

**ESTUDIO GEOTECNICO Y DE PAVIMENTO
PARA LA MODERNIZACIÓN Y AMPLIACIÓN DEL
TRAMO UBICADO EN:**

**CARRETERA : CD. DEL CARMEN - CAMPECHE.
TRAMO : ISLA AGUADA - CHAMPOTÓN.
SUBTRAMO : ACCESO CHAMPOTÓN
KM : 138+400 al km 140+600
ORIGEN : CD. DEL CARMEN, CAMP.**

CONTENIDO

- 1 .- INTRODUCCION
- 2 .- CARACTERISTICAS DEL PROYECTO
- 3 .- OBJETIVO DEL ESTUDIO
- 4 .- DESCRIPCION DEL SITIO EN ESTUDIO
 - 4.1 .- Localización
 - 4.2 .- Topografía
 - 4.3 .- Drenaje
 - 4.4 .- Geología
 - 4.5 .- Clima
- 5 .- DESCRIPCIÓN DEL TRAMO ACTUAL
 - 5.1 .- Antecedentes de Construcción
 - 5.2 .- Características Geométricas
 - 5.3 .- Trabajos de Conservación
- 6 .- TRABAJOS DE CAMPO
 - 6.1 .- Exploración Geotécnica de Campo.
 - 6.2 .- Condiciones Geotécnicas
 - 6.3 .- Datos para el Cálculo de la Curva Masa
 - 6.4 .- Bancos de Material para Terracerías y Pavimentos.
 - 6.5 .- Estructura del Pavimento Actual
 - 6.5.1 .- Determinación de espesores y Calidad de los Materiales
- 7 .- TERRACERÍAS
- 8 .- ESTRUCTURA ACTUAL DEL PAVIMENTO
 - 8.1 .- Pruebas de laboratorio (Pavimento Actual)
 - 8.2 .- Determinación del VRS Critico
- 9 .- DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO
 - 9.1 .- Datos de Tránsito
 - 9.2 .- Método del Instituto de Ingeniería de la UNAM.
 - 9.2.1 .- Tránsito Acumulado
 - 9.2.2 .- Cálculo del Espesor Total del Pavimento
 - 9.3 .- Sección Estructural de Proyecto
- 10 .- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES
- 11 .- PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO
 - 11.1 .- De Terracerías
 - 11.2 .- Del Pavimento
- 12 .- CALIDAD DE LOS MATERIALES CON QUE SE CONSTRUIRA LA ESTRUCTURA DEL CAMINO.

ANEXOS

- 1 .- Localización Geográfica
- 2 .- Corredor Peninsular de Campeche.
- 3 .- Plano de Localización.
- 4 .- Plano Geológico Regional.
- 5 .- Geolocalización.
- 6 .- Sección Geométrica Actual.
- 7 .- Tablas de Datos para el Cálculo de Curva Masa.
- 8 .- Tasa de Crecimiento.
- 9 .- Localización de Bancos de Terracerías y Pavimento
- 10 .- Sección Estructural Propuesta
- 11 .- Resultados de Laboratorio – Sondeos en Pavimento Actual
- 12 .- Estratigrafía y Sección Estructural del Pavimento Actual.
- 13 .- Calculo del Espesor de Pavimento

ESTUDIO GEOTECNICO Y DE PAVIMENTO PARA LA MODERNIZACIÓN Y AMPLIACIÓN DEL ENTRONQUE

CARRETERA : CD. DEL CARMEN – CAMPECHE.
TRAMO : ISLA AGUADA - CHAMPOTÓN.
SUBTRAMO : ACCESO CHAMPOTÓN.
KM : 138+400 al km 140+600.
ORIGEN : CD. DEL CARMEN, CAMP.

1.- INTRODUCCIÓN

Las carreteras han sido un factor fundamental en el desarrollo económico, político, social y cultural de México durante los últimos 50 años; ya que han permitido la creación de infraestructuras tan importantes como la educativa, la hidráulica, la agricultura, la urbana y la salud, entre otras, a la vez que han integrado y comunicado a diversas zonas y regiones, lo que ha facilitado su articulación con el resto de la República.

En México, al igual que en otros países que cuentan con sistemas de carreteras, puentes y túneles de altas especificaciones, los beneficios que éstos han aportado a las sociedades a las que sirven son evidentes, al ofrecer a los usuarios ahorros en tiempos de recorrido, consumo de combustible y desgaste de vehículos, a los que se suman más y mejores servicios que se manifiestan en comodidad, eficiencia y seguridad en sus traslados.

Con una extensión de 48,017.27 kilómetros, las carreteras de México enlazan por igual tanto a los centros de población, como a los de producción y consumo del país. De los cuales 13,090.81 km son corredores principales, 16,624.39 km son básicas y 18,302.08 km son secundarias, terracerías y caminos revestidos.

En sus diferentes modalidades, por este sistema se movilizan anualmente más de 2,700 millones de personas y alrededor de 620 millones de toneladas de carga, lo que lo convierte en el principal medio de traslado en el país, equivalente al 60 % del tonelaje total de carga que circula por el territorio, y al 98 % de los pasajeros.

El uso de la red carretera del país se ha quintuplicado de 1960 a la fecha, con un crecimiento anual de 9%.

La Secretaría de Comunicaciones y Transportes implantó en sus programas un proceso de ampliación y modernización de los principales corredores del sistema Carretero Nacional, que demanda características de funcionalidad acorde con el crecimiento del tránsito que circula por ellos; así como para dotarlos de los atributos que garanticen la operación con calidad del flujo vehicular.

La Secretaría de Comunicaciones y Transportes a través del Centro SCT "CAMPECHE", tiene contemplado la ejecución de los estudios correspondientes para el proyecto de modernización y ampliación del tramo ubicado en el Km 138+400 al km 140+600 de la Carretera: Cd. Del Carmen - Campeche, Sub-Tramo: Acceso al municipio de Champotón, en el estado de Campeche.

Véase Anexo No. 1

Dicho tramo forma parte de uno de los principales corredores carreteros, como lo es el denominado "Puebla - Progreso", que comprende los tramos que comunican las ciudades de: Puebla, Pue. - Coatzacoalcos, Ver. - Villahermosa, Tab. - Cd del Carmen, Camp. - Campeche, Camp. - Mérida, Yuc. y Progreso, Yuc.

Véase Anexo No. 2

El tramo en estudio está comprendido dentro del municipio de Champotón y se ubica del Km. 138+400 al Km. 140+600, de la carretera mencionada anteriormente.

2.- CARACTERISTICAS DEL PROYECTO.

De acuerdo a la información proporcionada por la Dirección General de Conservación de Carreteras, el proyecto contempla el estudio para la construcción de la modernización y ampliación del acceso ubicado en el Km 138+400 al km 140+600 de la carretera Cd. Del Carmen - Campeche, tramo, Isla aguada - Champotón; partiendo del ancho de corona actual,

hasta alcanzar el ancho de corona de proyecto; dos cuerpos formados por dos carriles de circulación de 4.0 m de ancho cada uno, con acotamientos de 2.50 m en ambos lados, ciclo pista del lado izquierdo con un ancho de 3.00 m y banquetas en ambos lados de 2.00 m y carriles de aceleración y/o desaceleración en la zona de entronque; obteniéndose un camino tipo A-4. Para mayor detalle de las secciones en la zona de entronque, consultar la "Planta Geométrica del acceso".

3.- OBJETIVO DEL ESTUDIO.

El objetivo principal del presente estudio es proporcionar la información geotécnica necesaria para el proyecto de las terracerías en la modernización y ampliación del entronque actual, de acuerdo al proyecto geométrico.

Así como proporcionar un conocimiento completo y actualizado del estado que guardan la estructura y la superficie de rodamiento del pavimento en la sección actual, a fin de poder aplicar las medidas necesarias para prolongar su vida útil y mejorar su nivel de servicio en conjunto con la ampliación proyectada; con el objetivo de diseñar la nueva estructura que se colocará en todo el ancho de la sección ampliada para lograr una operación adecuada en un nuevo período de 15 años.

El estudio presenta la descripción de la estratigrafía del terreno natural en el área de las ampliaciones, a lo largo del sitio estudiado; las cédulas con las características litológicas y estratigráficas de los bancos para terracerías y pavimentos, ensayos de laboratorio, análisis de tránsito, estructura del pavimento actual, diseño de la nueva estructura, recomendaciones y calidad de los materiales que formarán las terracerías y de la estructura de pavimento propuesta.

4.- DESCRIPCIÓN DEL SITIO EN ESTUDIO

4.1.- Localización.

El tramo en proyecto se localiza en el Sureste de la República Mexicana; en la porción sur del Estado de Campeche, específicamente en el municipio de Champotón.

Geográficamente se localiza entre los paralelos 19°19'36.76" al 19°20'13.56" de Latitud Norte y entre los meridianos 90°44'32.21" al 90°44'08.23" de Longitud Oeste de Greenwich.

Véase Anexo No. 5 (Plano de geo-referencia).

El camino en proyecto se clasifica como del tipo "A-4", ubicándose en un terreno con topografía sensiblemente plana, por lo que los alineamientos horizontal y vertical no presentarán problemas para proyectar una geometría que permita una velocidad de proyecto de 100 km/hr.

4.2.- Topografía

El relieve en esta zona es casi nulo con pocos metros sobre el nivel del mar, solo interrumpido por algunos lomeríos en la porción central del área. Es característica, en esta región, la presencia de innumerables zonas sujetas a inundación. Véase Anexo No. 3 y 4.

El terreno donde se desarrolla el entronque en estudio está formado por un relieve sensiblemente plano. La vegetación está caracterizada por áreas de pastoreo y amplias zonas de pequeños arbustos y matorrales. La línea de costa se caracteriza por presentar pequeños escarpes salientes rocosas, así como depósitos de litoral. En esta parte también se encuentran amplias lagunas y pantanos con abundante manglar.

4.3.- Drenaje

La zona de estudio se encuentra ubicado dentro de la Región Hidrológica No. 31, denominada Yucatán Oeste (Campeche), perteneciente a la vertiente del Golfo de México.

En el área no existe un drenaje superficial, el drenaje es subterráneo. El nivel freático de la zona es muy somero.

4.4.- Geología.

La zona de estudio esta comprendida dentro de la Provincia Fisiográfica de Yucatán, de acuerdo con la clasificación de Edwin Raisz (1964).

El paisaje geomorfológico se ha modelado a partir de una planicie calcárea cuyo deposito se realizó durante el Cenozoico. La configuración actual ha sido el resultado de una intensa disolución que ha originado un relieve accidentado, en el cual, las depresiones corresponden, generalmente a dolinas.

Durante el Cuaternario esta zona fue modificada por el desarrollo de planicies aluviales y residuales y por la formación de pantanos y lagunas, así como por la acumulación de depósitos de litoral.

El acceso a Champotón, en su desarrollo atraviesa por una unidad litológica Q(al) y Te(cz). Véase Anexo No. 4.

ALUVIAL Q(al). - Unidad constituida por arcillas, limos, arenas y algunas gravas calcáreas, de formas subangulosas o subredondeadas. La arcilla presenta propiedades plásticas. Su coloración es café o rojiza.

CALIZA, Te(cz).-Unidad compuesta por roca caliza microcristalinas con recristalización, de facies lagunar. Rocas compactas y muy deleznales; varían de mudstone a graistone de colores amarillos, blanco o café claro. Presentan estratificación delgada y mediana, a veces gruesas; tiene echados casi horizontales o se encuentran ligeramente arqueadas.

Específicamente, el terreno natural donde se proyecta el entronque, esta formado superficialmente por un suelo arcilloso, color café oscuro a rojizo, de hasta 1.45 m de espesor; a este estrato le subyace un horizonte de espesor indefinido constituido por roca caliza color crema, alterada y fracturada, en ocasiones muy intemperizada dando como producto una arcilla arenosa de consistencia firme (sascab), con gravas y fragmentos chicos y medianos de roca.

Véase Anexo No. 7

4.5.- Clima.

Según el sistema de Kopen modificado por E García (1973), el clima predominante del Golfo de México se puede clasificar como tropical calido subhúmedo con abundantes lluvias en verano, en casi toda la extensión.

En esta zona se presenta un clima caluroso, tropical y lluvioso, con régimen de lluvias de mayo a octubre con influencia de tipo ciclónico; la precipitación media anual es del orden de 900 mm de lluvia. La temperatura máxima y mínima es de 34.5 °C y 22.5 °C respectivamente.

5.- DESCRIPCION DEL TRAMO ACTUAL

5.1.- Antecedentes de Construcción

El área donde se ubica el entronque en estudio, se caracteriza por ser una zona sensiblemente plana formada por arena arcillosa color café claro a crema, con conchuela; la construcción del camino data de más de 25 años, se inicia formando el cuerpo de terraplén con el material areno arcilloso (sahcab) producto de la excavación de bancos de material cercanos al camino.

Posteriormente, se colocó una estructura de pavimento formada por una capa de base constituida por gravas angulosas en una matriz areno-arcillosa y carpeta formada por mezcla de esta misma grava con asfalto.

El último trabajo de mantenimiento comprende la colocación de una micro-carpeta, con espesor promedio de 4 cm, a lo largo del tramo en estudio.

5.2.- Características Geométricas

El acceso actual cuenta con un ancho de corona variable de 12.00 m, con dos carriles de circulación de 3.50 m y acotamientos de 2.50 m, en un solo cuerpo. La sección transversal predominante es en terraplén, de altura mínima de 0.3 m y máxima de 0.60 m.

Véase Anexo No. 6

El alineamiento horizontal cumple satisfactoriamente con los requerimientos para un camino tipo A2;

5.3.- Trabajos de Conservación.

En todo el tramo en estudio se han ejecutado trabajos de conservación rutinaria en forma periódica por lo cual el pavimento se encuentra en buenas condiciones.

6.- TRABAJOS DE CAMPO.

6.1.- Exploración Geotécnica de Campo.

Para investigar las características geotécnicas del terreno natural en el área de la modernización y ampliación del entronque, se efectuó un recorrido a lo largo del tramo, observando los detalles del terreno e identificando los materiales que afloran superficialmente.

Para la detección de los materiales que constituyen el subsuelo se realizó exploración mediante sondeos tipo "pozo a cielo abierto", mismos que permitieron la determinación del perfil litológico, basándose en una clasificación visual y al tacto. Estos sondeos se excavaron a profundidad máxima de 1.65 m.

Con la finalidad de conocer las características mecánicas de los materiales que constituirán el terreno de sustentación de las ampliaciones, a lo largo de la línea de trazo; se tomaron muestras alteradas representativas de los estratos encontrados en los sondeos, para su ensaye en laboratorio. (Véase Anexo No. 11)

Los ensayes realizados son:

- Contenido natural de agua.
- Análisis granulométrico por mallas.
- Límites de consistencia.
- Valor Relativo de Soporte
- Peso Volumétrico Seco Suelto
- Peso Volumétrico Seco Máximo
- Humedad óptima.
- Clasificación USCS – SCT.

6.2.- Condiciones Geotécnicas

En base a los trabajos de campo efectuados y los resultados de los ensayos de laboratorio, el subsuelo, en forma general, está constituido superficialmente por:

Estrato superficial formado por un suelo vegetal arcilloso, al cual subyace un estrato con espesor promedio de 0.15 m, de arcilla arenosa, color café oscuro, de consistencia blanda (CL); finalmente y con espesor indefinido un estrato constituido por roca caliza color crema, alterada y fracturada, en ocasiones muy intemperizada dando como producto fragmentos medianos, chico y gravas, (RSO).

El nivel de aguas freáticas en la zona de estudio no se detectó, pero por información de habitante cercanos a lugar de estudio se sabe que se encuentra entre 1.40 y 1.90 m de profundidad.

6.3.- Datos para el Cálculo de la Curva Masa.

Con la finalidad de definir los procedimientos constructivos y el aprovechamiento de los materiales disponibles, en anexo No. 7, se presentan las tablas de datos geotécnicos necesarios para el cálculo del diagrama de curva masa, que incluye: cadenamiento, número y espesor de los estratos, clasificación SCT, tratamiento mecánico que se recomienda para cada material encontrado; coeficientes de variación volumétrica, expresado como la relación que existe entre el peso volumétrico del mismo y cuando se encuentra formando parte del terraplén; clasificación para presupuesto, de acuerdo con la dificultad que presentan para su extracción; taludes recomendables para los terraplenes; y su utilización como parte dentro del cuerpo de las terracerías.

Véase Anexos No. 7

6.4.- Bancos de Material para Terracerías y Pavimentos.

Debido a las necesidades del proyecto y la geología regional es indispensable emplear materiales producto de bancos de préstamos.

Como parte del recorrido geotécnico efectuado en campo, se realizó un reconocimiento en toda la zona de influencia, del entronque en proyecto; con la finalidad de identificar los afloramientos de materiales susceptibles de ser empleados como bancos de préstamo para la construcción de las terracerías y de pavimento en la modernización y ampliación de proyecto.

Se reconocieron aquellos sitios susceptibles de ser ubicados como bancos, determinado sus condiciones litológicas, grado de alteración y la potencialidad de estos sitios, y además se tomaron muestras representativas para verificar la calidad de los materiales en el laboratorio.

En el Anexo No. 9 se presentan las cédulas correspondientes a los bancos para Terracerías y Pavimentos.

Bancos recomendados para Terracerías:

NOMBRE	UBICACIÓN (Km)	VOLUMEN (m ³)
VILLA MADERO	KM 0+400 L/D 1500 M	100,000

Bancos recomendados para Pavimentación:

NOMBRE	UBICACIÓN (Km)	VOLUMEN (m ³)
KM 20+800	KM 20+800 D/I 300 m. CARR. ESCARCEGA - CHAMPOTÓN	180,000
MOYAO	KM 23+500 D/I 50 m. CARR. ESCARCEGA - CHAMPOTÓN	80,000

En los Anexos 9 Y 10; se presentan las cédulas de los bancos de préstamo propuestos y los resultados de laboratorio, respectivamente.

6.5.- Estructura del Pavimento Actual

6.5.1.- Determinación de Espesores y Calidad de los Materiales

Dado que se aprovechará el cuerpo del camino existente, se efectuaron sondeos a cielo abierto para determinar la estructura actual; en los cuales se obtuvieron muestras alteradas representativas de las distintas capas que se detectaron, mismas que fueron llevadas al laboratorio para practicarles los ensayos índices de calidad. Véase Anexos No. 10

Los resultados de los ensayos en laboratorio se presentan en el Anexo No. 11

7.- TERRACERIAS

De acuerdo a los trabajos mencionados anteriormente, se recomienda seguir los procedimientos de aprovechamiento de los materiales descritos en la tabla de datos para curva masa, recomendados para el cuerpo de terraplén.

Para las ampliaciones que indique el proyecto se recomienda emplear materiales producto de bancos de préstamo, que cumplan con las normas de calidad para ser empleados para terraplén y para pavimento.

Se recomienda, en todo el tramo, la construcción de una capa subrasante de 0.40 m de espesor, compactada al 100% del Peso Volumétrico Seco Máximo del material, referido a la prueba ASSHTO Estándar.

8.- ESTRUCTURA ACTUAL DEL PAVIMENTO

En base a los trabajos descritos en los incisos anteriores, se obtuvieron secciones estructurales, por lo que se tipificaron de acuerdo a lo siguiente:

Sección	Ubicación (km)	Espesor promedio (cm)				
		Riego de sello	Carpeta	Base	Subrasante	Terraplén
Cuerpo existente			18	14	23	31

El valor de espesor de carpeta se refiere al espesor acumulado de diferentes sobre-carpetas, construidas a lo largo de la vida de servicio del camino.

En el Anexo No. 10 se presenta gráficamente cada una de las secciones típicas.

8.1.- Pruebas de Laboratorio

Se realizaron los siguientes ensayos de laboratorio:

- Análisis Granulométrico.
- Límites de Consistencia.
- Peso Volumétrico Seco Máximo.
- Humedad Óptima.
- Valor Relativo de Soporte.

Todos los resultados de las pruebas anteriormente mencionadas, se presenta en los Anexos No. 11. (Ensayos de laboratorio del terreno natural y estructura existente).

8.2.- Determinación del VRS Crítico (VRS):

De acuerdo a los resultados obtenidos en la prueba de VRS realizados a las muestras extraídas de los pozos a cielo abierto efectuados en la estructura actual, a lo largo del tramo en estudio, se procedió a calcular el VRS crítico de los materiales que constituyen cada una de las capas identificadas, obteniéndose los siguientes valores críticos.

Sección Típica	VRS crítico (%)			
	Base granular	Sub base.	Subrasante	Terracerías.
Camino Principal	125	0	40	25

Estos valores se emplearon para la revisión de la estructura del pavimento actual por el Método del Instituto de Ingeniería de la UNAM.

Así mismo, de los sondeos realizados en el terreno de cimentación a lo largo del tramo para ampliación; se determinó el VRS crítico del material que constituye el terreno de cimentación, siendo este valor de 5 %. Para la determinación de las diferentes capas que conformaran la

estructura del pavimento en la zona de ampliación, se tomaron los valores de VRS obtenidos en las pruebas realizadas a las muestras tomadas de los bancos de materiales propuestos en el estudio geotécnico, obteniéndose los siguientes valores:

CAPA	VRS critico
Cuerpo de terraplén.	15 %
Subrasante	20 %
Súb base	88 %
Base	118 %

9.- DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO.

9.1.-Datos de Tránsito.

De acuerdo a la información editada por la Secretaria de Comunicaciones y Transportes en la publicación DATOS VIALES, hasta el año 2005, la cual incluye la información sobre el volumen y tipo de vehículos que circulan en la red de carreteras de nuestro país, se consideró para el diseño, un Tránsito Diario Promedio Anual (TDPA) de 2514 vehículos en ambos sentidos, una tasa de crecimiento anual del 4.0% y la siguiente distribución vehicular:

TIPO DE VEHICULO	DESCRIPCION	PORCENTAJE
A	Automóviles	76.6
B	Autobuses	4.3
C2	Camiones Unitarios de dos ejes	7.0
C3	Camiones Unitarios de tres ejes	1.7
T3S2	Tractor de 3 ejes con semiremolque de 2 ejes	7.5
T3S3	Tractor de 3 ejes con semiremolque de 3 ejes	1.1
T3S2R4	Tractor de 3 ejes con semiremolque de 2 ejes y remolque de 4 ejes	1.8

Asimismo, se determinó la tasa de crecimiento, de acuerdo al historial de volúmenes anuales reportados en dichas publicaciones

En el Anexo No.8 se presenta el cálculo de la tasa de crecimiento, aplicando el método de Mínimos Cuadrados; sin embargo, para fines de diseño se considera de 4.0 %.

9.2.- Método del Instituto de Ingeniería de la UNAM.

9.2.1- Transito Acumulado.

Para el cálculo del tránsito de proyecto del camino en estudio se empleó el Método del Instituto de Ingeniería de la UNAM; mismo que lo expresa en ejes sencillos estándar de 8.2 ton de peso, a partir del tránsito mezclado diario promedio en el carril de proyecto (TDPA), la composición del tránsito, las cargas por eje, el periodo de proyecto y la tasa de crecimiento anual.

En su versión más reciente (DISPAV – 5), el Instituto de Ingeniería de la UNAM; agrega un nuevo modelo.

Para un periodo de vida de 15 años, una tasa de crecimiento de 4.0 % y un coeficiente de distribución por carril de 0.50, se obtuvo un tránsito acumulado en ejes equivalentes de 8.2 ton como sigue:

	Profundidad	Numero ejes equivalentes de 8.2 t
Por Fatiga	Z = 15 cm	13.0×10^6
Por Deformación	Z = 90 cm	16.90×10^6

Véase Anexo No. 13

Revisión de la estructura actual, por el método del Instituto de Ingeniería de la UNAM (Método DISPAV-5), empleando los espesores y los valores críticos de los VRS obtenidos de la estructura, se estima una vida previsible de:

	Vida previsible	Tránsito de proyecto
Por Fatiga	0.0×10^6	
Por Deformación	$> 150 \times 10^6$	

Valores que, de acuerdo al crecimiento del tránsito, supone una vida remanente por fatiga del orden de 0 años (ya requiere refuerzo) y por deformación de más de 15 años.

La memoria de cálculo se presenta en el Anexo No. 13

9.2.2.- Cálculo del Espesor Total del Pavimento.

Con los datos del tránsito acumulado obtenidos anteriormente, se empleó el método del Instituto de Ingeniería de la UNAM (DISPAV – 5), mismo que utiliza el criterio por Deformación Permanente y por Fatiga, para obtener los espesores requeridos para cada una de las capas que formarán la estructura del pavimento.

Para el cálculo se consideraron los valores de VRS críticos de los materiales a emplear; asignando un nivel de confianza de $Q = 0.85$; para un camino de tipo normal, considerándolo tipo A o B, obteniéndose la estructura siguiente, para proyecto:

CAPA	ESPESOR (cm)
Carpeta	12.00
Base granular	15.0
Sub-base	20.0
Subrasante	40.0

La memoria de cálculo se presenta en el Anexo No. 13

9.3- Sección Estructural de Proyecto.

Del análisis de las estructuras obtenidas mediante los métodos de cálculo del Instituto de Ingeniería de la UNAM, anteriormente descrito y teniendo en cuenta los espesores mínimos por especificación así como constructivos, se proponen la siguiente estructura de proyecto:

CAPA	ESPESOR PROYECTO (espesor compacto)
Recubrimiento Superficial	Un riego de sello premezclado
Carpeta C. A.	12.0 cm
Base granular	15.0 cm
Sub-base	20.0 cm
Subrasante	40.0 cm

Véase Anexo No. 13

10.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Del Estudio Geotécnico y de Pavimentos desglosado en los incisos anteriores, se deducen las siguientes conclusiones y recomendaciones:

- A .- El terreno natural de sustentación en el área de las ampliaciones, a lo largo del todo el tramo en estudio, está constituida por:

Estrato superficial formado por un suelo vegetal arcilloso, al cual subyace un estrato con espesor promedio de 0.30 m, de arcilla color café oscuro, de consistencia blanda a media (CL); finalmente y con espesor indefinido un estrato constituido por roca caliza color crema, alterada y medianamente fracturada, en ocasiones muy intemperizada dando como producto fragmentos chicos y medianos de roca y gravas, (RSO).

- B .- Con la finalidad de proporcionar una estructuración uniforme en el tramo de ampliación, así como corregir deficiencias en el alineamiento vertical, se recomienda que el nivel superior de la capa de subrasante de proyecto alcance el nivel de rasante del camino actual.

- C .- Cerca del área de estudio existen materiales adecuados para la formación del pavimento por lo que los bancos de préstamo recomendados presentan distancias de acarreo razonables.

11.- PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS

11.1 . De Terracerías para las ampliaciones del camino actual

Para la construcción de las ampliaciones se deberán efectuar los siguientes trabajos:

Cuando la ampliación se desplante sobre el terreno natural:

- A) .- Retirar del talud del terraplén actual del camino, un espesor promedio de 0.10 m del suelo vegetal de arroyo, colocándolo fuera de la línea de ceros del nuevo talud de las ampliaciones.
- B) .- Dentro del área comprendida por las líneas de ceros del talud actual y del talud de proyecto, se despalmará el terreno natural en el espesor que se indica en las tablas para el cálculo de la Curva Masa del Estudio Geotécnico, desechándose este material, colocándolo y extendiéndolo cerca del derecho de vía, donde no ocasione encharcamientos ni problemas de drenaje a la carretera.
- C) .- En el área indicada en el inciso anterior, para despalmes, se abrirá caja adicional de 0.30 m de espesor y se rellenará con material con calidad de cuerpo de terraplén compactándose al 90% de su P.V.S.M.; esto es previo a la construcción del cuerpo de terraplén propiamente. El material extraído se desechará, colocándolo y extendiéndolo cerca del derecho de vía.
- D) .- La construcción de las nuevas obras de drenaje y la ampliación de las existentes, se realizarán antes de iniciar la construcción de las Terracerías; con el fin de no interrumpir el funcionamiento normal del drenaje superficial; concluidas tales obras, deberán arrojarse adecuadamente para evitar cualquier daño a la estructura de las mismas durante la construcción.

En los tramos donde se aproveche parte del camino actual:

- E) .- A partir del hombro izquierdo y/o derecho de la corona actual, realizar un primer escalón de liga, efectuando un corte vertical mínimo de 0.60 m por debajo de la rasante actual ó hasta alcanzar un ancho mínimo de huella de 2.50 m; a partir de este punto realizar los escalones necesarios con el mismo ancho de huella (2.50 m), hasta alcanzar el nivel del terreno natural.

El material producto del corte efectuado se desperdiciará y se colocará al pie del nuevo talud de manera que funcione como arroyo y/o berma de protección.

- F) .- Construir el cuerpo de terraplén, en la zona de ampliaciones, mediante capas compactadas al 95 % del P.V.S.M. del material proveniente de los bancos recomendados.
- G) .- Sobre el terraplén debidamente terminado, se construirá la capa subrasante de 0.40 m de espesor, con material procedente de los bancos recomendados; construyéndola mediante capas y compactándola al 100% de su P.V.S.M. Esta capa alcanzará un nivel de 0.40 m por debajo de la rasante actual del camino.

Los Pesos Volumétricos Secos Máximos de los materiales se refieren a la prueba AASHTO Estándar.

11.2 .- Del Pavimento

Para la construcción de las ampliaciones de proyecto y la rehabilitación del pavimento actual, se deberán efectuar los siguientes trabajos:

- A) .- En el área de ampliaciones, sobre la subrasante debidamente terminada, construir capa de subbase de 0.20 m de espesor compacto, compactada al 100% del P.V.S.M. del material. Esta capa terminada alcanzará un nivel de 0.15 m debajo de la rasante actual.
- B) .- Sobre la capa anterior debidamente terminada, construir la capa de base granular de 0.15 m de espesor compacto, mediante capas, compactadas al 100 % del P. V. S. M. del material, Esta capa terminada alcanzará el nivel de la rasante actual del camino.
- C) .- En todo el ancho de la nueva sección, sobre la capa de base debidamente terminada y sobre la carpeta del camino actual, construir carpeta de concreto asfáltico de 0.12 m de espesor compacto. Esta capa terminada tendrá un nivel igual que el nivel de la rasante de proyecto.

En la zona donde existe pavimento, previamente deberán de efectuarse trabajos de nivelación, bacheo y riego de liga para propiciar una buena adherencia con la nueva carpeta a construir.

- D) .- Con la finalidad de proporcionar una superficie con la rugosidad y textura adecuada, se recomienda colocar un tratamiento superficial mediante un riego de sello premezclado en todo el ancho de la sección.

12.- CALIDAD DE LOS MATERIALES CON QUE SE CONSTRUIRA LA ESTRUCTURA DEL CAMINO

Los materiales con que se rehabilitará deberán cumplir con la siguiente Normativa para la Infraestructura del Transporte.

1. TERRACERIAS.

a)	Desmote	N.CTR.CAR. 1.01.001/ 00
b)	Despalme	N.CTR.CAR. 1.01.002/ 00
c)	Cortes	N.CTR.CAR. 1.01.003/ 00
d)	Afinamiento	N.CTR.CAR. 1.01.006/ 00
e)	Bancos	N.CTR.CAR. 1.01.008/ 00
f)	Terraplenes	N.CTR.CAR. 1.01.009/ 00
g)	Acarreos	N.CTR.CAR. 1.01.0013/ 00

2. PAVIMENTOS.

a)	Base Hidráulica	N.CTR.CAR. 1. 04. 002/ 00
b)	Riego de Impregnación	N.CTR.CAR. 1. 04. 004/ 00
c)	Carpeta asfáltica de mezcla en caliente	N.CTR. CAR. 1 04. 006/ 01
d)	Calida de materiales asfálticos	N. CMT. 4. 05. 001/ 00
e)	Control de calidad	N. CAL. 1. 01/ 00

Los materiales pétreos con que se construyan las diferentes capas de la ampliación y de la nueva estructura deberán cumplir con calidad "Deseable", de acuerdo al Documento Técnico No. 2 del Instituto Mexicano del Transporte; "Proposición de Nuevas Normas para Materiales de la Sección Estructural de Pavimentos Flexibles" A. Rico R., J. M. Orozco y O., A. Pérez G.

a) Terracerías:

CARACTERISTICAS	VALOR RECOMENDADO
Tamaño máximo (mm)	75
% < malla 200	30 máx.
Limite Liquido (%)	40 máx.
Compactación (%) AASHTO Estándar	95 mín.
V. R. S. (%)	5 mín.

b) Capa Subrasante:

CARACTERISTICAS	VALOR RECOMENDADO
Tamaño máximo (mm)	75
% < malla 200	25 máx.
Limite Liquido (%)	30 máx.
Índice Plástico (%)	10 máx.
Compactación (%) AASHTO Estándar	100 mín.
V. R. S. (%)	20 mín.

c) Subbase:

CARACTERISTICAS	VALOR RECOMENDADO
Tamaño máximo (mm)	75
% < malla 200	15 máx.
Zona granulométrica	1 y 2
Limite Liquido (%)	25 máx.
Índice Plástico (%)	10 máx.
Equivalente de Arena	40 mín.
Compactación (%) AASHTO Modificada	100 mín.
V. R. S. (%)	40 mín.

d) Base Hidráulica:

CARACTERISTICAS	VALOR RECOMENDADO
Tamaño máximo (mm)	50
% < malla 200	10 máx.
Zona granulométrica	1 y 2
Limite Liquido (%)	25 máx.
Índice Plástico (%)	6 máx.
Equivalente de Arena	50 mín.
Compactación (%) AASHTO Modificada	100 mín.
V. R. S. (%)	100 mín.
Desgaste Los Ángeles (%)	40 máx.

e) Pétreo para carpeta

CARACTERISTICAS	VALOR RECOMENDADO
Tamaño máximo (mm)	25
% < malla 200	4
Limite Liquido (%)	Inap.
Índice Plástico (%)	Inap.
Equivalente de Arena	60 mín.
Desgaste los Ángeles (%)	30 máx.
% partículas alargadas	35 máx.

3.- REHABILITACIÓN DE PAVIMENTO:

1)	.-	TRABAJOS DE BACHEO SUPERFICIAL	N-CSV-CAR.2.02.003/00
2)	.-	TRABAJOS DE BACHEO DE CAJA	N-CSV-CAR.2.02.004/00
3)	.-	TRABAJOS DE RENIVELACION	N-CSV-CAR.3.02.001/00
4)	.-	RIEGO DE IMPREGNACION	N. CTR. CAR. 1. 04. 004/ 00
5)	.-	CARPETAS DE CONCRETO ASFALTICO	N. CSV- CAR.3. 02. 005/ 02
6)	.-	CALIDAD DE MATERIALES ASFALTICOS	N. CMT. 4. 05. 001/00
7)	.-	CONTROL DE CALIDAD	N. CAL. 1.01/00