuencias conocidas y bajo el efecto del medio ambiente. Fue formulada por el consejo de investigación de carreteras de la Academia Nacional de Ciencias – Consejo Nacional para la investigación, la planeación empezó en 1951, la construcción del proyecto comenzó en 1956 muy cerca de Ottawa, Illinois. El tráfico controlado de la prueba se aplicó en Noviembre de 1958 a Noviembre de 1960, durante más de dos años.

El objetivo principal de la pruebas consistía en determinar las relaciones significativas entre el comportamiento de varias secciones de pavimento y las cargas aplicadas sobre ellas, o bien para determinar las relaciones significativas entre un número de repeticiones de ejes con cargas, de diferente magnitud y disposición además del comportamiento de diferentes espesores de pavimentos, conformados con bases y sub – bases, colocados en suelos de características conocidas.

4.5.2.1 DISEÑO.

Iniciaremos con la obtención del módulo resiliente para la capa Subrasante, obteniéndola de una tabla, para lo cual es necesario conocer el valor de su V.R.S, ya que con este valor e con el que accedemos a la tabla.





La resiliencia es la capacidad del suelo a comportamiento de forma elástica, es decir es el tiempo en el que el suelo se deforma y regresa a su estado original.



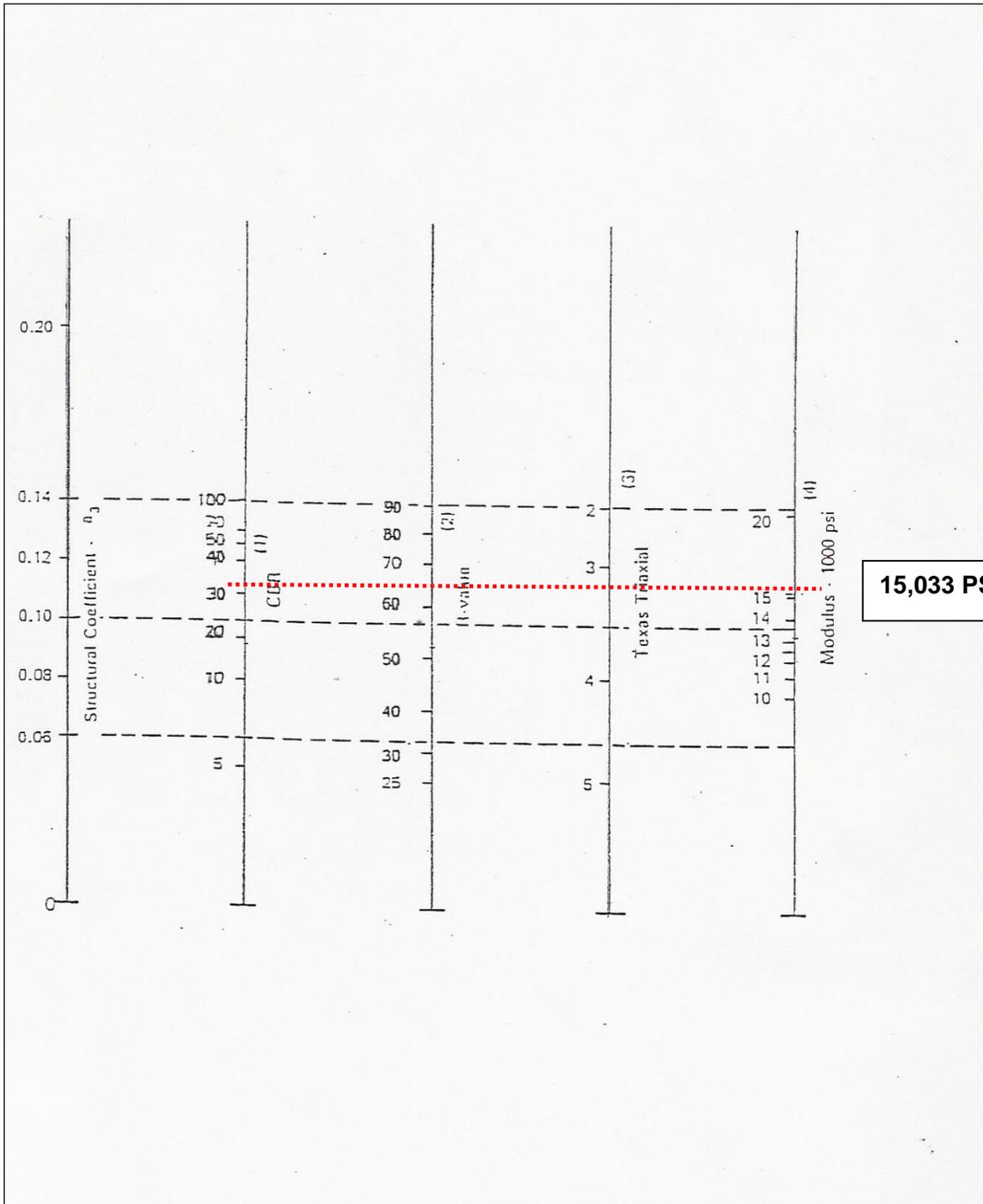


TABLA QUE SE UTILIZA PARA LA OBTENCIÓN DEL MÓDULO RESILIENTE DE LA CAPA SUBRASANTE.





Como se mencionó anteriormente el valor del VRS de la Subrasante es de 30%, este valor se obtiene de un cálculo que se hace tomando en cuenta los VRS de los bancos de materiales para préstamo, en algunas ocasiones se toma en cuenta el material producto de cortes y valores del terreno natural, siempre y cuando cumplan con la calidad necesaria para formar parte de esta capa.

Posteriormente es necesario obtener el valor de los ejes sencillos acumulados, para lo cual es necesario que contemos con los siguientes datos:

TDPA:	5123	Año Inicial:	2010
Año:	2010	Período de Análisis (años):	15
Tasa de Crecimiento:	3.50%	Distribución Direccional:	50%
TDPA Actual:	5123	Factor de Carril:	100%
		Camiones Carril de Diseño:	584

Una vez obtenidos, es necesario saber la composición vehicular, (misma ocupada en el Método de la U.N.A.M).

TIPO DE VEHÍCULO	DISTRIBUCIÓN EN %
A	81.3
B2	4.1
C2	7.4
C3	3.4
T3S2	1.4
T3S3	1.0
T3S2R3	0.8
T3S2R4	0.6

Después, se procede a calcular el total de ejes sencillos acumulados.





Composición Vehicular		Tránsito	Tránsito	Factor de	Ejes Sencillos
Tipo	%	Anual	Acumulado	Carga Eq.	Equivalentes
A2	81.3%	1,520,225	29,333,769	0.0004	11,851
A'2	0.0%	-	-	0.0276	-
B2	4.1%	76,666	1,479,317	2.017	2,983,259
C2	7.4%	138,372	2,669,986	1.695	4,525,719
C3	3.4%	63,576	1,226,751	2.504	3,071,845
C4	0.0%	-	-	2.012	-
C2-R2	0.0%	-	-	4.803	-
T2-S1	0.0%	-	-	3.249	-
T2-S2	0.0%	-	-	4.032	-
C3-R2	0.0%	-	-	5.612	-
T3-S2	1.4%	26,179	505,133	4.823	2,436,028
T2-S1-R2	0.0%	-	-	6.357	-
T3-S3	1.0%	18,699	360,809	4.349	1,569,028
C3-R3	0.0%	-	-	6.395	-
T3-S1-R2	0.0%	-	-	7.148	-
T3-S2-R2	0.8%	14,959	288,647	7.931	2,289,154
T3-S2-R4	0.6%	11,219	216,485	9.496	2,055,772
Suma	100.0%	1,869,895	36,080,897		18,942,656

Total de ESE's en el carril de diseño: 9,471,328

Check
 ESE's Anuales 981,704
 En Carril de Diseño 490,852
 Acumulados 9,471,328





El primer paso para el cálculo de los ejes sencillos equivalentes es el cálculo del tránsito anual.

$$[(T.D.P.A) * (365) * (\% \text{ de Compisicion.Vehicular}) = \text{TránsitoAnual}]$$

Correspondiente a composición A₂.

$$[(5,123) * (365) * (0.813)] = 1,520,225$$

Posteriormente se procede a calcular el transito acumulado.

$$\left[\frac{(\text{TránsitoAnual})(1 + \text{tasa de crecimiento})^{\text{periodo analisis}-1}}{\text{tasa de crecimiento}} \right]$$
$$\left[\frac{(1,520,225)(1 + 0.035)^{15-1}}{0.035} \right] = 29,333,769$$

El siguiente paso es obtener el valor de ejes sencillos de cada registro de vehículo multiplicando el transito acumulado por un factor equivalente.

$$[(\text{Trans. Acum}) \cdot (\text{Factor de carga equivalente})]$$

***El factor de carga equivalente depende de diversos factores como el peso de los ejes que circulan, la presión a la que las llantas de los ejes están infladas, etc.**

$$[(29,333,769) \cdot (0.000404)] = 11851$$





Composición Vehicular Tipo	Factor de Carga Eq.
A2	0.0004040
A'2	0.0275768
B2	2.0166464
C2	1.6950344
C3	2.5040500
C4	2.0118546
C2-R2	4.8031124
T2-S1	3.2490734
T2-S2	4.0318198
C3-R2	5.6121280
T3-S2	4.8225526
T2-S1-R2	6.3571514
T3-S3	4.3486400
C3-R3	6.3948744
T3-S1-R2	7.1478842
T3-S2-R3	7.9306306
T3-S2-R4	9.4961234

Se realiza la suma de ejes sencillos, para posteriormente se multiplicarla por la Distribución Direccional y el factor de carril y finalmente obtener el Total de ESE's en el carril de diseño.

Una vez que se ha obtenido el valor del módulo de resiliencia de la capa Subrasante y el total de ejes acumulados, podemos obtener el numero estructural total de las capas de pavimento.

Dicho NS (Numero Estructural) se obtiene con la igualdad de la siguiente ecuación:

$$\begin{aligned}
 \log_{10}(ESAL) = & Z_R S_o + 9,36 \log_{10}(SN + 1) - 0,20 + \frac{\text{LOG}_{10} \left[\frac{\Delta PSI}{4,2 - 1,5} \right]}{0,40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5,19}}} \\
 & + 2,321 \text{LOG}_{10} M_r - 8,07
 \end{aligned}$$

Diagram illustrating the components of the equation:

- Desviación estándar points to Z_R
- Desviación estándar points to S_o
- Numero Estructural points to $SN + 1$
- Cambio de Servicialid points to ΔPSI
- Módulo de Resiliencia points to M_r





El modelo de ecuación de diseño está basado en la pérdida del índice de servicialdad (Δ PSI) durante la vida útil del pavimento; siendo éste un parámetro que representa las bondades de la superficie de rodadura para circular sobre ella.

De la expresión anterior se obtuvo el siguiente nomograma como ayuda para el cálculo del (NS):

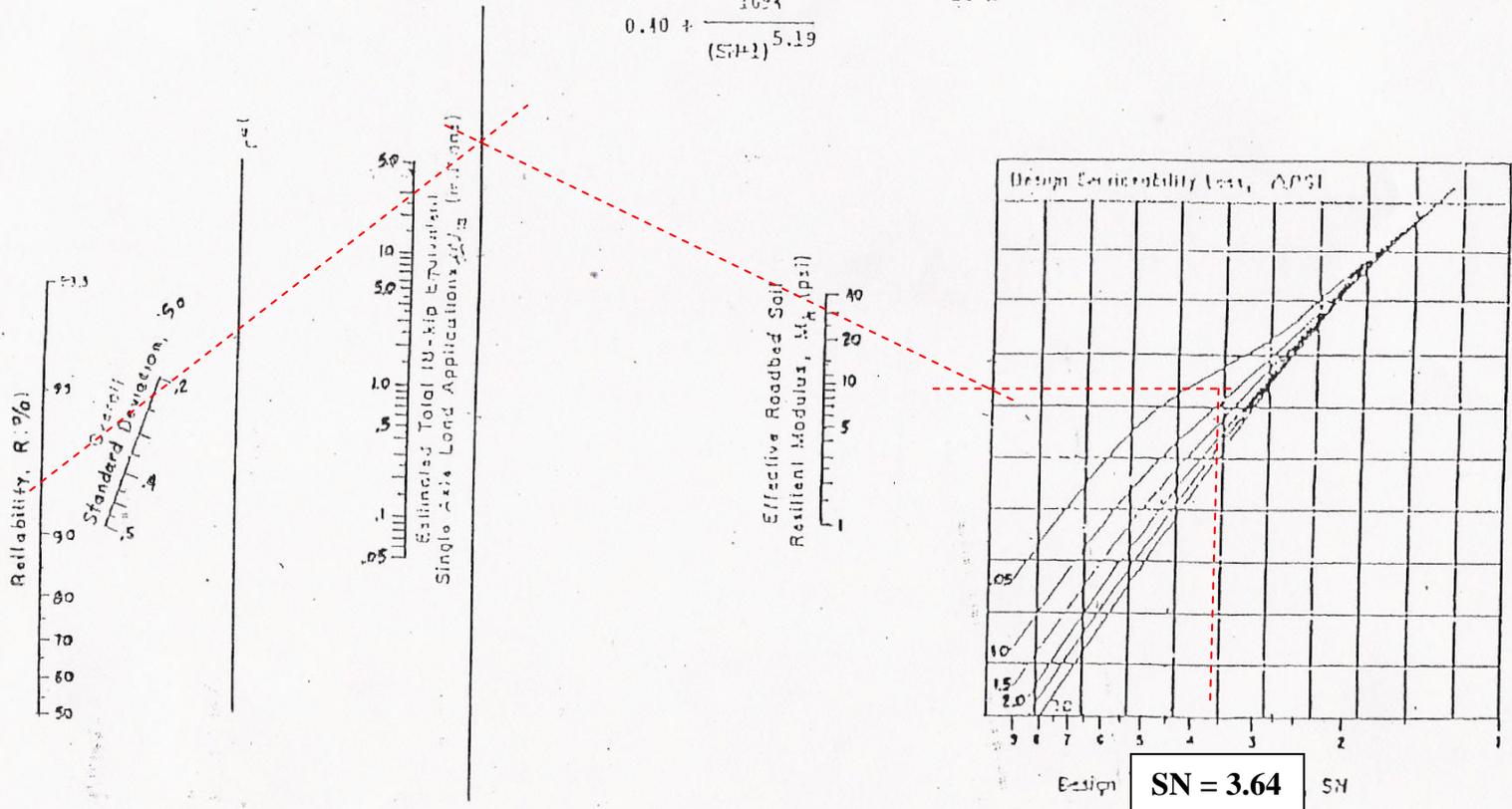




WORKSHEET SOLUTIONS:

$$\log_{10} \frac{W}{10^{18}} = Z_R \cdot S_o + 0.36 \log_{10} (\text{SNH}) - 0.20 + \frac{\log_{10} \left[\frac{8 \text{ PSI}}{4.2 - 1.5} \right]}{1694} + 2.32 \cdot 10^{-5} \log_{10} V_R - 0.67$$

$$0.40 + \frac{1694}{(\text{SNH})^{5.19}}$$





La confiabilidad en el diseño® puede ser definida como la probabilidad de que la estructura tenga un comportamiento real igual o mejor que el previsto durante la vida de diseño adoptada.

Cada valor de R (Confiabilidad) está asociado estadísticamente a un valor de coeficiente de STUDENT (Z_R). A su vez, Z_R determina, en conjunto con el factor “So”, un factor de confiabilidad.

Clasificación funcional	Nivel de confiabilidad, R, recomendado	
	Urbana	Rural
Interestatales y Vías rápidas	85 – 99.9	85 – 99.9
Arterias principales	80 - 99	75 - 95
Colectoras	80 - 95	75 - 95
Locales	50 - 80	50 - 80

Para obtener el N_s procedemos a obtener la igualdad de la siguiente expresión:

$$SN = a_1D_1 + a_2D_2m_2 + a_3D_3m_3$$



En donde:

a_i = Coeficiente estructural de la capa i

D_i = Espesor en pulgadas, de la capa i

m_i =Coeficiente de drenaje de la capa i

Coeficiente estructural

Los materiales usados en cada una de las capas de la estructura de un pavimento flexible de acuerdo a sus características, tienen un coeficiente estructural “ a_i ”. Este coeficiente representa la capacidad estructural del material para resistir las cargas solicitadas.

Estos coeficientes están basados en correlaciones obtenidas a partir de la prueba AASHO de 1958 – 1960 y ensayos posteriores que se han extendido a otros materiales y otras condiciones para generalizar la aplicación del método.





4.5.2 .2 COEFICIENTE DE DRENAJE.

Este coeficiente se determina en base a las siguientes condiciones:

DRENAJE	Agua eliminada en
Excelente	2 horas
Bueno	1 día
Regular	1 semana
Pobre	1 mes
Malo	(el agua no drena)

Calidad de drenaje	Porcentaje de tiempo anual en que la estructura del pavimento está expuesta a niveles cercanos a saturación.			
	1%	1 a 5%	5 a 25%	25%
Excelente	1,4 – 1,35	1,35 – 1,30	1,30 – 1,20	1,20
Bueno	1,35 – 1,25	1,25 – 1,15	1,15 – 1,00	1,00
Regular	1,25 – 1,15	1,15 – 1,05	1,00 – 0,80	0,80
Pobre	1,15 – 1,05	1,05 -0,80	0,80 – 0,60	0,60
Malo	1,05 – 0,95	0,95 – 0,75	0,75 – 0,40	0,40

Enseguida se hace mención de los valores recomendados por la S.C.T para coeficiente de estructural y de drenaje:

CAPA DE PAVIMENTO	COEFICIENTE ESTRUCTURAL	COEFICIENTE DE DRENAJE
Carpeta Asfáltica	0.42 – 0.40	1
Base Asfáltica	0.3	1
Base Hidráulica	0.14	1
Carpetas existentes	0.17 – 0.25	1
Sub – Base Granular	0.11	1
Subrasante	0.06 -0.05	1
Terreno Natural	-----	-----

Una vez obtenidos los valores correspondientes a coeficientes de drenaje y estructural procedemos a calcular el número estructural por capa hasta igualar la ecuación tomando en cuenta el número estructural obtenido en el nomograma.





4.5.2.3 DATOS DE DISEÑO

Capa de pavimento	Espesor en cm	Coefficiente estructural	Coefficiente de drenaje
Carpeta Asfáltica	6	0.42	1
Base Asfáltica	10	0.3	1
Base Hidráulica	25	0.14	1

$$SN = a_1D_1 + a_2D_2m_2 + a_3D_3m_3$$

$$3.5 = [(0.42 \cdot 2.36) + (0.3 \cdot 3.93) + (0.14 \cdot 9.84)]$$

$$\therefore 3.64 \neq 3.54$$

En el cálculo anterior se puede apreciar que la igualdad no se cumplió, por lo que se tendrá que realizar el cálculo con nuevos espesores propuestos, ya que el NS obtenido en el nomograma es el mínimo requerido por la estructura de pavimento, por lo que es necesario que el valor del NS calculado lo iguale o supere, una vez satisfecha esta condición el valor es correcto y se toma en cuenta para el diseño.

Capa de pavimento	Espesor en cm	Coefficiente estructural	Coefficiente de drenaje
Carpeta Asfáltica	7	0.42	1
Base Asfáltica	11	0.3	1
Base Hidráulica	21.4	0.14	1

$$3.5 = [(0.42 \cdot 2.76) + (0.3 \cdot 4.33) + (0.14 \cdot 9.84)]$$

$$\therefore 3.64 = 3.64$$

El valor del NS calculado el mayor que el mínimo requerido, por lo tanto es correcto y se tomará en cuenta para el diseño.

Posteriormente se asigna un valor de NS a cada una de las capas, realizando así la propuesta:





Carpeta de concreto asfáltico de 2.76” (**7.0cm**) = SN = 1.16

Base Hidráulica de 4.33” (**11.0cm**) = SN = 1.30

Subbase Hidráulica de 8.44” (**21.4cm**) = SN = 1.18

Realizando la sumatoria de NS tenemos:

$$\begin{array}{r} 1.16 \\ 1.30 \\ 1.18 \\ \hline \Sigma=3.64 \end{array}$$

Por lo que el diseño es adecuado y la propuesta por parte del método AASHTO en la zona de ampliación es:

Capa de pavimento	Espesor en cm
Carpeta Asfáltica	7
Base Asfáltica	11
Base Hidráulica	21.4

Resultado obtenido en el método de la U.N.A.M:

Capa de pavimento	Espesor en cm
Carpeta Asfáltica	6
Base Asfáltica	10
Base Hidráulica	25
Capa Subrasante	30

Realizando una comparativa entre los métodos de la U.N.A.M y AASHTO se concluye que la opción más factible es:



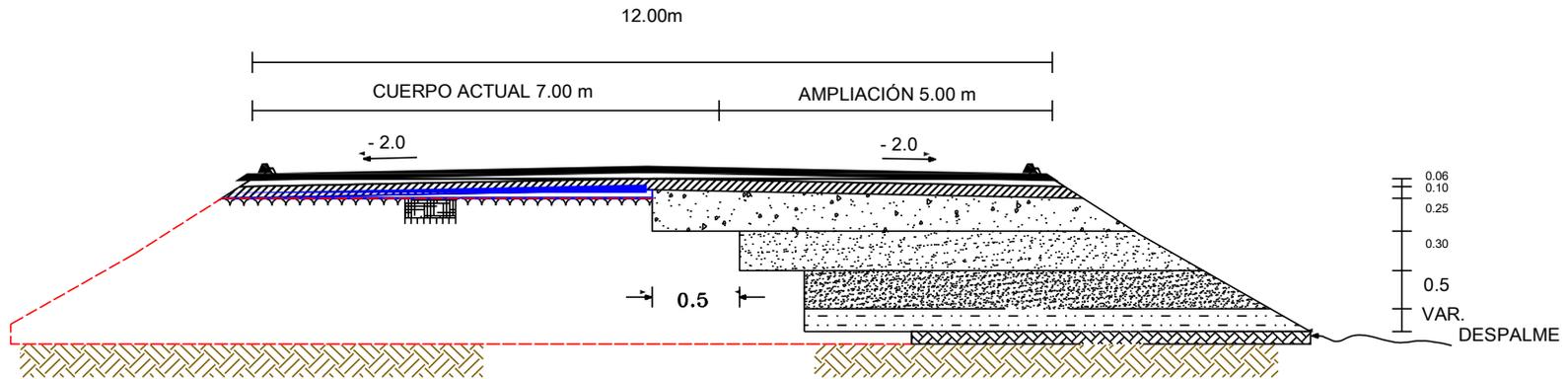


Capa de pavimento	Espesor en cm
Carpeta Asfáltica	6
Base Asfáltica	10
Base Hidráulica	25
Capa Subrasante	30





UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE MÉXICO.



- Carpeta de concreto asfáltico compactada al 95% de su peso volumétrico (Marshall)
- Base Asfáltica compactada al 95% de su peso volumétrico (Marshall)
- Base hidráulica compactada al 100% de su Peso Volumétrico Seco Máximo AASHTO modificada;
- Capa subrasante compactada al 100% de su Peso Volumétrico Seco Máximo AASHTO estándar
- Capa subyacente compactada al 95% de su Peso Volumétrico Seco Máximo AASHTO estándar
- Cuerpo de terraplén compactado al 90% de su Peso Volumétrico Seco Máximo AASHTO estándar

 FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN	CARRETERA: COCULA-AUTLÁN-BARRA DE NAVIDAD	
	TRAMO: COCULA-AUTLÁN	
SUBTRAMO KM 101+600 AL KM 124+600	ORIGEN ACATLÁN, JAL.	





5.- ESTADO ACTUAL DEL PAVIMENTO.

5.1 DESCRIPCIÓN DE TRABAJOS DE CAMPO.

5.1.1 INICIO

Los trabajos de campo iniciaron con anterioridad a la fecha de arranque estipulada, ya que siempre es necesario realizar el reconocimiento preliminar del tramo en estudio, de esta manera podemos saber a qué problemas nos vamos a enfrentar y de qué forma los vamos a resolver, puesto a que es un buen indicador del tiempo y costo de los trabajos a realizar.

5.1.2 P.C.A

Se efectuaron pozos a cielo abierto a cada 500m en promedio, sobre el eje del camino con una profundidad de 2.50m, limitados por el nivel freático o la presencia de roca; con el fin de determinar los pesos volumétricos en los diversos estratos, obteniéndose muestras alteradas o representativas de cada estrato.

También se anotó el kilometraje en el que se observó que el material cambiaba sus características tales como: color, humedad, granulometría, etc. Para posteriormente tomarlo como apoyo en la realización de los contactos geotécnicos.

Con la finalidad de tener un reporte más completo se realizó el reporte fotográfico de todos los pozos a cielo abierto, cuidando que se pudiesen apreciar las características granulométricas y de humedad del material además de tomar medidas en lo posible de los estratos existentes.



VISTA DEL P.C.A. UBICADO EN EL KILÓMETRO 123+000, EN LA CUAL, SE OBSERVA EL TERRENO NATURAL ASI COMO EL TIPO DE MATERIAL, HUMEDO DE COLOR CAFE OSCURO DE BAJA A MEDIANA PLASTICIDAD EXISTENTE EN LA ZONA.





5.1.3 CALAS

Se realizaron calas en el hombro del cuerpo existente, limitadas por el terreno natural, con fines de muestrear los distintos matariles de todas las capas del camino actual y poder determinar su calidad, ya que esta es determinante al momento de diseñar un pavimento.

Este procedimiento se lleva a cabo cuando se trata de la ampliación del cuerpo existente, aún cuando se llevase a cabo alguna rectificación del eje del camino actual y la ampliación se limitará en algunos tramos, en esos mismos se tiene que realizar calas.

Por otra parte se realizó un reporte fotográfico enfocándose en los espesores de las capas del cuerpo existente, así como en su granulometría, además de tomar medidas de las capas para posteriormente formar un perfil estratigráfico.



VISTA DEL SONDEO DE PAVIMENTO EN EL KILÓMETRO 101+600, EN EL CUAL SE OBSERVA LA ESTRATIGRAFÍA QUE PRESENTA LA ESTRUCTURA DEL CUERPO ACTUAL.





5.1.4 LOCALIZACIÓN DE BANCOS

Una vez terminados los trabajos de muestro en terreno natural y en pavimento se procedió a la localización de bancos de préstamo para terracerías y para pavimento, la característica que define el uso del banco es el porcentaje de finos que contenga y su granulometría. La exploración de bancos se realizó mediante 3 excavaciones de pozos a cielo abierto, estos sondeos según los términos de referencia de la S.C.T deben tener una profundidad mínima de 3m, con un muestreo representativo, con el cual se determinó: estratigrafía, volumen del material aprovechable, tratamiento, ubicación, características geotécnicas y su croquis de localización.

En el caso de la ubicación de los bancos de préstamo para terracerías no deben tener más de 50km de distancia con respecto al eje de trazo, en el caso especial de que se requiera un banco de roca para la construcción de pedraplenes, o con alguna otra característica específica no existe rango de distancia, a menos de que exista alguna solución menos costosa.



VISTA DEL BANCO DE TERRACERIAS "LA CAJETA" UBICADO EN EL KILÓMETRO 101+600 DESVIACION ATRAS CON 600 mts. EN LA CUAL SE OBSERVA EL TIPO DE MATERIAL GRAVA ARCILLOSA CON ARENA EXISTENTE EN DICHO BANCO.

5.1.5 TOMA DE AFOROS VEHICULARES.



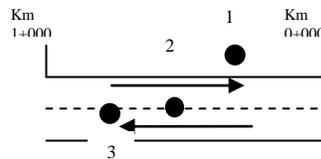


Se llevó a cabo la toma de aforos vehiculares en los puntos más representativos, es decir en los puntos en los que se observó un cambio en volumen de tránsito tales como: entronques, zonas urbanas cercanas, puntos turísticos, etc.

El objetivo principal de estos aforos es el de tener un dato más preciso del comportamiento vehicular en el tramo en estudio, posteriormente se complementa con la consulta de datos viales proporcionados por la S.C.T, tomando en cuenta lo siguiente:

Tipo de estación (TE)

Se establece un punto principal de aforo, del cual se pueden derivar otros sub puntos de apoyo, a los cuales se les nombra con los números 1, 2 o 3 según el sentido de cadenamiento existente, ej.



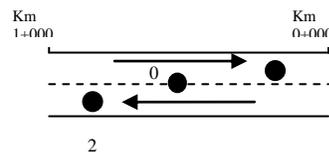
El No. 1 se refiere a que el aforo fue tomado a la llegada del punto principal de aforo

El No. 2 se refiere a que el aforo fue tomado en el punto principal.

El No. 3 se refiere a que el aforo fue tomado a la salida del punto principal de aforo

SC: Sentido de circulación

El sentido de circulación se refiere a que si el aforo fue tomado por separado o en ambos sentidos, para lo cual también se le asignan números según el caso, ej.



El No.1 ó 2 se refieren a que el aforo fue tomado solo en un sentido, mientras que el No. 0 se refiere a que el aforo fue tomado en ambos sentidos, en el caso de que se presente un aforo con los números 1 y 2 en el mismo cadenamiento se tendrá que sumar para obtener el aforo en ambos sentidos de circulación.





5.1.6 LOCALIZACIÓN DE CRUCES

Dentro de los distintos recorridos que se realizan en el tramo en estudio, es necesario saber si existen cruces que pudiesen afectar el tránsito del tramo, de existir, se deberán tomar en cuenta dentro del estudio de aforos vehiculares, así mismo si la zona en estudio es una zona industrial o agrícola se tiene que tomar en cuenta la circulación de transporte pesado o de maquinaria agrícola.

5.1.7 LEVANTAMIENTO DE DETERIOROS.

Se realizó un recorrido por el tramo en estudio con el objetivo de reportar las fallas que presenta el cuerpo existente, tales como:

- Pérdida de agregado grueso
- Pérdida de agregado fino
- Ondulaciones
- Calavereo
- Grietas longitudinales y transversales
- Baches sin reparar

A cada uno de los puntos a evaluar antes mencionados se les evalúa la severidad con los siguientes parámetros:

Muy ligera	1
Ligera	2
Moderada	3
Severa	4
Muy Severa	5

La finalidad de realizar el levantamiento de deterioros es tener una idea del estado en el que se encuentra el pavimento actual, ya que es un componente para calcular el nivel de servicio.

5.1.8 ÍNDICE DE SERVICIO ACTUAL (ISA)

Para la obtención del índice de servicio actual se recorrió el cuerpo actual abordo de un auto de modelo reciente con la finalidad de notar todos los desperfectos al momento de circular tales como: estabilidad vibraciones, etc.





A todas estas variables se les otorga una calificación en tramos de 1 km.

Excelente	5
Muy bueno	4
Bueno	3
Regular	2.5
Malo	2
Intransitable	1

Es de gual manera importante tener un dato preciso, ya que será tomado en cuenta para el diseño de pavimento y para calcular el nivel de servicio.



VISTA HACIA ATRAS DEL KILÓMETRO 101+600 EN LA CUAL SE APRECIA LAS GRIETAS LONGITUDINALES Y EL DESGASTE DE AGREGADOS DE LA CARPETA ASÌ COMO LA VEGETACIÒN EXISTENTE EN LA ZONA





5.2 NIVELES DE FECTACION

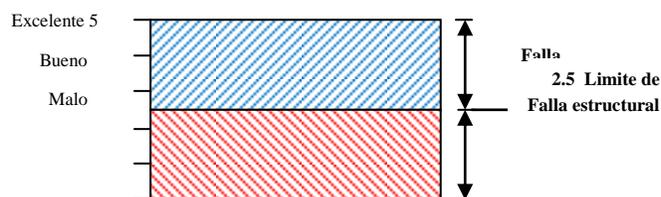
A medida que el tiempo va transcurriendo sobre un pavimento este tiende a sufrir fallas, algunas son ocasionadas por factores climáticos y otras por fallas provocadas por el tránsito pesado que circula diariamente.

Una buena forma de saber cuáles son las afectaciones reales en nuestro cuerpo actual es realizando un reconocimiento mediante un recorrido, el primero de ellos es el Levantamiento de deterioros, que es el reporte y la calificación de todas la fallas existentes sobre la carpeta asfáltica, otorgando valores que van de 1 para una falla muy ligera y 5 para muy severa gracias a estas calificaciones podemos saber cuáles son los tramos más afectados y que nivel de afectación presentan.

Por otra parte tenemos el Índice de servicio actual, de igual manera se realiza un recorrido por el tramo, aunque en esta ocasión en un vehículo nuevo, evaluando la calidad del recorrido, la calificación que se le otorga va de 1 para intransitable y 5 para excelente.

Al finalizar, el resultado de estas dos evaluaciones se tiene que analizar, ya que existe un parámetro que nos indica si nuestro tramo en estudio presenta fallas funcionales, capaces de ser reparadas con un mantenimiento de tipo preventivo, o se encuentra por debajo del nivel de rechazo, lo que quiere decir que el material del cuerpo existente no cuenta con la calidad suficiente y tiene que ser removido en su totalidad.

En la medida que nuestro pavimento presente afectaciones va a tener que ser evaluado de la siguiente forma:



A continuación se presentan los valores reportados de estas dos evaluaciones.

5.2.1 ÍNDICE DE SERVICIO ACTUAL.

En el momento en el que se circuló por el cuerpo actual nos percatamos que los primeros dos kilómetros se presenta un poco de inestabilidad al circular, aunado a lo estrecho de los carriles se convierte en algo peligroso, la misma inestabilidad se presentó al final, ya que el





tramo había sido rallado, ya que se disponían a re encarpetar, los tramos intermedios no presentan mayor problema, a continuación se presenta la tabla con los valores reportados.

Al finalizar el recorrido se obtuvieron los siguientes resultados:

CALIFICACIONES							
KILÓMETRO		OBSERVADO R No.					PROMEDIO
DE	A	1	2	3	4	5	
101+600	102+000	2.3	2.4	2.2	2.4	2.3	2.3
102+000	103+000	2.5	2.4	2.5	2.3	2.4	2.4
103+000	104+000	2.5	2.6	2.6	2.5	2.5	2.5
104+000	105+000	2.6	2.5	2.6	2.5	2.5	2.5
105+000	106+000	2.6	2.7	2.6	2.5	2.6	2.6
106+000	107+000	2.6	2.7	2.6	2.5	2.6	2.6
107+000	108+000	2.7	2.6	2.7	2.5	2.6	2.6
108+000	109+000	2.7	2.6	2.7	2.7	2.7	2.7
109+000	110+000	2.7	2.6	2.8	2.7	2.6	2.7
110+000	111+000	2.9	3.0	3.1	3.0	2.9	3.0
111+000	112+000	3.0	3.1	3.0	2.9	2.9	3.0
112+000	113+000	3.1	3.2	3.0	3.1	3.0	3.1
113+000	114+000	3.2	3.1	3.0	3.1	2.9	3.1
114+000	115+000	3.1	3.0	3.2	3.1	3.0	3.1
115+000	116+000	3.2	3.1	3.0	3.1	3.1	3.1
116+000	117+000	3.0	2.9	3.0	2.9	3.0	3.0
117+000	118+000	2.9	2.8	3.1	3.0	3.0	3.0
118+000	119+000	2.9	3.0	3.0	3.1	3.1	3.0
119+000	120+000	3.1	3.2	3.1	3.2	3.0	3.1
120+000	121+000	3.1	3.0	3.1	3.0	3.1	3.1
121+000	122+000	3.0	2.9	3.0	2.9	3.1	3.0
122+000	123+000	2.5	2.7	2.8	2.6	2.5	2.6
123+000	124+000	2.5	2.4	2.6	2.5	2.5	2.5
124+000	124+500	2.4	2.3	2.1	2.3	2.2	2.3
PROMEDIO		2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8

Cómo se puede observar la factibilidad de que el tramo en estudio sea rehabilitado es buena, ya que el valor promedio está por encima del valor límite de rechazo.

A continuación se presenta la tala correspondiente al reporte de levantamiento de deterioros.





5.2.2.1 LEVANTAMIENTO DE DETERIOROS

Una vez realizado el recorrido para determinar el índice de servicio actual, se procedió a realizar un segundo recorrido, en esta ocasión se llevó a cabo el levantamiento de daños, tal y como se mencionó en el capítulo referente a descripción de trabajos de campo, anotando así en una tabla la calificación correspondiente, tal y como a continuación se presenta:





5.2.2.1.1 TABLA DE LEVANTAMIENTO DE DETERIOROS

CARRETERA: COCULA - AUTLÁN - BARRA DE NAVIDAD				UNIVERSIDAD NACIONAL				
T R A M O: COCULA - AUTLÁN				AUTÓNOMA DE MÉXICO				
SUBTRAMO: DEL Km. 101+600 AL Km. 124+600				FACULTAD DE ESTUDIOS				
O R I G E N: ACATLÁN, JAL.				SUPERIORES ARAGÓN				
LEVANTAMIENTO DE DETERIOROS								
DETERIORO	DE KM 101+600 AL KM 109+000							
	101+600 102+000	102+000 103+000	103+000 104+000	104+000 105+000	105+000 106+000	106+000 107+000	107+000 108+000	108+000 109+000
PERDIDA DE A GREGADO GRUESO	3	3	2	3	3	3	3	2
PERDIDA DE A GREGADO FINO	1	1	1	1	1	1	1	1
EXUDACION DE ASFALTO	1	1	1	1	1	1	1	1
PULIMENTO DE AGREGADOS	2	1	2	2	2	1	2	1
CALAVEREO :	2	2	3	2	2	3	2	2
ZONA INTERIOR								
ZONA EXTERIOR								
UN SENTIDO	DOS SENTIDOS							
SUPERFICIE ONDULADA :	2	2	2	3	2	3	2	2
ZONA INTERIOR	MENOR A 0.3 cm.							
ZONA EXTERIOR	MENOR A 0.6 cm.							
ANCHO TOTAL	MAYOR A 0.6 cm.							
INESTABILIDAD	1	1	1	1	1	1	1	1
DEFORMACIONES TRANSVERS.	1	1	1	1	1	1	1	1
DEFORMACIONES LONGITUDIN.	3	2	2	2	3	2	2	2
RODERAS :	2	2	3	2	3	3	3	2
ZONA INTERIOR								
ZONA EXTERIOR								
UN SENTIDO	DOS SENTIDOS							
AGRIETAM. LONGITUDINALES :	3	3	2	3	3	2	2	2
ZONA INTERIOR	MENOR A 0.3 cm.							
ZONA EXTERIOR	MENOR A 0.6 cm.							
ANCHO TOTAL	MAYOR A 0.6 cm.							
AGRIETAM. TRANSVERSALES :	1	1	1	2	2	1	2	1
ZONA INTERIOR	MENOR A 0.3 cm.							
ZONA EXTERIOR	MENOR A 0.6 cm.							
ANCHO TOTAL	MAYOR A 0.6 cm.							
AGRIETAM. DE MAPA	2	2	2	2	2	3	2	2
AGRIETAM. PIEL DE COCOD.	1	1	1	1	1	1	1	1
AGRIETAM. DE REFLEXION	1	1	1	1	1	1	1	1
BACHES REPARADOS :	3	3	3	3	3	3	3	3
ZONA INTERIOR								
ZONA EXTERIOR								
UN SENTIDO	DOS SENTIDOS							
BACHES SIN REPARAR :	1	1	1	1	1	1	1	1
ZONA INTERIOR								
ZONA EXTERIOR								
UN SENTIDO	DOS SENTIDOS							
CALIFICAR LA SEVERIDAD COMO :				MUY LIGERA	1		SEVERA	4
				LIGERA	2		MUY SEVERA	5
				MODERADA	3			





CARRETERA: COCULA - AUTLÁN - BARRA DE NAVIDAD
T R A M O: COCULA - AUTLÁN
SUBTRAMO: DEL Km. 101+600 AL Km. 124+600
O R I G E N: ACATLÁN, JAL.



UNIVERSIDAD NACIONAL
 AUTÓNOMA DE MÉXICO
 FACULTAD DE ESTUDIOS
 SUPERIORES ARAGÓN



LEVANTAMIENTO DE DETERIOROS

DETERIORO	DE KM 109+000 AL KM 117+000							
	109+000	110+000	111+000	112+000	113+000	114+000	115+000	116+000
	110+000	111+000	112+000	113+000	114+000	115+000	116+000	117+000
PERDIDA DE AGREGADO GRUESO	2	2	1	2	1	1	1	1
PERDIDA DE AGREGADO FINO	1	1	1	1	1	1	1	1
EXUDACION DE ASFALTO	1	1	1	2	2	1	1	1
PULIMENTO DE AGREGADOS	1	1	1	2	2	1	1	1
CALAVEREO :	1	1	1	1	1	1	1	1
ZONA INTERIOR								
ZONA EXTERIOR								
UN SENTIDO	DOS SENTIDOS							
SUPERFICIE ONDULADA :	2	1	2	1	1	1	1	1
ZONA INTERIOR	MENOR A 0.3 cm.							
ZONA EXTERIOR	MENOR A 0.6 cm.							
ANCHO TOTAL	MAYOR A 0.6 cm.							
INESTABILIDAD	1	1	1	1	1	1	1	1
DEFORMACIONES TRANSVERS.	1	1	1	1	1	1	1	1
DEFORMACIONES LONGITUDIN.	1	1	2	1	1	1	1	1
RODERAS :	2	1	1	2	1	1	1	1
ZONA INTERIOR								
ZONA EXTERIOR								
UN SENTIDO	DOS SENTIDOS							
AGRIETAM. LONGITUDINALES :	1	1	1	1	1	1	1	1
ZONA INTERIOR	MENOR A 0.3 cm.							
ZONA EXTERIOR	MENOR A 0.6 cm.							
ANCHO TOTAL	MAYOR A 0.6 cm.							
AGRIETAM. TRANSVERSALES :	1	1	1	1	1	1	1	1
ZONA INTERIOR	MENOR A 0.3 cm.							
ZONA EXTERIOR	MENOR A 0.6 cm.							
ANCHO TOTAL	MAYOR A 0.6 cm.							
AGRIETAM. DE MAPA	1	1	1	1	1	1	1	1
AGRIETAM. PIEL DE COCOD.	1	1	1	1	1	1	1	1
AGRIETAM. DE REFLEXION	1	1	1	1	1	1	1	1
BACHES REPARADOS :	1	1	1	1	1	1	1	1
ZONA INTERIOR								
ZONA EXTERIOR								
UN SENTIDO	DOS SENTIDOS							
BACHES SIN REPARAR :	1	1	1	1	1	1	1	1
ZONA INTERIOR								
ZONA EXTERIOR								
UN SENTIDO	DOS SENTIDOS							
CALIFICAR LA SEVERIDAD COMO :		MUY LIGERA		1		SEVERA		4
		LIGERA		2		MUY SEVERA		5
		MODERADA		3				





UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES ARAGÓN



CARRETERA COCUA - AUTLÁN - BARRA DE NAVIDAD
T R A M O: COCUA - AUTLÁN
SUBTRAMO DEL Km. 101+600 AL Km. 124+600
O R I G E N: ACATLÁN, JAL.

LEVANTAMIENTO DE DETERIOROS

DETERIORO	DE KM 117+000 AL KM 124+400							
	117+000	118+000	119+000	120+000	121+000	122+000	123+000	124+000
	118+000	119+000	120+000	121+000	122+000	123+000	124+000	124+500
PERDIDA DE AGREGADO GRUESO	2	2	1	1	2	1	1	3
PERDIDA DE AGREGADO FINO	1	1	1	1	1	1	1	2
EXUDACION DE ASFALTO	1	1	1	1	1	1	1	1
PULIMENTO DE AGREGADOS	1	1	1	1	1	1	1	1
CALAVERO :	1	1	1	1	1	1	1	3
ZONA INTERIOR								
ZONA EXTERIOR								
UN SENTIDO								
DOS SENTIDOS								
SUPERFICIE ONDULADA :	2	1	2	1	2	2	2	3
ZONA INTERIOR								
MENOR A 0.3 cm.								
ZONA EXTERIOR								
MENOR A 0.6 cm.								
ANCHO TOTAL								
MAYOR A 0.6 cm.								
INESTABILIDAD	1	1	1	1	1	1	1	3
DEFORMACIONES TRANSVERS.	1	1	1	1	1	1	1	4
DEFORMACIONES LONGITUDIN.	1	1	1	1	1	1	1	4
RODERAS :	2	2	1	1	1	2	2	3
ZONA INTERIOR								
ZONA EXTERIOR								
UN SENTIDO								
DOS SENTIDOS								
AGRIETAM. LONGITUDINALES :	1	1	1	1	1	1	1	3
ZONA INTERIOR								
MENOR A 0.3 cm.								
ZONA EXTERIOR								
MENOR A 0.6 cm.								
ANCHO TOTAL								
MAYOR A 0.6 cm.								
AGRIETAM. TRANSVERSALES :	1	1	1	1	1	1	1	3
ZONA INTERIOR								
MENOR A 0.3 cm.								
ZONA EXTERIOR								
MENOR A 0.6 cm.								
ANCHO TOTAL								
MAYOR A 0.6 cm.								
AGRIETAM. DE MAPA	1	1	1	1	1	1	1	2
AGRIETAM. PIEL DE COCOD.	1	1	1	1	1	1	1	3
AGRIETAM. DE REFLEXION	1	1	1	1	1	1	1	2
BACHES REPARADOS :	1	1	1	1	1	1	1	1
ZONA INTERIOR								
ZONA EXTERIOR								
UN SENTIDO								
DOS SENTIDOS								
BACHES SIN REPARAR :	1	1	1	1	1	1	1	4
ZONA INTERIOR								
ZONA EXTERIOR								
UN SENTIDO								
DOS SENTIDOS								
CALIFICAR LA SEVERIDAD COMO :		MUY LIGERA		1		SEVERA		4
		LIGERA		2		MUY SEVERA		5
		MODERADA		3				





En conclusión el cuerpo actual no presenta fallas considerables y el índice de servicio actual indica que se encuentra en condiciones para ser rehabilitado.

5.3 ANÁLISIS DE TRÁNSITO.

En el momento en el que se crea un camino o se moderniza, se crea una vía más rápida, segura y cómoda, por lo que cambia por completo el itinerario de los viajeros que circulan por el tramo, ya sean de corto o largo itinerario, aumentando o disminuyendo el volumen de tránsito, no sólo del nuevo tramo, sino también de las carreteras aledañas, razón por la cual es necesario realizar un estudio de datos viales, y así saber cómo se ha comportado el entorno del tramo en general y poder estimar cuáles son los posibles incrementos, para poder solucionar algunos de los problemas de tránsito brindando así la mejor alternativa.

La problemática del tramo en estudio son los tiempos de recorrido tan largos que se hacen de una población a otra, de los pasajeros que viajan de Guadalajara a Barra de Navidad y viceversa, además, de no contar con un dato preciso de los vehículos pesados que circulan por ahí, ni de la circulación de maquinaria agro industrial, ya que la zona en la que se aloja el proyecto se dedica a la cosecha de maíz, hecho por el cual fue necesario realizar un estudio de datos viales, por lo cual se realizaron aforos vehiculares en campo para poder tener un dato exacto del tipo de vehículos que circulan y cuál es la hora de mayor demanda, posteriormente nos apoyaremos en el libro de datos viales, con fines de tener datos de fechas pasadas y poder estimar la tasa de crecimiento anual.

Como ya se mencionó en capítulos anteriores no contamos con ningún cruce de importancia ni rampas de acceso de vehículos agro industriales que puedan intervenir directamente en el cálculo del tránsito promedio anual.

Por otra parte la base de todo diseño de pavimentos son los datos viales ocupados en el método del Instituto de Ingeniería de la U.N.A.M, y el método AASHTO, también la composición vehicular que es uno de los factores principales que ayudan a calcular los espesores de pavimento.

A continuación se presentan tablas de aforos tomados en campo en distintos días de la semana apegándose al fin de semana, ya que son los días en los que se espera un incremento del aforo vehicular.





5.3.1 TABLAS DE AFORO TOMADO EN CAMPO

VARIACIÓN HORARIA DE VOLÚMENES DE TRÁNSITO									Fecha:	10/03/2010
Vehiculo Hora	Automóvil A	Autobús 3 ejes B3	Camión 2 ejes C2	Camión 3 ejes C3	Camión 5 ejes T3S2	Camión 6 ejes T3S3	Camión 8 ejes T3S2R3	Camión 9 ejes T3S2R4	Total T	
6 - 7	185	7	5	1	2	1	0	1	202	
7 - 8	215	5	8	5	3	1	2	0	239	
8 - 9	264	8	10	5	5	3	0	0	295	
9 - 10	304	8	12	6	3	5	1	1	340	
10 - 11	312	10	15	8	7	5	1	0	358	
11 - 12	321	9	10	9	6	3	0	1	359	
12 - 13	284	10	8	7	7	5	3	0	324	
13 - 14	256	5	5	5	4	3	1	1	280	
14 - 15	221	8	5	8	9	4	0	1	256	
15 - 16	256	5	9	6	5	5	2	0	288	
16 - 17	237	7	8	5	4	2	0	2	265	
17 - 18	304	10	12	7	5	7	0	0	345	
18 - 19	320	7	10	8	6	5	0	3	359	
19 - 20	248	5	10	6	5	5	1	1	281	
20 - 21	180	8	5	4	6	3	0	1	207	
21 - 22	153	4	3	3	3	1	0	0	167	
TOTAL	4060	116	135	93	80	58	11	12	4565	
Porcentaje	88.9%	2.5%	3.0%	2.0%	1.8%	1.3%	0.2%	0.3%	100.0%	





VARIACIÓN HORARIA DE VOLÚMENES DE TRANSITO								Fecha:	12/03/2010
	Automóvil	Autobús 3 ejes	Camión 2 ejes	Camión 3 ejes	Camión 5 ejes	Camión 6 ejes	Camión 8 ejes	Camión 9 ejes	Total
	A	B3	C2	C3	T3S2	T3S3	T3S2R3	T3S2R4	T
6 - 7	152	5	6	3	1	3	0	0	170
7 - 8	186	6	8	9	3	2	1	1	216
8 - 9	257	5	10	13	4	5	0	0	294
9 - 10	287	8	17	18	5	3	0	0	338
10 - 11	258	7	15	14	4	5	1	0	304
11 - 12	263	10	8	12	5	3	2	0	303
12 - 13	281	5	12	15	6	2	0	0	321
13 - 14	275	7	10	13	3	1	1	0	310
14 - 15	235	6	15	11	5	6	0	0	278
15 - 16	289	8	16	9	3	5	2	0	332
16 - 17	304	5	10	8	2	3	0	2	334
17 - 18	350	10	15	10	6	5	0	0	396
18 - 19	352	8	12	10	4	4	0	1	391
19 - 20	263	6	8	10	4	6	0	1	298
20 - 21	203	8	7	6	5	4	1	0	234
21 - 22	184	5	9	5	3	2	0	1	209
TOTAL	4139	109	178	166	63	59	8	6	4728
Porcentaje	87.5%	2.3%	3.8%	3.5%	1.3%	1.2%	0.2%	0.1%	100.0%





VARIACIÓN HORARIA DE VOLÚMENES DE TRANSITO

Fecha: **16/03/2010**

Vehículo Hora	Automóvil A	Autobús 3 ejes B3	Camión 2 ejes C2	Camión 3 ejes C3	Camión 5 ejes T3S2	Camión 6 ejes T3S3	Camión 8 ejes T3S2R3	Camión 9 ejes T3S2R4	Total T
6 - 7	165	5	6	3	2	1	0	2	184
7 - 8	192	6	8	2	3	2	2	1	216
8 - 9	248	7	10	6	5	4	0	1	281
9 - 10	262	5	13	4	3	2	0	1	290
10 - 11	293	6	9	4	5	3	0	0	320
11 - 12	267	4	6	5	4	5	0	0	291
12 - 13	250	7	5	8	2	4	2	1	279
13 - 14	284	8	8	8	4	2	1	1	316
14 - 15	237	10	10	10	2	1	0	0	270
15 - 16	278	9	12	12	1	2	0	2	316
16 - 17	308	6	7	7	4	3	1	0	336
17 - 18	318	6	5	9	2	1	0	0	341
18 - 19	329	8	7	7	3	3	0	0	357
19 - 20	249	5	8	8	1	2	2	0	275
20 - 21	172	5	6	5	2	1	1	0	192
21 - 22	156	6	3	4	1	2	0	1	173
TOTAL	4008	103	123	102	44	38	9	10	4437
Porcentaje	90.3%	2.3%	2.8%	2.3%	1.0%	0.9%	0.2%	0.2%	100.0%



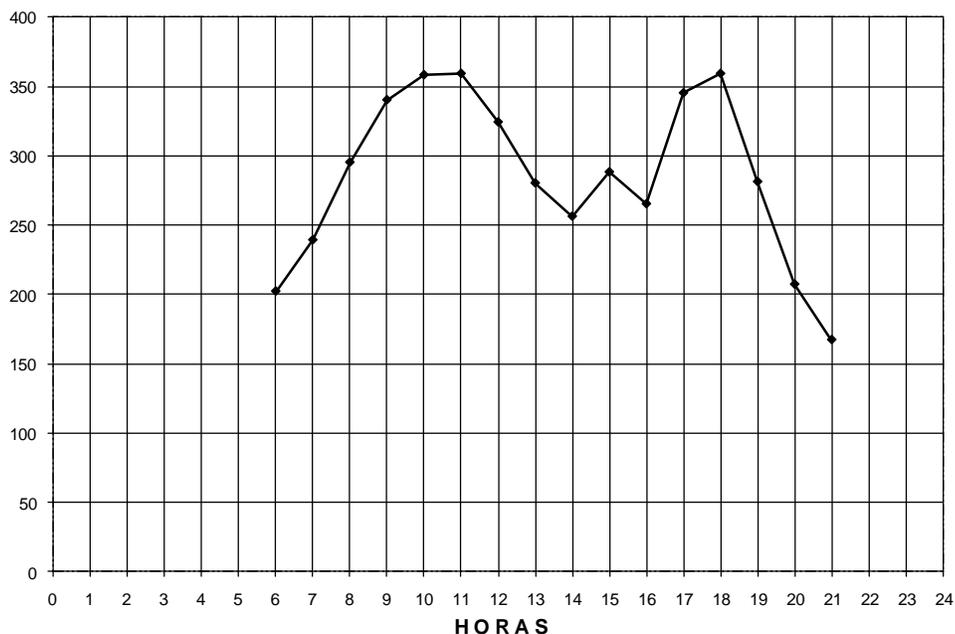


5.3.2 RESUMEN Y COMPORTAMIENTO VEHICULAR

HORAS	VEHÍCULOS
6	202
7	239
8	295
9	340
10	358
11	359
12	324
13	280
14	256
15	288
16	265
17	345
18	359
19	281
20	207
21	167

SE PRESENTAN LOS VALORES CONCENTRADOS DEL PRIMER AFORO REALIZADO EL DÍA 10/03/2010, CON LA GRÁFICA OBTENIDA, EN LA QUE PODEMOS OBSERVAR QUE EXISTEN DOS INCREMENTOS SIGNIFICATIVOS, INICIANDO EL AFORO A LAS 6:00AM, QUE CULMINA DE 10:00 A 11:00 AM, PARA DE NUEVO INCREMENTAR SIGNIFICATIVAMENTE HASTA LLEGAR AL PUNTO MÁS ALTO QUE INDICA EL TRÁNSITO MÁS INTENSO ALREDEDOR DE LAS 18:00HRS, LO QUE PUEDE SER INDICADOR DE QUE SOLO SE TRATA DE TRÁNSITO LOCAL.

VARIACION HORARIA DE VOLUMENES DE TRANSITO
(16 HORAS)

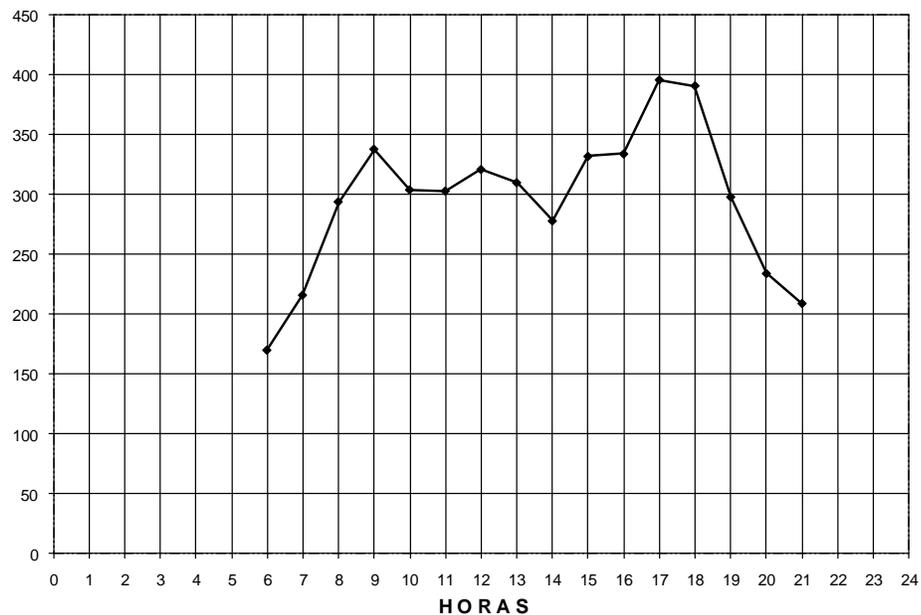




HORAS	VEHICULOS
6	170
7	216
8	294
9	338
10	304
11	303
12	321
13	310
14	278
15	332
16	334
17	396
18	391
19	298
20	234
21	209

ESTA GRÁFICA SE MUESTRA DIFERENTE A LA DEL DÍA 10, YA QUE MUESTRA UN INCREMENTO, MOSTRANDO UN COMPORTAMIENTO MÁS ESTABLE, POR OTRA PARTE, DE ACUERDO A LO QUE SE APRECIÓ EN CAMPO TRANSITA EN SU MAYORÍA TRÁNSITO LOCAL, SEGUIDO POR AUTOBUSES Y POSTERIORMENTE POR TRÁILER.

VARIACION HORARIA DE VOLUMENES DE TRANSITO
(16 HORAS)

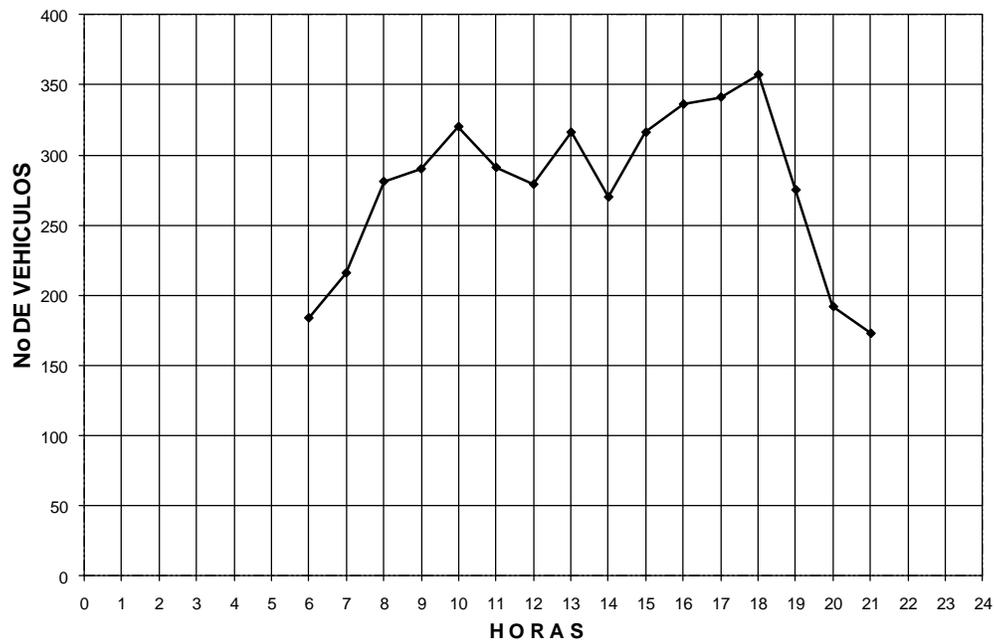




HORAS	VEHICULOS
6	184
7	216
8	281
9	290
10	320
11	291
12	279
13	316
14	270
15	316
16	336
17	341
18	357
19	275
20	192
21	173

ESTA GRÁFICA ES LA QUE PRESENTA UN VOLUMEN MÁS ELEVADO AL DE TODAS LAS DEMÁS, AUNQUE EL AFORO SE REALIZÓ EN UN DÍA ENTRE SEMANA MOSTRÓ MÁS CRECIMIENTO CON UN VALOR INTERMEDIO DE VEHÍCULOS PESADOS A DIFERENCIA DEL PRIMER DÍA QUE ES EL QUE PRESENTÓ EL NIVEL MÁS ALTO DE VEHÍCULOS PESADOS.

VARIACION HORARIA DE VOLUMENES DE TRANSITO
(16 HORAS)





VOLÚMENES PROMEDIO DE TRÁNSITO

VEHÍCULO	Automóvil A	Autobús 3 ejes B2	Camión 2 ejes C2	Camión 3 ejes C3	Camión 5 ejes T3S2	Camión 6 ejes T3S3	Camión 8 ejes T3S2R3	Camión 9 ejes T3S2R4	Total T
Promedio	4272	115	153	126	65	54	10	10	4806
Porcentaje	88.9%	2.4%	3.2%	2.6%	1.4%	1.1%	0.2%	0.2%	100.0%

Como se puede apreciar el tránsito que se presentó según los aforos tomados en campo es de: 4,577 vehículos presentando un incremento en la circulación del transporte pesado los el día martes 16, al ingresar esta propuesta a revisión ante la S.C.T, recomendaron la siguiente composición vehicular, mismo que se utilizará para el diseño de pavimentos:

$$T.D.P.A_{10} = 5,123$$

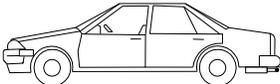
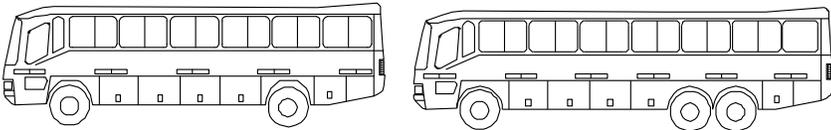
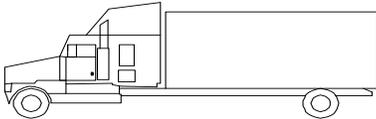
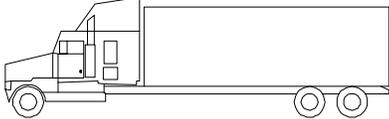
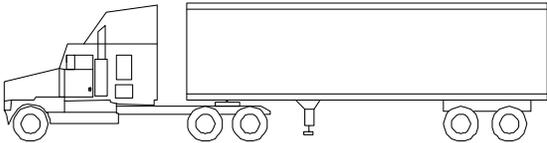
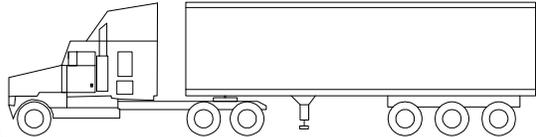
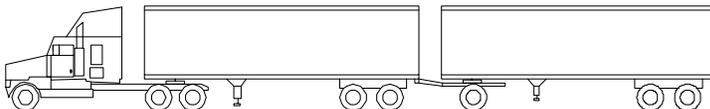
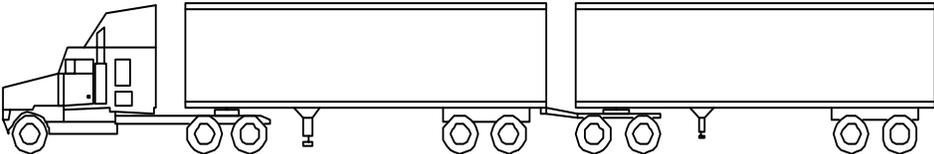
Composición vehicular:

A =81.3%, B= 4.1%, C=14.6%





5.3.3 COMPOSICIÓN VEHICULAR

VEHICULO	DISTRIBUCION EN %
A 	81.3
B 	4.1
C₂ 	7.4
C₃ 	3.4
T₃S₂ 	1.4
T₃S₃ 	1.0
T₃S₂R₃ 	0.8
T₃S₂R₄ 	0.6
SUMATORIA	100





5.4 MEDICIÓN DE LA CAPACIDAD ESTRUCTURAL DEL CUERPO EXISTENTE.

En capítulo 4 se llevó a cabo el diseño de pavimento en la zona de ampliación, por otra parte en este capítulo se realizará el cálculo del refuerzo que requiere la zona de ampliación, ya que las condiciones de resistencia que ofrece el terreno natural sobre el que se desplantara la ampliación, no son las mismas que ofrece el cuerpo actual, razón por la cual procederemos de la siguiente manera.

El primer paso es calcular cual es la vida útil del cuerpo actual, de esta forma se comprobará la necesidad de reforzarlo y no solo de ampliarlo, garantizando así una vida útil de 15 años, tal y como lo requiere la S.C.T.

Posteriormente se hará la evaluación del de la resistencia, tanto del cuerpo actual como la del terreno natural, para de esta forma igualar la resistencia en la zona de ampliación y en la de refuerzo del cuerpo actual, garantizando así una igualdad en cuanto a resistencia y evitando fallas prematuras o hundimientos diferenciales.

Finalmente se hará la recomendación necesaria para garantizar la duración del cuerpo ampliado.

Datos de camino actual:

CAPA	ESPESOR
CARPETA ASFÁLTICA	15
BASE HIDRÁULICA	26

Se realizó un diseño de pavimentos del cuerpo actual, tomando en cuenta todas sus características, tales como los espesores de las capas existentes, por otra parte también se tomó en cuenta que los factores climáticos, así como el transporte pesado ha mermado su resistencia, por lo que dichos valores están disminuidos con respecto al diseño en la zona de ampliación del capítulo 4.

A continuación se presenta el programa con los resultados obtenidos.





La mecánica para la obtención de la vida útil del pavimento actual es la misma que la del diseño de pavimento en la zona de ampliación lo único que cambian son los valores de resistencia, así como el periodo de análisis.

5.4.1 MÉTODO DEL INSTITUTO DE INGENIERÍA U.N.A.M. (DISPAV 5)

Para saber cuál es el tiempo que le queda de vida a nuestro pavimento sin que reciba ningún tratamiento de refuerzo es necesario realizar dos cálculos que son:

1.- Revisión estructural de las capas de pavimento por medio del método del instituto del asfalto, el cual nos arrojará la vida previsible por deformación y por fatiga de las capas del cuerpo actual.

2.- Una vez obtenida la vida previsible, se calculará la vida útil pro medio del programa Dispav 5, aunque las características del camino actual sean de un camino tipo “C” se diseñará como si fuese un de tipo “A”, ya que lo que se pretende es que se comporte como tal, lo único que debe tomarse en cuenta es que los valores de resistencia no pueden ser los mismos que los de un camino nuevo.

5.4.1.1 REVISIÓN ESTRUCTURAL DE LAS CAPAS DE PAVIMENTO.

Para este caso la revisión de las capas del cuerpo actual se lleva a cabo con el programa Dispav 5, el procedimiento es similar al del diseño de un pavimento con la diferencia de que se trata de la revisión de las capas del cuerpo actual, es por eso que se procede de la siguiente manera:

1. Diseñar de acuerdo con los lineamientos fijados.
2. Revisar diseños específicos que proponga el proyectista

Introduzca su opción, anotando el número y presionando intro: 2

Como ya se mencionó el diseño del pavimento se hará como si se tratará de un camino de primer nivel, ya que se pretende que se comporte de esta manera.

El programa tiene dos opciones de diseño, según el tipo de camino.

1. Caminos de altas especificaciones, en los que se desea conservar un nivel de servicio alto al final de la vida de proyecto (1.2 cm de deformación en la rodada y agrietamiento ligero a medio).





2. Caminos normales en los que se permiten deformaciones del orden de 2.5 cm en la rodada y agrietamiento medio a fuerte, al final de la vida de proyecto.

Introduzca el número correspondiente a su tipo de camino: 1

El programa permite analizar pavimentos que contengan algunas de las siguientes capas, hasta un máximo de cinco de ellas.

1. Carpeta
2. Base asfáltica
3. Base granular
4. Sub-base
5. Subrasante
6. Terracería

Introduzca el número de capas de que consta el pavimento: 3

Introduzca los números de capa empezando por la capa superior

1
3
6

Datos del proyecto

Camino de altas especificaciones.

Capa	Espesor (cm)	Módulo (kg/cm ²)	VRSz (%)	Rel de Poisson	Coef de equiv.
Carpeta	15.0	20,000		0.35	1.83
Base granular	26.0	2,793	80	0.35	1.00
Terracería	Semi-inf	401	5		0.45

El método permite elegir el nivel de confianza del proyecto, entre





50 y 95%. Se sugiere un nivel de confianza de 85%.
 Introduzca el nivel de confianza del proyecto (50 a 99) 90

5.4.1.2 DATOS Y RESULTADOS DEL DISEÑO (proyecto de 4 años)

Camino de altas especificaciones. Nivel de confianza en el diseño : 90 %

Capa	H	VRSz	E	V	Vida previsible	
	cm	%			kg/cm ² Def	Fatiga
Carpeta	15.0		20000	0.35		
Base granular	26.0	80.0	2793	0.35		2.2
Terracería	Semi-inf	5.0	401	0.45	0.0	54.4

Vida previsible	
Deformación	0.0
Fatiga	2.2

Como se puede observar el tramo en estudio tiene una vida útil por deformación, por otra parte no presenta vida útil por fatiga.

Se realizará el cálculo en años con ayuda del programa Dispav 5, la característica principal de estos diseños es que disminuirémos gradualmente el periodo de análisis, ya que al no contar con las mismas características de resistencia que las de los materiales en la zona de ampliación su vida se ve disminuida.

La metodología de diseño es la misma que se presento en el capítulo 4 para el diseño del pavimento en la zona de ampliación, como ya se mencionó en el párrafo anterior lo único que cambiará es el dato del periodo de análisis.

1. Diseñar de acuerdo con los lineamientos fijados.
2. Revisar diseños específicos que proponga el proyectista

Introduzca su opción, anotando el número y presionando intro: 1

El programa tiene dos opciones de diseño, según el tipo de camino.





1. Caminos de altas especificaciones, en los que se desea conservar un nivel de servicio alto al final de la vida de proyecto (1.2 cm de deformación en la rodada y agrietamiento ligero a medio).
2. Caminos normales en los que se permiten deformaciones del orden de 2.5 cm en la rodada y agrietamiento medio a fuerte, al final de la vida de proyecto.

Introduzca el número correspondiente al tipo de camino : 1

Se requiere conocer el tránsito en el carril de proyecto en millones de ejes estándar (ejes sencillos de 8.2 toneladas).

Tiene dos opciones :

1. Si conoce el tránsito de proyecto, introducirlo directamente.
2. Calcularlo a partir del tránsito mezclado.

Introduzca el número correspondiente a su elección : 2

Introduzca los siguientes datos :

TDPA en el carril de proyecto (en vehículos) : 2561.5

Tasa de crecimiento anual del tránsito (en %) : 3.5

Periodo de proyecto, en años : 4

Se necesita conocer el tipo de camino

1. Tipo A o B
2. Tipo C
3. Tipo D

Introduzca el número correspondiente : 1

Se requiere conocer la composición del tránsito, introduzca el porcentaje de cada tipo de vehículo.





Automóvil	Tracto camión articulado
A : 81.3	T2-S1 :
	T2-S2 :
Autobús	T3-S2 : 1.4
B2 : 4.1	T3-S3 : 1.0
B3 :	
B4 :	Tracto camión doblemente articulado
	T2-S1-R2 :
Camión unitario	T3-S1-R2 :
C2 : 7.4	T3-S2-R2 :
C3 : 3.4	T3-S2-R3 : 0.8
	T3-S2-R4 : 0.6
Camión remolque	T3-S3-S2 :
C2-R2 :	
C3-R2 :	
C3-R3 :	
C2-R3 :	

Los vehículos tipo A se supone que siempre están cargados.

Los autobuses y vehículos de carga (tipos B, C y T), pueden circular vacíos en un cierto porcentaje de casos.

Se requiere conocer el porcentaje de camiones cargados en el carril de proyecto.

Se tienen dos opciones:

1. Emplear un porcentaje de vehículos cargados aplicable a todos los vehículos comerciales (un porcentaje promedio).
2. Emplear un porcentaje de vehículos cargados para cada tipo de vehículo.

Introduzca la opción que desea aplicar (1 o 2): 1

En ausencia de información más confiable se sugiere emplear una proporción de camiones cargados entre 60 y 80%, (entre 40 y 20% de camiones vacíos).

Introduzca la proporción de camiones cargados que juzgue correcta (%) : 80

Tránsito de proyecto en millones de ejes estándar para una profundidad de :					
Z = 5 cm	Z = 15 cm	Z = 30 cm	Z = 60 cm	Z = 90 cm	Z = 120 cm
2.4	2.3	2.7	3.6	3.9	4.0





Tiene seis opciones, correspondientes a las profundidades de cálculo :

1. 5 cm
2. 15 cm
3. 30 cm
4. 60 cm
5. 90 cm
6. 120 cm

Introduzca el número correspondiente a su elección en daño superficial : 1

Introduzca el número correspondiente a su elección en daño profundo : 3

El tránsito de proyecto, en millones de ejes estándar, es :

- (a) Por fatiga en las capas estabilizadas : 2.4
- (b) Por deformación en capas no estabilizadas : 2.7

El programa permite analizar pavimentos que contengan algunas de las siguientes capas (o todas ellas).

1. Carpeta
2. Base granular
3. Sub-base
4. Subrasante
5. Terracería

Introduzca el número de capas de que consta el pavimento: 3

Introduzca los números de capa empezando por la capa superior

- 1
- 2
- 5

El método permite elegir el nivel de confianza del proyecto.

Se sugiere emplear un nivel de confianza de 85%, pero puede emplear otro nivel (entre 50 y 99%).

Introduzca el nivel de confianza que prefiere ($50 \leq \text{NIV} \leq 99$) :90





Camino de altas especificaciones. Nivel de confianza en el diseño : 90 %

Capa	H cm	VRSz %	E kg/cm ²	V	Vida previsible Def Fatiga
Carpeta	13.0		20000	0.35	2.4
Base granular	79.7	80.0	2793	0.35	17.8
Terracería	Semi-inf	5.0	401	0.45	5.2

	Vida previsible	Tránsito proyecto
Deformación	5.2	2.7
Fatiga	2.4	2.4

La vida previsible es cercana o mayor que la vida de proyecto el diseño parece adecuado. La tolerancia es +/- 10% del tránsito de proyecto crítico.

Comparando los datos del diseño con respecto a los de la revisión del cuerpo actual tenemos:

Daños	Datos de diseño	Datos de proyecto
	Tránsito proyecto	
Deformación	2.7	0.0
Fatiga	2.4	2.2

El análisis se realizó para 4 años, obteniendo resultados similares, por lo cual es necesario analizar otra propuesta, para llegar a un resultado que más se adecuado.

5.4.1.3 DISEÑO PARA UN PERIODO DE ANÁLISIS DE 3 AÑOS.

Introduzca los siguientes datos :

TDPA en el carril de proyecto (en vehículos) : 2561.5





Tasa de crecimiento anual del tránsito (en %) : 3.5

Periodo de proyecto, en años : 3

DATOS Y RESULTADOS DEL DISEÑO

Camino de altas especificaciones. Nivel de confianza en el diseño : 90 %

Capa	H	VRSz	E	V	Vida previsible	
	cm	%	kg/cm ²		Def	Fatiga
Carpeta	12.0		20000	0.35		1.8
Base granular	78.0	80.0	2793	0.35	10.0	
Terracería	Semi-inf	5.0	401	0.45	3.5	

	Vida previsible	Tránsito proyecto
Deformación	3.5	2.0
Fatiga	1.8	1.8

Es necesario realizar un diseño más con un periodo de proyecto más bajo, ya que no hemos encontrado igualar el valor correspondiente a la deformación.

5.4.1.4 DISEÑO PARA UN PERIODO DE ANÁLISIS DE 1 AÑO.

TDPA en el carril de proyecto (en vehículos): 2561.5

Tasa de crecimiento anual del tránsito (en %): 3.5

Periodo de proyecto, en años: 1

DATOS Y RESULTADOS DEL DISEÑO

Camino de altas especificaciones. Nivel de confianza en el diseño : 90 %

Capa	H	VRSz	E	V	Vida previsible	
	cm	%	kg/cm ²		Def	Fatiga
Carpeta	7.1		20000	0.35		0.5
Base granular	72.1	80.0	2793	0.35	0.6	
Terracería	Semi-inf	5.0	401	0.45	0.6	





	Vida previsible	Tránsito proyecto
Deformación	0.6	0.6
Fatiga	0.5	0.5

Daños	Datos de proyecto	Periodos de proyecto		
		4 años	3 años	1 año
Deformación	0.0	2.7	2.0	0.6
Fatiga	2.2	2.4	1.8	0.5

Realizando la comparación de los distintos diseños, nos podemos dar cuenta de que la vida del proyecto es menor de 1 año, aunque la vida del tramo por fatiga se encuentre entre 3 y 4 años, la vida por deformación es menor a 1 año, por lo que en general la vida del cuerpo actual es menor a 1 año, por lo que es necesario realizar lo más pronto posible la rehabilitación del cuerpo existente.

Para tener una idea del nivel de refuerzo que requiere el cuerpo actual y que de esta manera sea capaz de garantizar la vida del proyecto por 15 años junto a la zona de ampliación, además de garantizar que trabajen de la misma forma es necesario realizar el correcto estudio en cuanto a resistencia se refiere de la zona de ampliación y del terreno natural, ya que ni uno de los dos ofrece las mismas condiciones de apoyo, por lo cual se debe equilibrar esta resistencia y evitar las fallas prematuras y hundimientos diferenciales.

De acuerdo a lo anterior descrito utilizaremos el método de espesores en grava equivalente, para realizar la propuesta de refuerzo que requiere el cuerpo actual.

El método de espesores en grava equivalente consiste en obtener los espesores reales tanto del cuerpo actual como de la zona de ampliación, posteriormente se multiplican por un factor de equivalencia (grava equivalente), obteniendo así un espesor en grava equivalente, posteriormente se estima el nivel en el que los espesores queden en igualdad, o al menos con diferencias que no sobrepasen los 5cm.





5.4.1.5 MÉTODO DE ESPESOR EN GRAVA EQUIVALENTE

Datos del cuerpo actual:

CAPA	ESPESOR EN cm	Factor de equivalencia (grava equivalente)
CARPETA ASFÁLTICA	15	1.7
BASE HIDRÁULICA	26	1.0

$$((\text{Espesor Real}) \cdot (\text{Factor Equivalente})) = \text{Espesor en grava equivalente}$$

De lo cual tenemos:

$$((15) \cdot (1.7)) = 25.5$$

$$((26) \cdot (1.0)) = 26$$

$$\Sigma = 51.5$$

Datos de la zona de ampliación:

Capa de pavimento	Espesor en cm	Factor de equivalencia (grava equivalente)
Carpeta Asfáltica	6	2
Base Asfáltica	10	1.7
Base Hidráulica	25	1.0
Capa Subrasante	30	1.0

$$((7) \cdot (2.0)) = 14$$

$$((10) \cdot (1.8)) = 18$$

$$((25) \cdot (1.0)) = 25$$

$$((30) \cdot (1.0)) = 30$$

$$\Sigma = 93.0$$

Se tiene que realizar la diferencia entre el espesor en grava equivalente de la zona de ampliación contra la zona del cuerpo actual, el resultado de esta operación nos dirá cuanto es lo que requiere como refuerzo en espesor de grava equivalente.

$$((87) - (51.5)) = 35.5$$



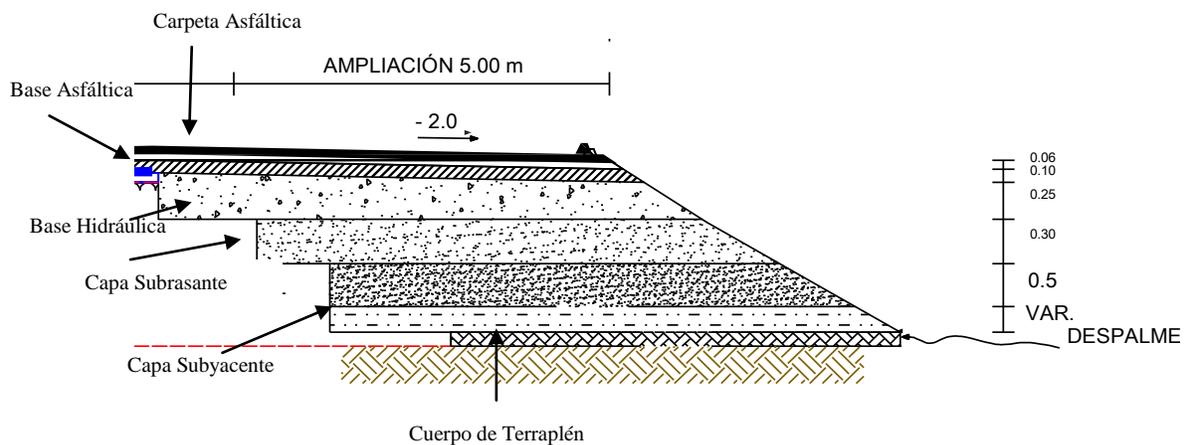


De lo anterior podemos concluir que el nivel al que se recomienda se desplante el pavimento en la zona del cuerpo actual sea a nivel de base asfáltica, quedando así la base hidráulica a nivel de la carpeta del cuerpo existente tal y como se observa en la siguiente imagen.

5.5 CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y PROPUESTAS DE REHABILITACIÓN PARA LA ESTRUCTURA ACTUAL DEL CAMINO Y LA AMPLIACIÓN.

5.5.1 ZONA DE AMPLIACIÓN

Realizando la comparativa de los resultados obtenidos entre el método de la U.N.A.M, con ayuda del programa “DISPAV 5” y el método AASHTO, podemos concluir que la estructura en la zona de ampliación queda de la siguiente manera:



Se determino tomar en cuenta la estructura calculada por el método de la U.N.A.M, ya que el este realiza el análisis de todas las capas de la estructura, tomando en cuenta valores de resistencia de los materiales utilizados para la construcción desde las terracerías hasta los materiales utilizados para la construcción del pavimento, de esta manera garantiza un análisis más eficaz.

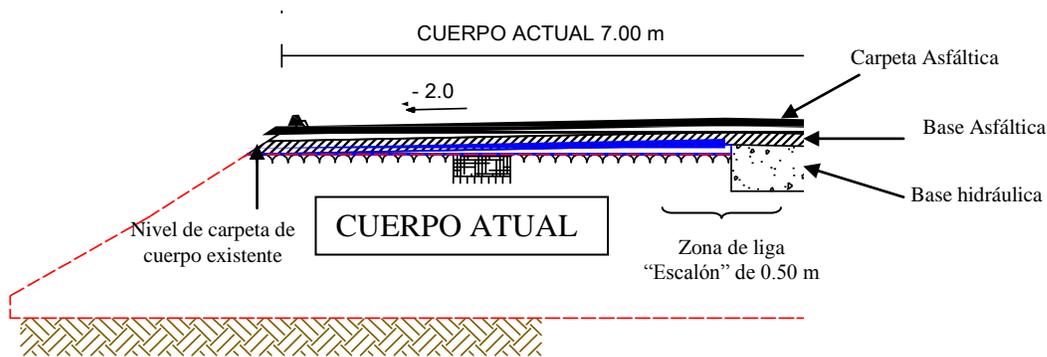
5.5.2 REFURZO DEL CUERPO ACTUAL

Después de haber determinado los espesores de las capas de pavimento y de revisar la vida útil del pavimento existente, se procedió a realizar el estudio de espesores en grava equivalente, con el cual se determino que el nivel adecuado, al que se recomienda se desplante el pavimento en la zona del cuerpo actual, sea a nivel de base asfáltica, quedando

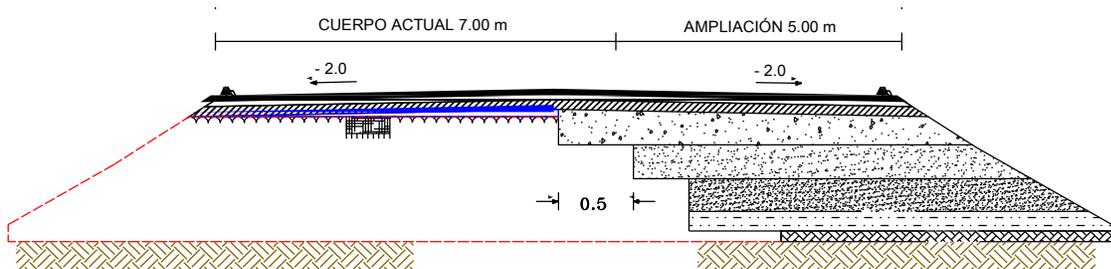




así la base hidráulica a nivel de la carpeta del cuerpo existente tal y como se observa en la siguiente imagen.



Quedando así la siguiente sección:



Capa de pavimento	Espesor en cm
Carpeta Asfáltica	6
Base Asfáltica	10
Base Hidráulica	25
Capa Subrasante	30

6.0 PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVO

6.1 GENERALIDADES

En este proyecto se contempla realizar la ampliación a la derecha de cuerpo existente entre los 101+600 al 124+600; el cual actualmente cuenta con un ancho de 6.00 m, se contempla que la sección final cuente con 12.00 m de corona, además estará constituida por una calzada





de circulación de 7.00 m de ancho, que alojara dos carriles de circulación uno por sentido, y acotamientos externos de 2.5 m;

La estructura del pavimento a considerar la conformarán una capa de Base Hidráulica de 0.25 m. Base Asfáltica de 0.10 m. y carpeta de concreto asfáltica de 0.06 m. Para proporcionar un drenaje adecuado, será necesario dar un bombeo del 2% hacia los externos de la sección considerada.

Con objeto de no interrumpir la circulación de vehículos en los tramos en cuestión deberá trabajarse por alas en forma alternada, colocando el señalamiento a que se hace mención en las Especificaciones cuyas condiciones mínimas se describen en la Normativa para la Infraestructura del Transporte para el caso del Señalamiento Dispositivos para Protección de Obra en cuanto a su ejecución, exceptuando su medición y base de pago que se efectuará por cada pieza de señal colocada y que cumpla con las dimensiones y leyendas que se proporcionan en el croquis respectivo, sin éste señalamiento no se autorizará el inicio de los trabajos; el proponente en sus precios unitarios, deberá considerar lo necesario para la construcción, colocación, movimientos y mantenimiento de dicho señalamiento y reposición en caso de pérdida, como se indica en la Normatividad para la Infraestructura del transporte de ésta Dependencia, que son las que regirán para la ejecución de la obra, ya que se exigirá al Contratista su estricto cumplimiento y no se efectuará ningún pago adicional por dichos conceptos.

6.2 1° ETAPA: AMPLIACIÓN DERECHA DEL CUERPO ACTUAL A CORONA DE 12.00 M

Subtramos : de km 101+600 al km 124+600

Para evitar la interrupción del tránsito, los trabajos se efectuarán como se indica a continuación:

6.2.1 TERRACERIAS

- a). Los trabajos de desmonte, despalme y limpieza general del área por construir (ampliación), así como los taludes del cuerpo existente, se realizarán siguiendo los lineamientos indicados en el proyecto de terracerías correspondiente.
- b). En el caso de cortes en cajón, una vez efectuado el despalme se abrirá caja cuyas dimensiones deberán estar debidamente indicadas en el proyecto, el piso de corte o caja deberá compactarse al 90% de su PVSM de la prueba AASHTO estándar en una profundidad de 0.20 m o bandearse según sea el caso.





- c). Para el caso de terraplenes se construirá el cuerpo de terraplén con altura variable dependiendo de la rasante de proyecto y se compactará al 90% de su PVSM de la prueba AASHTO estándar.
- d). La capa de transición se construirá de 0.20 y/o 0.50 m, según la altura de los mismos según proyecto, deberá compactarse el material que constituya dicha capa al 95% de su PVSM de la prueba AASHTO estándar.
- e). Finalmente la capa subrasante se construirá con un espesor de 0.30 m, debiéndose compactar el material que constituya dicha capa al 100% de su PVSM de la prueba AASHTO estándar, esta capa una vez terminada deberá quedar al nivel de la rasante actual.
- f). Con objeto de asegurar la estabilidad entre la ampliación y el cuerpo actual se excavarán escalones de liga en el caso de los terraplenes y/o balcón cuyo peralte no excederá de 0.30 m; el piso de los escalones deberá compactarse al mismo grado de compactación de la capa que se construya en dicha ampliación.
- g). Los materiales empleados para la formación de las diferentes capas deberán ser procedentes del banco propuesto para este fin y de acuerdo con lo indicado en el proyecto de terracerías correspondiente.

Con objeto de permitir la circulación de los vehículos en ambos sentidos, una vez terminados los trabajos de terracerías en las zonas de ampliación derecha del cuerpo actual, como se indicó en los párrafos anteriores, se procederá a construir el pavimento sobre dicha ampliación mediante los siguientes trabajos

6.2.2 PAVIMENTO

Las cláusulas e incisos que se mencionan en los párrafos siguientes corresponden a las Normas para Construcción e Instalaciones de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, Edición 1983 del Libro 3, Parte 01, Título 03; a las Normas de Calidad de los Materiales, Edición 1986 del Libro 4, Parte 01, Título 03; así como las Normas de Muestreo y Pruebas de los Materiales, Equipos y Sistemas del Libro 6, Parte 01, Título 01 y 03 de los Tomos I y II también de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

6.2.3 BASE HIDRÁULICA.

Sobre la capa subrasante en la zona de ampliación se construirá una capa de Base Hidráulica de **0.25 m** de espesor, utilizando material procedente del banco de préstamo indicado para este fin en el cuadro de bancos de este proyecto. El material que conforme esta capa se deberá compactar al 100% de su peso volumétrico seco máximo (PVSM) de la prueba AASHTO modificada (cinco capas) citada en el Capítulo 6.01.03.009-M-04 correspondiente al método de prueba 6.01.01.002.K.05 del Libro 6.01.03 de las Normas





para Muestreo y Pruebas de Materiales, Equipos y Sistemas; Carreteras y Aeropistas; Pavimentos (1).

Los materiales utilizados deberán ser del tipo indicado en la cláusula 073-D del Libro 3, Parte 01, Título 03; además éstos tendrán que cumplir con las Normas de Calidad especificadas en el inciso 009-C.06 del Libro 4, Parte 01, Título 03 y para su ejecución se deberán seguir todos los lineamientos indicados en la cláusula 074-F del Libro 3, Parte 01, Título 03.

6.2.4 BASE ASFÁLTICA.

Sobre la base hidráulica terminada en la zona de ampliación se construirá una capa de Base Asfáltica de **0.10 m** de espesor, utilizando material procedente del banco de préstamo indicado para este fin en el cuadro de bancos de este proyecto. El material pétreo se mezclará con emulsión catiónica de rompimiento medio ECM-65, misma que será incorporada en el lugar, mezclada y homogenizada con motoconformadora, tendida y compactada al 95% de su peso volumétrico (Marshall). La dosificación aproximada de la emulsión de rompimiento medio será de 80 lts /m³, debiendo el contratista determinar la dosificación que será aplicada mediante el diseño correspondiente a través del laboratorio que llevará el control de los trabajos.

Los materiales utilizados deberán ser del tipo indicado en la cláusula 073-D del Libro 3, Parte 01, Título 03; además éstos tendrán que cumplir con las Normas de Calidad especificadas en el inciso 009-C.06 del Libro 4, Parte 01, Título 03 y para su ejecución se deberán seguir todos los lineamientos indicados en la especificación particular correspondiente.

6.2.5 RIEGO DE IMPREGNACIÓN.

Sobre la superficie de la Base Hidráulica que incluye la zona de la ampliación así como en el talud de dicha capa, superficialmente seca y barrida, se aplicará en todo el ancho de la sección así como en dichos taludes que formen el pavimento, un riego de impregnación con emulsión asfáltica catiónica a razón de 1.0 l/m².

El producto asfáltico (emulsión catiónica) deberá ser del tipo mencionado en la cláusula 076-D del Libro 3, Parte 01, Título 03, así mismo deberá cumplir con las Normas de Calidad establecidas en el inciso 011-B.04.f del Libro 4, Parte 01, Título 03, y para su aplicación con la cláusula 080-F del Libro 3, Parte 01, Título 03.

6.2.6 RIEGO DE LIGA PARA CARPETA DE CONCRETO ASFÁLTICO.

Sobre la superficie de la capa de base asfáltica debidamente terminada se aplicará en todo el ancho de la sección un riego de liga con emulsión asfáltica catiónica a razón de 0.6 l/m².





El producto asfáltico (emulsión catiónica) deberá ser del tipo mencionado en la cláusula 076-D del Libro 3, Parte 01, Título 03, así mismo deberá cumplir con las Normas de Calidad establecidas en el inciso 011-B.04.f del Libro 4, Parte 01, Título 03, y para su aplicación con la cláusula 080-F del Libro 3, Parte 01, Título 03.

6.2.7 EMULSIONES.

Se deberá indicar el tipo de emulsión asfáltica a emplear para efectos de control de calidad y recepción de la obra; se requiere además obtener la dosificación adecuada en cada caso conforme a las pruebas de laboratorio necesarias según el trabajo a realizar.

6.2.8 CARPETA DE CONCRETO ASFÁLTICO

Sobre la capa de base asfáltica debidamente terminada y después de la aplicación del riego de liga, se construirá una carpeta de concreto asfáltico de **0.06 m** de espesor, utilizando material procedente del banco de préstamo indicado para este fin en el cuadro de bancos de éste proyecto y cemento asfáltico AC-20 con una dosificación aproximadamente de 125 l/m² de material pétreo seco y suelto, la mezcla será elaborada en planta y en caliente y el tendido se efectuará compactándola al 95% de su peso volumétrico determinado en la Prueba Marshall.

Los materiales pétreos y el cemento asfáltico que conformen la carpeta deberán cumplir con las Normas Especificadas en los incisos 010-C.01 y 011-B.01b respectivamente del Libro 4, Parte 01, Título 03.

La mezcla se proyectará por el procedimiento Marshall para que cumpla con los requisitos de diseño que se indican en la columna de intensidad de tránsito de mas de 2000 vehículos pesados diarios del cuadro del inciso 011-D.03 del Libro 4, Parte 01, Título 03.

La construcción de la carpeta se deberá apegar a los lineamientos indicados en la cláusula 081-F del Libro 3, Parte 01, Título 03.

Dado que se utilizará cemento asfáltico AC-20, la mezcla deberá realizarse a una temperatura de entre 140°C y 165°C. La mezcla al momento de colocarla en la pavimentadora deberá tener una temperatura no menor a 135°C. La temperatura se medirá en el camión antes de descargar en la pavimentadora. La compactación se efectuará inmediatamente después de tendida la mezcla y antes de que su temperatura baje a menos de 130°C.





6.2.9 RIEGO DE SELLO

Sobre la superficie de la carpeta de concreto asfáltico, se aplicará en todo el ancho de la sección un riego de sello a base de emulsión asfáltica catiónica a razón de 1.3 lts/m² y material pétreo tipo 3-E a este último a razón de 10.0 lts/m².

6.2.10 ADITIVOS

Con el objeto de mejorar la adherencia de los materiales pétreos con los productos asfálticos, se deberá prever el empleo de aditivos cuya dosificación será proporcionada por el Laboratorio de Control de la Secretaría después que el agregado pétreo haya sido debidamente tratado.

Los tipos de aditivos que se utilizarán en el cemento asfáltico AC-20 deberán incorporarse en una proporción aproximada del 1% en peso en las pruebas realizadas por el Laboratorio de Control de la Secretaría.

Con objeto de no interrumpir la circulación del tránsito una vez terminados los trabajos de terracerías y pavimentación en las zonas de ampliación del cuerpo actual como se indicó en los párrafos anteriores se procederá dirigir el tránsito a ese lado y proceder a la rehabilitación del pavimento del cuerpo existente, mediante los siguientes trabajos.

6.3 2^A ETAPA: REHABILITACIÓN DEL CUERPO EXISTENTE.

Realizados todos los trabajos anteriores se continuará con la rehabilitación del cuerpo existente mediante la ejecución de los trabajos que a continuación se indican

6.3.1 BACHEO

En las zonas que presenten deformaciones agrietamiento severo en el cuerpo actual y sean señaladas por la Secretaría, se deberán realizar trabajos de bacheo superficial y bacheo de caja a una profundidad de 0.30 m, como mínimo en toda el área afectada. La excavación deberá ser de forma regular, con sus lados alineados longitudinal y transversalmente a la carretera, con paredes verticales y cuidando no afectar el material más allá de los límites de la excavación. El material producto de la excavación deberá depositarse en los sitios indicados por la Secretaría o en su caso cuando tengan la calidad requerida se podrá compensar en tramos subsecuentes para la formación de las terracerías.

La superficie descubierta por la excavación se deberá compactar al 90% de su peso volumétrico seco máximo (PVSM) en una profundidad mínima de 0.20 m para rellenar posteriormente con material que presente características de base hidráulica procedente del banco de préstamo indicado para este fin en el cuadro de bancos de este proyecto debiéndose compactar dicha capa al 100% de su PVSM (cinco capas) citada en el Capítulo





6.01.03.009-M-04 correspondiente al método de prueba 6.01.01.002.K.05 del Libro 6.01.03 de las Normas para Muestreo y Pruebas de Materiales, Equipos y Sistemas; Carreteras y Aeropistas: Pavimentos (1) la cual quedará terminada al mismo nivel de la superficie de rodamiento actual.

Concluidos los trabajos de bacheo se aplicará un riego de impregnación con emulsión asfáltica catiónica a razón de 1.0 l/m^2 aproximadamente. El producto asfáltico deberá ser del tipo mencionado en la cláusula 076-D del Libro 3, Parte 01, Título 03, mismo que deberá cumplir con las normas de calidad establecidas en el inciso 011-B.04.f del Libro 4, Parte 01, Título 03 y para su aplicación con la cláusula 078-F del Libro 3, Parte 01, Título 03.

6.3.2 CONSTRUCCIÓN DE LAS CAPAS DE PAVIMENTO

Después de terminada el proceso de bacheo, sobre la superficie de rodamiento existente, la cual funciona estructuralmente a nivel de capa subrasante, previo rallado se procederá a la construcción de las capas restantes que integran el pavimento, cabe señalar que para recuperar la geometría de la sección será necesario según proyecto, el considerar un volumen adicional de material tipo base asfáltica, el cual se utilizara como una cuña de renivelación para obtener la recuperación del bombeo, así mismo un recorte en la zona de hombros, desperdiciando y/o compensando en la zona de ampliación según proyecto el producto de este proceso, posteriormente recuperada la geometría de la sección se colocara la base asfáltica, y carpeta de concreto asfáltico, así como las diferentes ligas entre capas, por lo que se deberá seguir con lo indicado en los incisos **6.2.1, 6.2.2, 6.2.3, 6.2.4, 6.2.5, 6.2.6, 6.2.7, 6.2.8, 6.2.9, 6.2.10** correspondientes al título “6.2” de estos procedimientos relativos a la ampliación izquierda del cuerpo existente parte II de este procedimiento.





Bibliografía.

“Estructuración de vías terrestres”

Fernando Olivera Bustamante, Edd. Continental 2da edición.

“La ingeniería de los suelos en las vías terrestres”

Alfonso Rico y Hermosillo del Castillo, Edd. Limusa.

“Mecánica de suelos” Tomo I

Juárez Badillo y Rico Rodríguez, Edd. Limusa

“Mecánica de suelos” Tomo II

Juárez Badillo y Rico Rodríguez, Edd. Limusa.

“Diseño estructural de carreteras con pavimento flexible”

Santiago Corro C. y Guillermo Prado O., Instituto de ingeniería (UNAM)

“Guide for Mechanistic – Empirical Design, Of New and Rehabilitated Pavement Structures”, AASHTO 2004.

“Manuales de Métodos de Muestreo y Pruebas de Materiales” (M.MMP)

De la Normativa para la infraestructura del Transporte
Secretaría de comunicaciones y transportes (SCT).



SIMBOLOGÍA

- Suelo Vegetal(Despalme)
- Arena arcillosa, color cafe claro, poco humeda, de medianamente compacta a compacta con escasas gravas (SC).
- Arcilla arenosa, color cafe oscuro, humeda, de consistencia media, de baja a mediana plasticidad (CL).

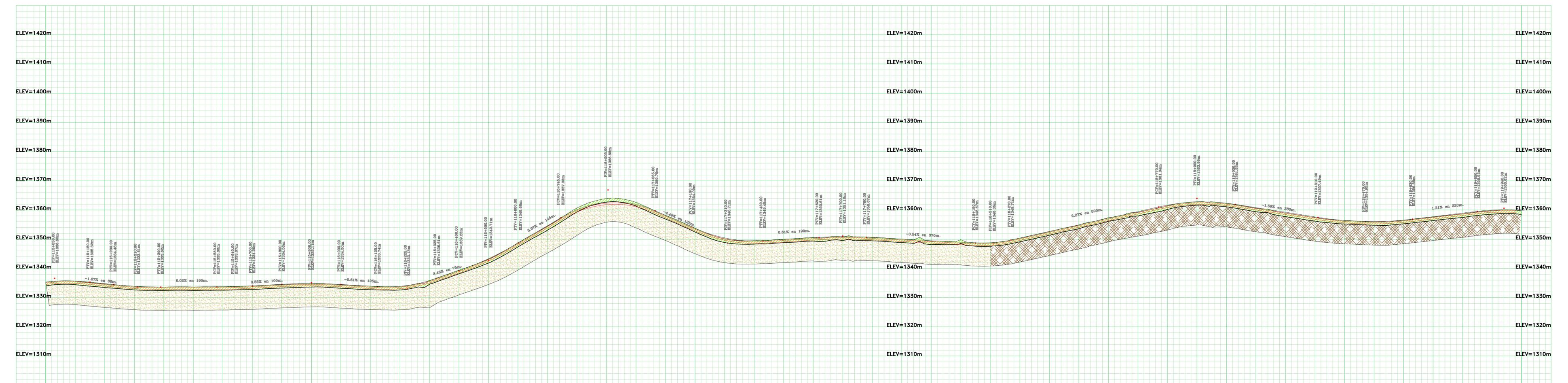
DATOS DE PROYECTO

CARRETERA:
COCULA-AUTLAN-BARRA DE NAVIDAD

TRAMO:
COCULA-AUTLAN

SUBTRAMO:
DEL KM 101+600 AL KM 124+600

KM. DE APLICACIÓN:
DEL KM 115+000 AL KM 120+000



1) 0.15m. Suelo Vegetal. Despalme. Clasif.=100-00-00
2) Indef. Arena arcillosa, color cafe claro, poco humeda, de medianamente compacta a compacta con escasas gravas (SC). Compactado. 90X=1.01, 95X=0.96 y 100X=0.91. Clasif.=40-60-00. T.C. 1x1. A,B,C,J.

1) 0.25m. Suelo Vegetal. Despalme. Clasif.=100-00-00
2) Indef. Arcilla arenosa, color cafe oscuro, humeda, de consistencia media, de baja a mediana plasticidad (CL). Compactado. 90X=1.00, 95X=0.98 y 100X=0.95. Clasif.=40-60-00. T.C. 1x1. A,B,C,J.

115+000 1 2 3 4 5 6 7 8 9 116+000 1 2 3 4 5 6 7 8 9 117+000 1 2 3 4 5 6 7 8 9 118+000 1 2 3 4 5 6 7 8 9 119+000 1 2 3 4 5 6 7 8 9 120+000