



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

**“DISEÑO DE PAVIMENTO DEL CAMINO EL CUERVO- ELSALTO
PERTENECIENTE AL MUNICIPIO DE SANTA ANA MAYA”**

TESIS QUE PRESENTA

NOÉ LÓPEZ SILVA

PARA OBTENER EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

ASESOR:

ING. ALEJANDRO PERALTA ARNAUD

Morelia, Michoacán, Marzo de 2007.

“DISEÑO DE PAVIMENTO DEL CAMINO EL
CUERVO – EL SALTO PERTENECIENTE AL
MUNICIPIO DE SANTA ANA MAYA”

INDICE

PORTADA

TEMA

CAPITULO I. INTRODUCCION

1.1 ANTECEDENTES

1.2 LOCALIZACION GEOGRAFICA Y REGIONAL

CAPITULO II. TRABAJOS DE CAMPO

CAPITULO III. TRABAJOS DE LABORATORIO

CAPITULO IV. DISEÑO DE PAVIMENTO

CAPITULO V. ANALISIS DE RESULTADOS

CAPITULO VI. CONCLUSIONES

REPORTE FOTOGRAFICO

BIBLIOGRAFIA

I.- INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN

Las vías terrestres dentro de la rama de la ingeniería civil puede considerarse como fundamentales para el desarrollo de un país, por los beneficios económicos que generan la magnitud de la inversión que representan el tiempo que deben mantenerse prestando un servicio adecuado, es claramente palpable la importancia de su correcta planeación, diseño y construcción.

Los pavimentos son las estructuras que conforman las vías terrestres y como estructuras estas deben resistir los esfuerzos cortantes y distribuirlos en toda la superficie, están conformados por capas y de acuerdo a estas capas se clasifican en tres grupos:

- **pavimentos rígidos**
- **pavimentos semi rígidos**
- **pavimentos flexibles**

En México los pavimentos más utilizados son los flexibles en cuanto a las capas que lo conforman estas tienen una calidad ascendente y estas capas se describen a continuación:

1. Cuerpo de terracería.
2. Capa de base.
3. Capa de sub- Base.
4. Carpeta asfáltica.

En este estudio nos enfocaremos a la carpeta asfáltica la cual se describe a continuación:

CARPETA: La carpeta esta formada por una capa de material pétreo en combinación con un producto asfáltico, en este caso es la emulsión asfáltica, cuya ubicación se encuentra por encima de la base.

En la construcción de caminos se empleo por primera vez la emulsión en el año de 1905 en Nueva York siendo esta una emulsión aniónica que era utilizada en los riegos preventivos contra el polvo, en 1914 el estado de Indiana comenzó ha realizar trabajos de reparación de caminos con las emulsiones. Ese mismo año en Hamburgo Alemania se construyo una carpeta asfáltica con un tratamiento superficial de varios riegos, empleando como lígate una emulsión estabilizada con una arcilla, muy activa como emulsificante.

Aunque los resultados fueron buenos, posteriormente se observo que podría haber una acción reversible, como consecuencia de la humedad y el transito de vehículos

Las emulsiones aniónicas se empezaron a usar en Europa en 1925, aprovechando los ácidos naftenicos contenidos en el asfalto que actúan como emulsionantes al agregar agua con sosa cáustica y sometiendo a una enérgica agitación la masa de los líquidos. En México las emplearon por primera vez las compañías extranjeras que trabajaban en el país en los años de 1930 y 1935.

En 1953 aparecieron por primera vez las emulsiones catiónicas en Europa y en 1958 en Estados Unidos. Al principio estas emulsiones se emplearon únicamente en la construcción de tratamientos superficiales como riegos de liga y de sello. Al reconocer la ventaja de las emulsiones catiónicas sobre las aniónicas y los rebajados, se inicio la búsqueda de un emulsificante que produjera una emulsión de rompimiento lento capaz de mezclarse con los materiales pétreos para bases y carpetas.

En México se conocieron en el año de 1960, se hicieron varias pruebas en la Secretaria de Obras Publicas y algunos Ingenieros Mexicanos presentaron un trabajo en el Congreso Panamericano de Carreteras realizado en Bogota Colombia titulado “Primeras Investigaciones Realizadas en México con Emulsiones Asfálticas Catiònicas”.

El objetivo de la carpeta deberá proporcionar una superficie de rodamiento adecuada con textura y color conveniente y resistir los efectos abrasivos del transito. Además debe ser una capa prácticamente impermeable, constituyendo una protección para la base desde el punto de vista del objeto funcional del pavimento, es el elemento más importante.

Este estudio será para diseñar una carpeta con un material pétreo de origen volcánico y compararlo con un material triturado usando una emulsión asfáltica de rompimiento medio, la cual quedara comprendido de acuerdo a la granulometría y si esta no cumple un comportamiento adecuado se modificara partiendo de la misma; el trabajar con emulsión nos permite realizar la mezcla en el mismo lugar de la obra.

CLIMA

Su clima es templado con lluvias en verano. Tiene una precipitación pluvial anual de 1,065.0 milímetros y temperaturas que oscilan de 11.2 a 29.8° centígrados.

GEOLOGIA

El estado de Michoacán se encuentra ubicado en el eje neovolcanico de la republica Mexicana y de tal manera haciendo de esta una región muy montañosa y con superficies muy accidentadas la mayoría de las rocas que se utilizan para las construcciones tienen un origen volcánico.

La mayoría de las montañas que sirven como bancos de materiales son depósitos de rocas que expulsaron los volcanes como rocas ígneas extrusivas.

FORMACIÓN DE LAS ROCAS IGNEAS:

Las rocas ígneas que se encuentran actualmente en la superficie terrestre se formaron a través del magma procedente de depósitos profundos; a la roca fundida dentro de la corteza terrestre se le llama magma y cuando se derrama sobre la superficie terrestre se le llama lava y los fragmentos sólidos del magma que son arrojados se les conoce con el nombre de piroclásticos.

Eventualmente los restos piroclásticos llegan a endurecerse convirtiéndose en roca por medio de la precolación del agua en el subsuelo. En cierto sentido estas rocas se podrían clasificar como sedimentarias pero por constar de fragmentos de magma solidificada se les incluyo como rocas ígneas y se clasifican en dos grandes grupos como R.I. intrusivas y R.E. extrusivas esto se debe a la manera en que se enfriaron dentro del cono o fuera de él.

La ceniza volcánica endurecida hasta convertirse en roca se le llama toba. Una roca endurecida que forme bloques angulares de lava solidificada relativamente grandes incluido en una masa de ceniza recibe el nombre de brecha volcánica. Si los fragmentos son grandes incluido estén redondeados, la roca se le llama conglomerado volcánico.

COMPOSICIÓN

La composición mineral y el color de las rocas están relacionados con su composición química.

El análisis químico de una roca ácida como el granito y una roca básica como el basalto, son comparadas observarse marcadas diferencias tales: como la mayor proporción de sílice (SiO_2) y de alcalis (Na_2O , K_2O) en las rocas ácidas y un contenido más alto de cal, magnesio y óxidos de hierro en las básicas.

Durante el enfriamiento del magma sus diferentes minerales se unen para formar cristales silicatados como las piroxenas, las anfíbolas, y los feldespatos y los óxidos como la magnetita. En un magma básico los minerales como el olivino y la magnetita a menudo son los primeros en cristalizar consumiendo parte del sílice, magnesio y hierro el restante magnesio y hierro junto con el CaO y Al_2O_3 es consumido posteriormente en la augita (piroxena), hornblenda (anfíbola) y mica oscura. Tales minerales de acuerdo a su composición se llaman ferromagnesianos, o maficos.

En contraste con estos minerales oscuros o relativamente pesados, los álcalis y el calcio junto con Al_2O_3 y SiO_2 forman los minerales felsicos, los cuales incluyen a los feldespatos, feldespatoides y cuarzo. En las rocas ácidas predominan los minerales y dan a la roca un color más pálido en contraste el color más oscuro de las rocas básicas.

Las rocas más representativas del poblado de Puerta del Salto; brecha volcánica basáltica rocas ígneas extrusivas ácidas y conglomerados.

ROCAS BÁSICAS:

Estas rocas básicas algunas de las cuales son económicamente importantes como piedras para la construcción de carreteras y agregados, tienen un gran contenido de minerales ferromagnesianos, lo cual dan a la roca una apariencia oscura dentro de la cual se clasifican los basaltos.

BASALTO: El basalto es oscuro, denso, comúnmente con pequeños cristales porfíricos e interperiza a un color castaño en sus afloramientos. Es la más común de todas las lavas, se han estimado que las coladas de basalto en el mundo tienen cinco veces el volumen de todas las otras rocas extrusivas.

MINERALES: Esencialmente plagioclasa (labradorita) y augita pero algunos basaltos tienen una plagioclasa más calcica. El olivino ocurre en muchos basaltos y puede mostrar algunas alteraciones a serpentina. La magnetita y la ilmenita son accesorios comunes si están presentes vesículas pueden estar llenos de calcita, clorita, calcedonia y otros minerales secundarios la nefelina, leucita y analita se encuentran en los basaltos con contenido de sílice más bajo.

ROCAS INTERMEDIAS:

ANDESITA.- la andesita son rocas volcánicas de grano fino, son comunes como coladas de lava en regiones orogénicas y ocasionalmente formas pequeñas intrusiones. Son compactas y comúnmente de color castaño y en extensión total ocupan el segundo lugar después del basalto.

MINERALES: Esencialmente plagioclasas (principalmente andesita) y un mineral mafico (horblenda, biotita, augita). Los pequeños cristales porfiriticos se ubican en la mesostasis que puede ser vítrea, criptocristalítica o critolítica.

TOPOGRAFÍA

Presenta un sistema montañoso con fuerte lomerío y el valle tectónico lacustre.

1.1. ANTECEDENTES DEL CAMINO

Este camino tiene una longitud de 2.5 kilómetros teniendo su origen en el kilómetro 0+000 y terminando en el kilómetro 2+500.

Las condiciones que presenta el camino actualmente es la siguiente:



Sobre la superficie del camino se tiene un revestimiento en condiciones desfavorables, por lo que no representa un buen funcionamiento del camino.

El camino queda localizado en el municipio de Santa Ana Maya, Michoacán.

Por las características que presenta la zona se estima que la formación de los suelos que forma la estratigrafía del terreno natural, esta formada por arcillas inorgánicas de alta plasticidad, las cuales presentan cambios volumétricos importantes al modificar sus contenidos de humedad.

El objetivo principal de este estudio es la realización del diseño adecuado para la formación de la estructura del pavimento que servirá de soporte para la superficie de rodamiento del camino.

El objeto de este estudio, se limita a determinar las características de los estratos superficiales, hasta una profundidad de 0.50 metros, profundidad que nos permita determinar la capacidad de resistencia del terreno y dar recomendaciones para el tipo de cimentación de la obra. Así como la propuesta de pavimento para ampliación de la avenida.

El terreno en estudio se encuentra al este de la localidad de santa ana maya, en una zona topográfica plana.

Los suelos que forman el terreno natural en el predio motivo de este estudio, están constituidos principalmente por arcillas inorgánicas de alta plasticidad de consistencia suave con vegetación.

ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EXISTENTE

OBRA: EL CUERVO

UBICACIÓN: SANTA ANA MAYA, MICH



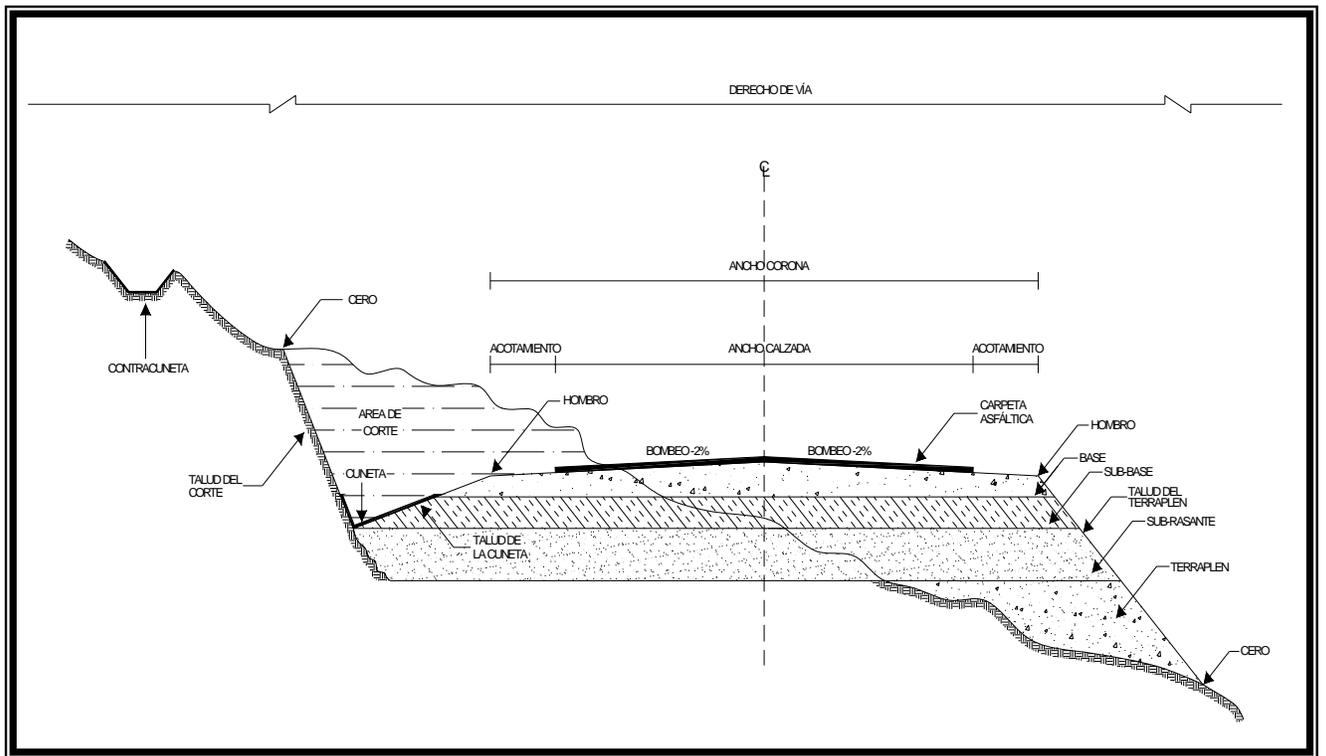


FIGURA 1
SECCIÓN TRANSVERSAL EN BALCÓN DE UN PAVIMENTO ASFÁLTICO

LOCALIZACION GEOGRAFICA DEL MUNICIPIO



DISEÑO DE PAVIMENTO DEL CAMINO EL CUERVO EL SALTO PERTENECIENTE AL MUNICIPIO DE SANTA ANA MAYA

1.2 LOCALIZACION GEOGRAFICA Y REGIONAL

Se localiza al norte del estado, en las coordenadas 20°00 de latitud norte y 101°01 de longitud oeste, a una altura de 1,840 metros sobre el nivel del mar. Limita al norte y este con el estado de Guanajuato, al sur y oeste con Cuitzeo y al sur con Alvaro Obregón. Con una superficie de 102.25 km² que equivale al 0.17% del territorio del estado, su distancia a la capital del estado es de 63 Km.,

II.-TRABAJOS DE CAMPO

El muestreo consiste en la obtención de una porción del material o suelo del terreno natural con el que se pretende construir una estructura (cubo) terrea o bien del material que ya forma parte de la misma, de tal manera que las características de la porción obtenida sean representativas del conjunto. El muestreo además, incluye las operaciones de envase, identificación y transporte de las muestras.

El muestreo de suelos comprende 2 tipos de muestras:

1.- **muestras inalteradas.**- son aquellas en las que se conserva la estructura y la humedad que tiene el suelo en el lugar donde se obtenga la muestra.

2.- **muestras alteradas.**- son aquellas que son constituidas por el material disgregado o fragmentado en las que se toman precauciones especiales para conservar las características de estructura y humedad; no obstante, en algunas ocasiones conviene conocer el contenido de agua original del suelo, para lo cual las muestras se envasan y transportan en forma adecuada.

Las **muestras inalteradas** se obtendrán de suelos finos que puedan labrarse sin que se disgreguen. La obtención puede efectuarse en el piso o en las paredes de una excavación, en la superficie del terreno natural o en la de una terracería. La excavación debe ser de tales dimensiones que permitan las operaciones de labrado y extracción de la misma.

En la extracción de muestras inalteradas se emplean herramientas y materiales, tales como picos, barretas, cuchillos, espátulas, cucharas de albañil, machetes, arcos de segueta con alambre de acero, estufa o lámpara para secado, brochas, cinta métrica de lienzo de 20 mts., flexómetro, recipiente metálico, manta de cielo, brea, parafina, cajones de madera. El procedimiento para su extracción es el siguiente:

Si la muestra va a ser obtenida del piso de una excavación o de una superficie prácticamente horizontal, se marca en un cuadro de 40 cm. Por lado aprox. Y con el objeto de labrar un cubo de suelo de las dimensiones mencionadas, se excava alrededor de las marcas con la herramienta apropiada, sin dañar la estructura de la muestra ya sea por presión o por impacto; se profundizará lo necesario para poder efectuar un corte horizontal en la muestra, inmediatamente después se cubre con la manta de cielo recién embebida en una mezcla previamente preparada, de 4 partes de parafina, por una parte de brea, licuadas por medio de calor; la manta así preparada quedara bien adherida a la muestra.

Una vez protegidas las 5 caras descubiertas, se procede a preparar la muestra cuidadosamente para no dañarla e inmediatamente después, se cubre su cara inferior con una capa de manta de cielo embebida en la mezcla de brea con parafina, en la forma antes descrita. A continuación, a toda la muestra se le aplica con una brocha otra capa de parafina y brea fundidas y aprovechando la temperatura de la mezcla, se fija la tarjeta de identificación en la cara que originalmente estaba en la parte superior.

Si la muestra va a ser extraída de una pared, se procede a excavar a su alrededor una bóveda, con el objeto de facilitar el labrado de las caras superior y laterales del cubo y poder efectuar el corte horizontal en la parte inferior del mismo. La obtención de la muestra, así como su forma, dimensiones, protección e identificación, son idénticas a lo señalado anteriormente.

Una vez extraída y protegida la muestra se colocará en un cajón de dimensiones adecuadas y relleno los espacios libres con aserrín, paja, papel u otro material similar, a fin de amortiguar el efecto de los golpes que pudieran sufrir durante el transporte.

Las muestras deberán contener los siguientes datos:

- 1.- obra y localización.
- 2.- numero de sondeo.
- 3.- ubicación del sondeo.
- 4.- numero de la muestra.
- 5.- profundidad a la que se tomó la muestra.
- 6.- espesor del estrato correspondiente.
- 7.- clasificación de campo.
- 8.- uso del material.
- 9.- nombre del operador.
- 10.- observaciones y fechas.

Las **muestras alteradas** de suelos podrán obtenerse en una excavación, de un frente, ya sea de corte o de un banco, o bien, de perforaciones llevadas a profundidad con herramientas especiales. Las muestras deberán ser representativas de cada capa que se atravesase, hasta llegar a una profundidad que puede corresponder al nivel mas bajo de la explotación, al nivel de aguas freáticas o aquel en la cual sea necesario extender el estudio.

El peso mínimo de la muestra será de 40 kg. Que es la cantidad de suelo que comúnmente se requiere para realizar las pruebas de materiales de terracerías; esta cantidad deberá obtenerse de una muestra representativa mediante el procedimiento de cuarteo. El espaciamiento de los sondeos y el número de muestras que se tomen deberán estar de acuerdo con la homogeneidad del suelo y el tipo de estudio que se trate. En suelos que presenten pocas variaciones en sus características, el espaciamiento de los sondeos será mayor que los suelos heterogéneos. Igualmente en los estudios preliminares el espaciamiento será mayor que en estudios definitivos.

En préstamos laterales continuos y en préstamos de banco dentro del derecho de vía, que contengan materiales homogéneos, se recomienda que los sondeos se hagan a distancias no mayores de 250 mts. Y a la profundidad suficiente para definir el espesor del material aprovechable, en el caso de bancos localizados fuera del derecho de vía, se recomienda hacer un sondeo por cada 1600 m² de superficie de acuerdo con el volumen requerido, formando una cuadrícula.

Tratándose de cortes se recomienda hacer 3 sondeos como mínimo, en el sentido del cadenamiento que abarque el ancho de la terracería. Las herramientas y materiales que se emplean en la obtención de muestras alteradas son: picos, palas, barretas, posteadoras, barretas helicoidales, tubos galvanizados para extensiones, llaves stillson, estufa o lámpara de secado,

brochas, bolsas de lona ahulada, frascos o cápsulas de aluminio con tapa, cinta métrica de lienzo de 20 m., cordel, brea, parafina y cinta adhesiva.

Los procedimientos de muestreo, de acuerdo con el lugar donde se obtengan las porciones representativas serán como sigue:

Las muestras superficiales se tomarán a profundidades variables del orden de 1 m., este muestreo puede ser aplicable para los estudios del terreno de cimentación y algunos préstamos o bancos.

En este caso se eliminan primeramente los materiales extraños que existan en la zona elegida y cuando sea necesario también se descartará la parte superficial intemperizada o con un alto contenido de materia orgánica.

Para el muestreo a mayor profundidad que el señalado anteriormente se excava un pozo a cielo abierto y se muestrean los estratos en una de las paredes del mismo o también se puede obtener la muestra o muestras del material que se extraiga al hacer una perforación con herramientas especiales. Estos procedimientos de muestreo son los que comúnmente se emplean para el estudio de bancos de materiales, de cimentaciones superficiales y del terreno en general cuando su naturaleza se los permita.

Las muestras alteradas se envasarán en bolsas de lona, cerrándolas para evitar pérdidas o contaminación y llevarán tarjetas de identificación tanto en su interior como en su exterior, atadas en la parte exterior. Cuando se requiere determinar el contenido de agua del suelo, se envasan en cápsulas de aluminio o bien en frascos de tamaño adecuado y que no propicien la evaporación del agua, cuyas tapas quedarán selladas perfectamente, mediante la aplicación de cinta adhesiva o de un baño de brea y parafina. El transporte de las muestras se hará en forma cuidadosa sin exponerlas a sufrir alteraciones y en el caso de usar frascos de vidrio, a fin de que se rompan, se empacarán en cajas de madera rellenas con aserrín, papel, paja o similar.

Dentro del lugar en estudio se realizó una exploración visual y se ubicó el sitio donde se realizaron tres pozos a cielo abierto, encontrándose en éstos la siguiente estratigrafía:

PERFIL ESTRATIGRÁFICO

Se realizó un recorrido sobre la superficie del camino para conocer las condiciones actuales e indicar en que zonas se realizaran los sondeos o pozos a cielo abierto.

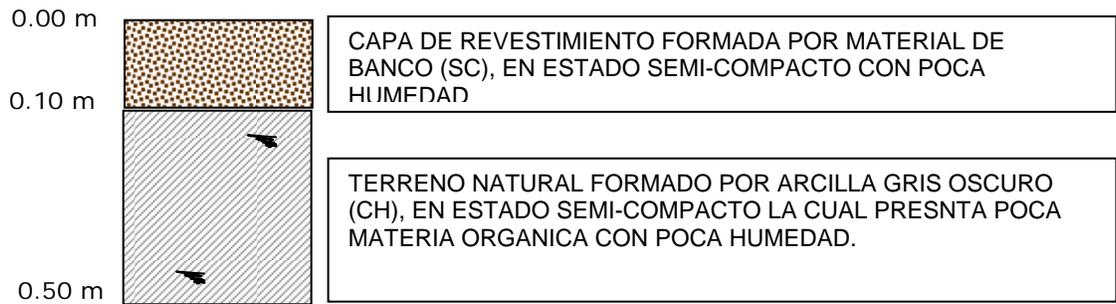
Por lo que se procedió a realizar los pozos en los siguientes cadenamientos:

PCA 1 =	0+300	LADO DERECHO
PCA 2 =	0+900	LADO IZQUIERDO
PCA 3 =	1+500	LADO IZQUIERDO
PCA 4 =	2+300	LADO DERECHO

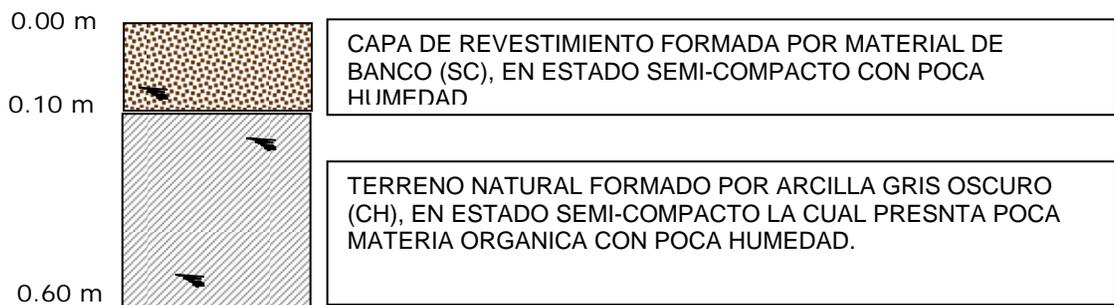
Una vez realizados los sondeos a cielo abierto se encontró la siguiente estratigrafía:

DESCRIPCIÓN ESTRATIGRAFICA DE LOS SONDEOS REALIZADOS

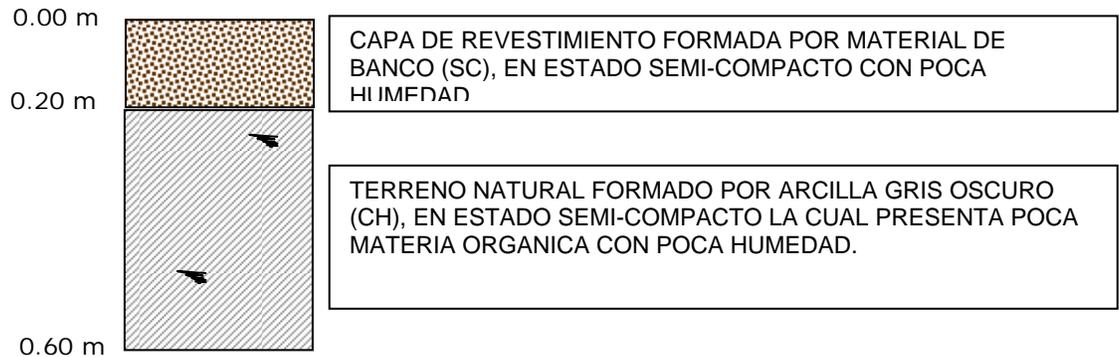
SONDEO No.1
 CADENAMIENTO 0+300
 LADO DERECHO



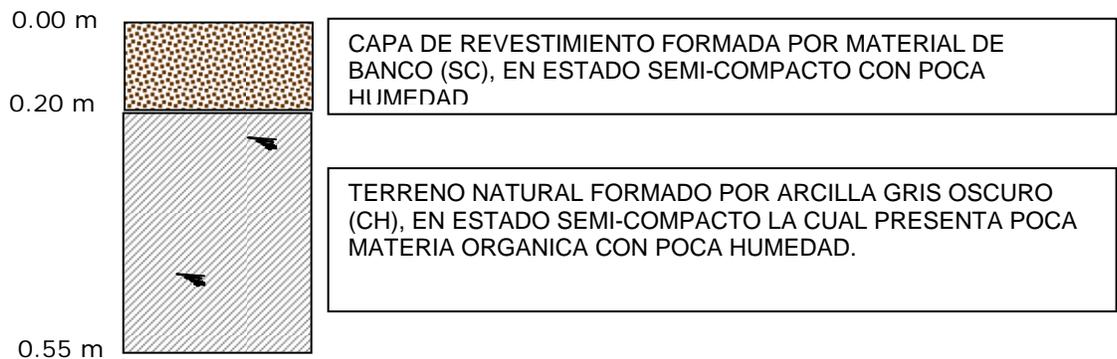
SONDEO No.2
 CADENAMIENTO 0+900
 LADO IZQUIERDO



SONDEO No.3
CADENAMIENTO 1+500
LADO DERECHO



SONDEO No.4
CADENAMIENTO 2+300
LADO DERECHO



Una vez realizados los sondeos se procedió a tomar muestras alteradas de los estratos detectados como son revestimiento y terreno natural.

Durante la exploración y muestreo de los sondeos no se detecto la presencia de niveles freáticos.



III.-TRABAJOS DE LABORATORIO

A los estratos encontrados de los sondeos explorados se les realizaron las siguientes pruebas o ensayos de laboratorio:

- *HUMEDAD NATURAL*
- *GRANULOMETRÍA*
- *LIMITES DE CONSISTENCIA*
- *EXPANSIÓN (%)*
- *VALOR RELATIVO DE SOPORTE (%)*

PRUEBAS DE LABORATORIO

Para que nuestras obras tengan una mayor calidad y a su vez más vida útil, hay que analizar el terreno y los materiales con los que nos vamos a apoyar para la construcción de nuestra obra.

La finalidad de analizar el material y hacer las pruebas es conocer las características de los materiales que se emplean en la construcción de carreteras, para verificar si cumplen con las normas establecidas por la Secretaría.

Composición Granulométrica

Esta prueba permite determinar la composición por tamaños de las partículas de un suelo, mediante su paso por una serie de mallas con aberturas determinadas.

La sucesión de tamaños obtenida mediante el empleo de mallas, nos da una idea de la composición granulométrica únicamente en dos dimensiones, por lo que las curvas resultantes solo quedaran representativas de materiales constituidos por partículas de forma equidimensional, si las partículas de un material tienen forma laminar o acicular, es decir, de lascas o 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 las 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.

Equipo :

- 1.- Juego de mallas para suelos gruesos (2", 1 1/2", 1", 3/4", 3/8", No. 4 y charola).
- 2.- Juego de mallas para suelos finos (No. 4, 10, 20, 40, 60, 100, 200 y charola).
- 3.- Balanza de veinte (20) kilogramos de capacidad y un (1) gramo de aproximación.
- 4.- Balanza de dos (2) kilogramos de capacidad y cero punto un (0.1) gramo de aproximación.
- 5.- Horno con termostato para mantener una temperatura constante de ciento cinco mas menos cinco grados centígrados ($105 \pm 5^{\circ}\text{C}$).
- 6.- Charolas de lámina.
- 7.- Cucharón de lámina.
- 8.- Agitador de varilla metálica de seis (6) milímetros de diámetro y veinte centímetros de longitud.
- 9.- Agitador mecánico Rov – Tav, cepillos o brochas, vaso de aluminio.

Procedimiento :**a) Para suelos gruesos:**

- 1.- Del material que se trae de campo, mediante cuarteo se toma una muestra representativa de 10 a 15 kg.
- 2.- Se hace pasar la muestra a través de las mallas para suelos gruesos. Para efectuar esta operación deberá imprimirse a las mallas un movimiento vertical y de rotación horizontal, para mantener al material en constante movimiento y permitir que los tamaños menores pasen a través de las aberturas correspondientes.



Foto 4.- Juego de mallas para realizar la granulometría.

1.- Se pesa el material retenido en cada malla y se anota en la hoja de registro.

b) Para suelos finos:

1.- Del material que pasa la malla No.4 se toman 200 grs. de la muestra.

2.- La muestra de suelo se coloca en las mallas para suelos finos acomodadas en forma decreciente puestas una sobre otra.

3.- Una vez colocadas se hace vibrar durante un periodo de 10 min. En el agitador rov – tav.



Foto 5.- Juego de mallas empleado en la granulometría chica.

4.- Se pesa toda la fracción retenida en cada malla y se anota en la hoja de registro.

c) Análisis por lavado:

1.- De la fracción del material que pasa la malla No. 4, se toma una muestra representativa de aproximadamente 200gr.; se pone a secar en el horno a una temperatura de 105° C., hasta peso constante, se anota este peso y el material se coloca en un vaso metálico, se le agrega agua hasta quedar totalmente cubierto y se deja saturar por un tiempo aproximado de 24 hrs.

2.- Pasado el tiempo de saturación se procede a su lavado efectuándose de la siguiente forma:

Con ayuda de una varilla, se agita en forma de ochos el contenido del vaso durante 15 s, para formar una suspensión.

Se deja reposar dicha suspensión durante 30 s e inmediatamente después se decanta sobre la malla No. 200.

Para facilitar el paso de las partículas a través de la malla, se aplica sobre ésta un chorro de agua a baja presión.

Se repite la operación de lavado, hasta que el agua decantada salga limpia.

El material retenido en la malla No. 200 se regresa al vaso, utilizando un poco de agua, misma que se decanta al final de la operación, pero evitando el arrastre de partículas.

Se seca el material dentro del vaso metálico y se procede a su disgregación evitando cualquier pérdida de material. Después se procederá a su tamizado.

Se anota el peso retenido en cada una de las mallas y se procede al cálculo de la granulometría debiéndose tomar en cuenta el material eliminado por el lavado a través de la malla No. 200 por diferencia de pesos.

Se procede al cálculo de los porcentajes de grava $G(\%)$, arena $S(\%)$ y finos $F(\%)$.

El porcentaje de grava $G(\%)$ se obtiene restando al 100% el porcentaje que pasa la malla No. 4.

El porcentaje de arena $S(\%)$ resulta de la diferencia del 100% menos la suma del porcentaje de grava y finos.

El porcentaje de finos $F(\%)$ es el que pasa la malla No. 200.

De la curva granulométrica se obtienen los valores de D_{10} , D_{30} y D_{60} , para calcular los coeficientes de uniformidad C_u y de curvatura C_c , que se emplean para juzgar la graduación del material.

Límites de consistencia

Los métodos de prueba a que se refiere esta cláusula, tiene por objeto conocer las características de plasticidad de la porción de suelo que pasa la malla No. 0.425, cuyos resultados se utilizan principalmente para la identificación y clasificación de los suelos.

De acuerdo con su contenido de agua, los suelos pueden estar en algunos de los 5 estados de consistencia:

* Estado líquido, es el que presentan los suelos cuando manifiestan las propiedades de una suspensión.

* Estado semilíquido, cuando los suelos tienen el comportamiento de un fluido viscoso.

* Estado plástico, en el cual los suelos presentan la propiedad que les permite, bajo ciertas condiciones de humedad, mantener la deformación producida por un esfuerzo que les ha sido aplicado en forma rápida sin agrietarse, desmoronarse o sufrir cambios volumétricos apreciables.

* Estado semisólido, en el que la apariencia de los suelos es la de un sólido; sin embargo, al secarse disminuyen de volumen.

* Estado sólido, en el que el volumen de los suelos no varía aún cuando se les someta a secado.

Los límites de consistencia fueron determinados por Atterberg los cuales los delimitó por las fronteras:

* Limite líquido, es el contenido de agua que marca la frontera entre los estados semilíquido y plástico.

* Límite plástico, es el contenido de agua que marca la frontera entre los estados plástico y semisólido.

* Límite de contracción, es el contenido de agua que marca la frontera entre los estados semisólido y sólido.

Para definir las características de plasticidad de los suelos se utilizan el límite líquido, el índice plástico y la contracción lineal.

* Índice plástico, es la diferencia aritmética entre el límite líquido, el índice plástico y la contracción lineal. ($IP = LL - LP$).

* Contracción lineal, es la reducción del volumen del mismo, medida en una de sus dimensiones y expresada en porcentaje de la dimensión original.

Equipo :

- 1.- Copa de Casagrande y ranurador.
- 2.- Cápsulas petri.
- 3.- Agua destilada.
- 4.- Balanzas de (0.01 grs) y (1 grs) de aproximación.
- 5.- Placa de vidrio.
- 6.- Horno secador.
- 7.- Franela.
- 8.- Vidrios de reloj.
- 9.- Charolas de evaporación.
- 10.- Espátula.
- 11.- Calibrador vernier.
- 12.- Cápsulas de porcelana.
- 13.- Gotero.

Procedimiento:**c) Determinación del Límite Líquido (L L).**

- 1.- El material que se trae del campo se seca a temperatura ambiente y se disgrega.
- 2.- Una vez que el material se ha secado se criba por la malla No. 0.425 y se toma una cápsula de porcelana de 250 a 300 grs. del material que paso la malla, lo saturamos y lo dejamos reposar (24 hrs.). Transcurrido el tiempo agregamos agua destilada y se mezcla hasta formar una pasta homogénea.



Foto 9.- Equipo para la determinación del limite liquido.

- 3.- Se inician los tanteos en la copa de casagrande dándole al suelo diferentes humedades. Se deben hacer cinco (5) tanteos y obtener las humedades de cada uno de ellos.

4.- Se coloca la pasta en la copa de casagrande, llenándola a la mitad y alisándola para obtener un espesor máximo de (1 cm). Se ranura al centro con un ranurador de dimensiones de (11 mm), en la parte superior y (2 mm) en la

parte inferior. Se debe ranurar la pasta según el eje de simetría del aparato, manteniendo el ranurador perpendicular a la superficie de la copa.

5.- Una vez llena la copa ranurado el material, el golpeo se hace girando la manivela a la velocidad de 2 rev/seg, y contar el número de golpes necesarios para que la ranura cierre ($\frac{1}{2}$ ") aproximadamente, la ranura debe cerrar por el flujo del suelo y no por deslizamiento de la pasta respecto a la copa.

6.- En la cápsula de vidrio de reloj, se extrae una muestra representativa de aproximadamente (10 grs) del centro de la copa, cerca de donde cerró la ranura para obtener la humedad, se pesa la cápsula con material húmedo al centésimo de gramo (0.01 grs). Se deja secar el horno durante. (24 hrs.), a temperatura de 110° C.

7.- Una vez obtenidos los resultados de todos los tanteos procederemos a anotarlos en las hojas de registro, para así graficar la curva de fluidez, que comprende en el eje de las abscisas en escala logarítmica el número de golpes, y en el eje de las ordenadas en escala aritmética los contenidos de agua; de la cual el límite líquido (LL) será el contenido de agua correspondiente a 25 golpes.

* Causas mas frecuentes de error al efectuar esta prueba.

- 1.- Que al efectuar la prueba la ranura se cierre debido al deslizamiento del suelo sobre la copa y no al flujo provocado por los golpes.
- 2.- Perdida de agua por evaporación en la muestra, debido a que la prueba no se realice en lugares frescos y exentos de corrientes de aire.
- 3.- Que la caída de la copa no se efectuó a una velocidad uniforme de dos (2) golpes por segundo.
- 4.- Que la copa y el ranurador no estén limpios antes de cada determinación.
- 5.- Que se incorpore material seco para reducir la humedad de la muestra de prueba, o bien que no se efectuó un amasado correcto de esta.

c) Determinación del Límite Plástico (L P).

1.- Se amasan aproximadamente (15 grs) de suelo húmedo. De los cuales con la palma de la mano formamos rollito de (1/8") es decir (3 mm aproximadamente), de diámetro apoyándose en la placa de vidrio.

2.- Se repite éste procedimiento hasta que el rollito empieza a desmoronarse al estarlo formando.

3.- Se colocan en una cápsula de vidrio de reloj y se procede a pesarlos con la bascula de (0.01 grs) de aproximación y se meten al horno durante 24 hrs. A una temperatura de ciento diez grados centígrados.

4.- Una vez transcurridas las (24 hrs.) se pesan para determinar el contenido de humedad de los cilindros.

5.- El proceso se debe repetir por lo menos en tres (3) ocasiones para poder promediarlos.

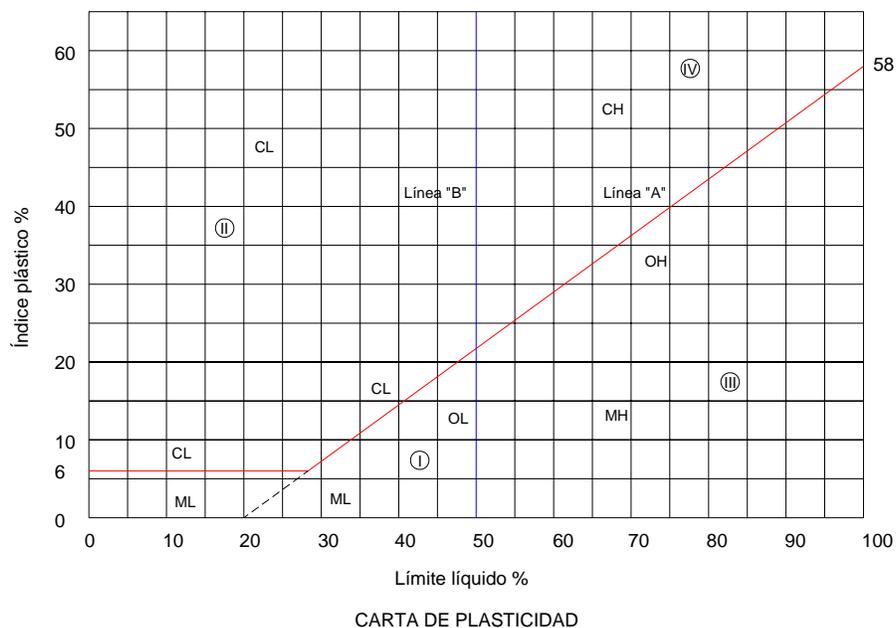
6.- Teniendo los tres resultados los anotamos en la hoja de registro y procederemos a calcularlo, donde el limite plástico (LP) es; el contenido de agua promedio de los cilindros.

Una vez determinados los Límites tanto líquido como plástico procederemos a meter los datos a la carta de plasticidad, la cual en el eje de las abscisas representa el limite liquido (LL) y en el de las ordenadas el índice plástico (IP). La carta de plasticidad nos indicara la clasificación del suelo.

* Causas mas frecuentes de error al efectuar esta prueba.

1.- Que el cilindro de suelo se rompa antes de alcanzar el diámetro de tres (3) milímetros, ya que en este caso su humedad sería menor que la del límite plástico.

- 2.- Que la placa de vidrio no se encuentre limpia antes de cada determinación, ya que esto dificulta o impide la formación del cilindro.
- 3.- Que al alcanzar el cilindro el diámetro de tres (3) milímetros, el operador lo rompa en forma deliberada, modificando la presión, la velocidad de o rolado ambas cosas.



c) Determinación de la Contracción Lineal (CL)

- 1.- Se hace esta prueba con el material que sobro del ensaye de (LL), con una humedad ligeramente mayor de 10% aproximadamente.
- 2.- Procederemos a llenar el molde de prueba previamente engrasado para evitar que se adhiriera el material en las paredes. El material deberá de ser colocado en tres capas y en cada una de estas dar unos ligeros golpes tomando el molde de los extremos, con la finalidad de que el material se acomode.

3.- Se debe dejar secar el molde con el material a una temperatura ambiente hasta que su color cambie de oscuro a claro y se coloca en el horno a una temperatura de ciento diez grados centígrados.

4.- Se saca del horno y con el vernier tomamos la longitud de la barra de material seco y la longitud interior del molde, procediendo a anotarlo en la hoja de registro.

Cálculo.

$$CL = \frac{L1 - L2}{L1} (100)$$

Donde:

CL : Es la contracción lineal , en por ciento.

L1 : Longitud interior del molde, en centímetros.

L2 : Longitud de la barra del material seco, en centímetros.

* Causas mas frecuentes de error al efectuar esta prueba.

- 1.- Engrasado deficiente del interior del molde, lo que ocasiona que el espécimen se rompa al contraerse.
- 2.- No dar el número necesario de golpes a la barra para eliminar el aire contenido en el material.
- 3.- Exponer el espécimen al sol o introducirlo en el horno inmediatamente después de elaborado, originando con ello que se agriete o se deforme, principalmente cuando se trata de materiales muy plásticos.
- 4.- Medir incorrectamente la longitud final de la barra, sobre todo cuando se rompa o arquee excesivamente.

Valor relativo de soporte

El objetivo de esta prueba es determinar la calidad de los suelos en cuanto a su valor de soporte, midiendo la resistencia a la penetración del suelo compactado y sujeto a un determinado período de saturación.

Equipo :

- 1.- El equipo utilizado en esta prueba es el mismo que se utiliza en la prueba Porter.
- 2.- Tanque de saturación con altura mínima de 30 cm.
- 3.- Hojas de papel filtro con diámetro de 154 mm.
- 4.- Máquina de compresión con capacidad mínima de (30 ton) provista de (1) pistón de penetración, de acero, con diámetro de (49.5 mm) y sección de (19.35 cm²).
- 5.- 2 placas circulares de carga con diámetro de (154 mm), teniendo un orificio central de (5.4 cm) de diámetro y un peso de (3 kg) cada una.
- 6.- Tripie.

Procedimiento :

- 1.- Después que se realizó la prueba Porter el espécimen se satura colocándole en la parte superior papel filtro, una placa perforada, dos placas de carga y un tripie con un extensómetro para medir la expansión, se registra la lectura inicial y final.
- 2.- La diferencia de la lectura final y la inicial se divide entre la altura del espécimen antes de saturarlo, expresando en % el valor de la expansión.
- 3.- Se toman medidas cada 24 hrs. y estas se pararán hasta que dos sean sucesivas, por lo general se llevan de 3 a 5 días
- 4.- Se saca del agua el molde que contiene el espécimen y las placas en posición horizontal y se deja así durante 3 min., a la sombra, con la finalidad de que escurra el agua. Inmediatamente después se retiran las placas y el papel filtro, y se vuelven a colocar únicamente las placas de carga.

5.- Se instala el molde en la prensa y se procede a penetrarlo; se aplica una carga inicial de 10 Kg., e inmediatamente, sin retirar la carga, se ajusta el extensómetro.



Foto 13 .- Espécimen cargado para conocer su penetración.

6.- Se aplica carga para que el pistón penetre en el espécimen con una velocidad uniforme de 1.27mm/minase anotan las cargas aplicadas por la prensa, las cuales se determinan mediante la deformación de un anillo calibrado.

Si sustituimos la lectura del anillo en la constante de la máquina nos da una carga, al dividir esta carga entre 1360 y multiplicarlo por 100 obtenemos el VRS.

En la tabla de valores que se presenta a continuación, se presentan los resultados de los estratos detectados.

TABLA DE RESULTADOS DEL ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS

DEL CAMINO EL CUERVO

LOCALIZADO EN EL MUNICIPIO DE SANTA ANA MAYA, MICHOACAN.

		POZO No. 1 CADENAMIENTO 0+300 LADO DERECHO.					
ESTRATO	GRANULOMETRIA				LIMITES DE CONSISTENCIA		
	No. 1	GRAVAS =	% ARENAS=	% FINOS =	%	L.L.=	% L.P.=
No. 2	GRAVAS =	0.0 %	ARENAS=	8.5 %	FINOS =	91.5 %	L.L.= 72.1 % L.P.= 29.4 % I.P.= 42.7 %
		VALOR RELATIVO DE SOPORTE				CLASIFICACION SUCS	
No. 1	P.V.S.M.	HUM. OPT.	% V.R.S.	% EXP.	%		
No. 2	P.V.S.M.	1360	HUM. OPT.	24.5 %	V.R.S.	4.2 %	EXP. 4.5 % CH

		POZO No. 2 CADENAMIENTO 0+900 LADO IZQUIERDO.					
ESTRATO	GRANULOMETRIA				LIMITES DE CONSISTENCIA		
	No. 1	GRAVAS =	35.0 %	ARENAS=	50.0 %	FINOS =	15.0 %
No. 2	GRAVAS =	1.2 %	ARENAS=	12.7 %	FINOS =	87.3 %	L.L.= 72.1 % L.P.= 31.2 % I.P.= 40.9 %
		VALOR RELATIVO DE SOPORTE				CLASIFICACION SUCS	
No. 1	P.V.S.M.	1560	HUM. OPT.	13.8 %	V.R.S.	45.0 %	EXP. 2.1 % SC
No. 2	P.V.S.M.	1340	HUM. OPT.	25.0 %	V.R.S.	4.3 %	EXP. 4.0 % CH

		POZO No. 3 CADENAMIENTO 1+500 LADO IZQUIERDO.					
ESTRATO	GRANULOMETRIA				LIMITES DE CONSISTENCIA		
	No. 1	GRAVAS =	% ARENAS=	% FINOS =	%	L.L.=	% L.P.=
No. 2	GRAVAS =	1.5 %	ARENAS=	13.6 %	FINOS =	84.9 %	L.L.= 68.3 % L.P.= 27.4 % I.P.= 40.9 %
		VALOR RELATIVO DE SOPORTE				CLASIFICACION SUCS	
No. 1	P.V.S.M.	HUM. OPT.	% V.R.S.	% EXP.	%		
No. 2	P.V.S.M.	1335	HUM. OPT.	23.8 %	V.R.S.	4.6 %	EXP. 3.9 % CH

		POZO No. 4 CADENAMIENTO 2+200 LADO DERECHO					
ESTRATO	GRANULOMETRIA				LIMITES DE CONSISTENCIA		
	No. 1	GRAVAS =	28.2 %	ARENAS=	49.7 %	FINOS =	22.1 %
No. 2	GRAVAS =	0.0 %	ARENAS=	12.9 %	FINOS =	87.1 %	L.L.= 71.9 % L.P.= 28.7 % I.P.= 43.2 %
		VALOR RELATIVO DE SOPORTE				CLASIFICACION SUCS	
No. 1	P.V.S.M.	1520	HUM. OPT.	16.7 %	V.R.S.	35.6 %	EXP. 2.3 % SC
No. 2	P.V.S.M.	1365	HUM. OPT.	24.5 %	V.R.S.	4.0 %	EXP. 3.9 % CH

IV. DISEÑO DEL PAVIMENTO

Para el diseño de pavimentos flexibles se deben de tomar en cuenta las características, propiedades, naturaleza y comportamiento de los materiales terrosos que van a formar parte del pavimento. Otro factor a tomar en cuenta es “el efecto del ambiente”, el cual se refiere no solo a las condiciones del clima; también las topográficas por donde va a atravesar el camino, ya que no es lo mismo que el camino atravesase un valle o siga la línea de parte aguas.

En la actualidad casi todos los criterios de diseño de pavimentos se basan en métodos empíricos, para los cuales se realizan pruebas de laboratorio, la cual no es más que una caricatura burda de la realidad poco representativa.

Actualmente la prueba básica para el diseño de pavimentos es la del vrs, de la cual se obtienen soluciones poco representativas de la realidad. Esta prueba se maneja como índice de experiencia personal.

Otra deficiencia de los criterios de diseño de los pavimentos es considerar las cargas del tránsito estáticas y no móviles como en realidad sucede.

Este método solo considera dos variables para el diseño, las cuales son:

- a).- la intensidad del tránsito.
- b).- resistencia a la penetración del material que sirve de base para la cimentación del pavimento, o sea de su valor relativo de soporte.

A).- DETERMINACIÓN DE LA INTENSIDAD DEL TRÁNSITO.

Para efectuar dicha determinación se auxilia al proyectista de aforos del tránsito y estudios de origen y destino efectuados en caminos, colonias o fraccionamientos con características similares al que se va a construir. Estos estudios se pueden obtener de la secretaría por medio de la comisión de ingeniería de tránsito. Para el conteo de vehículos, se utilizan contadores manuales o electrónicos, clasificándolos en vehículos:

- LIGEROS (A),
- AUTOBUSES (B)
- VEHÍCULOS PESADOS (C).
- VEHICULOS ARTICULADOS O ESPECIALES (T)

B).- DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA O VRS DEL MATERIAL QUE FORMA PARTE DE LA SUBRASANTE O TERRACERÍAS.

La prueba de vrs deberá de efectuarse siempre en condiciones de humedad cercanas a las mas desfavorables que se considere pueda alcanzar el material para una compactación de proyecto existente.

C).- DETERMINACIÓN DE LOS ESPESORES.

Para determinar los espesores de un pavimento flexible se utiliza la grafica que señala el método del Instituto de Ingeniería de la UNAM, la cual se utiliza de la manera siguiente:

La secuela de calculo es la siguiente:

a).- se determina el vrs del material de cada capa que va a utilizarse en la construcción del pavimento.

b).- se estima el t_{dpa}, con el cual se determina el tránsito equivalente (ΣI). En ejes sencillos de 8.2 ton.

En este método no se toma en cuenta el efecto de los automóviles (a).

- 1) Se suman todos los productos, obteniéndose así la carga equivalente total (Σce), para un año.
- 2) Se determina el índice de tránsito (it), con la expresión:

$$IT = 6.7 \left(\frac{CE}{10} \right)^{0.119} \dots\dots\dots(1).$$

Donde CE es la carga equivalente, de terminada por la expresión:

$$CE = \sum CE_i \cdot F_{p_i} \dots\dots\dots(2)$$

Donde: p = Periodo de diseño, que para este método es de 10 años.

Fp = Factor de proyección. Expresión que se determina con:

$$F_p = \frac{1 + \frac{(TDPA)_f}{(TDPA)_i}}{2} \dots\dots\dots(3)$$

Donde: TDPA = Tránsito Diario Promedio Anual, es decir el tránsito que pasa en el día medio del año.

f, i = se refiere al instante final e inicial del periodo de diseño de 10 años.

De la formula del interés compuesto:

$$(TDPA)_f = (TDPA)_i \left(1 + \frac{tc\%}{100} \right)^p$$

Por lo que:

$$\frac{(TDPA)_f}{(TDPA)_i} = \left(1 + \frac{tc\%}{100} \right)^p \dots\dots\dots(4)$$

Donde: tc = Tasa de crecimiento anual.

Este cálculo se realiza en función de la tasa de crecimiento anual, vida de proyecto del pavimento, composición del tránsito, variación del coeficiente de daño con la profundidad y nivel de confianza asignado al pavimento. El tránsito equivalente represente el número medio de ejes por cada vehículo que circula por la carretera al cabo de cierto número de años.

C).- DETERMINACIÓN DE LOS ESPESORES DEL PAVIMENTO.

Para determinar los espesores del pavimento se utilizan las gráficas de las figuras siguientes, según el nivel de confianza que se halla elegido.

Valores de los niveles de confiabilidad

* NIVELES DE CONFIABILIDAD	
CLASIFICACIÓN FUNCIONAL:	NIVEL RECOMENDADO POR AASHTO PARA CARRETERAS
Carretera Interestatal o Autopista.	80 - 99.9
Red Principal o Federal.	75 - 95
Red Secundaria o Estatal.	75 - 95
Red Rural o Local.	50 - 80

Desviaciones estándar para varios niveles de confiabilidad

Reliability (%)	Standard normal deviate (Z_R)	Reliability (%)	Standard normal deviate (Z_R)
50	0.000	93	-1.476
60	-0.253	94	-1.555
70	-0.524	95	-1.645
75	-0.674	96	-1.751
80	-0.841	97	-1.881
85	-1.037	98	-2.054
90	-1.282	99	-2.327
91	-1.340	99.9	-3.090
92	-1.405	99.99	-3.750

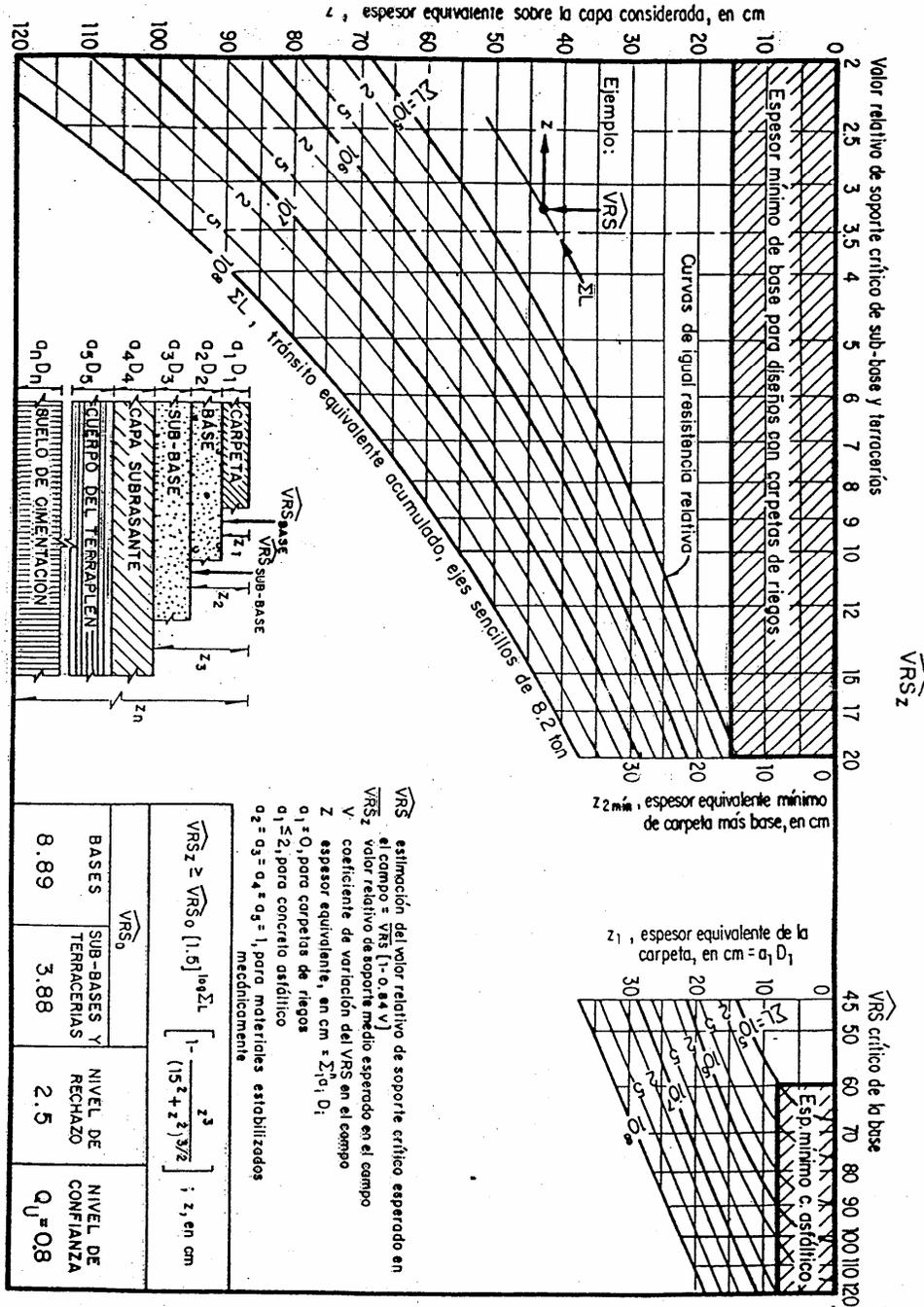


Fig A6. Gráfica para diseño estructural de carreteras con pavimento flexible.

Estas gráficas se utilizan de la manera siguiente:

se determina el espesor equivalente requerido de z_1 sobre la capa analizada, entrando a la gráfica con el vrs de dicha capa en el eje de las abscisas por donde se baja una vertical hasta interceptar la curva de tránsito equivalente correspondiente a la profundidad analizada y en el eje de las ordenadas se lee el espesor equivalente.

Para determinar el espesor real de las capas d_1 se utiliza la expresión:

$$Z_n = \sum_1^n a_1 D_1$$

Donde : Z = Espesor equivalente.

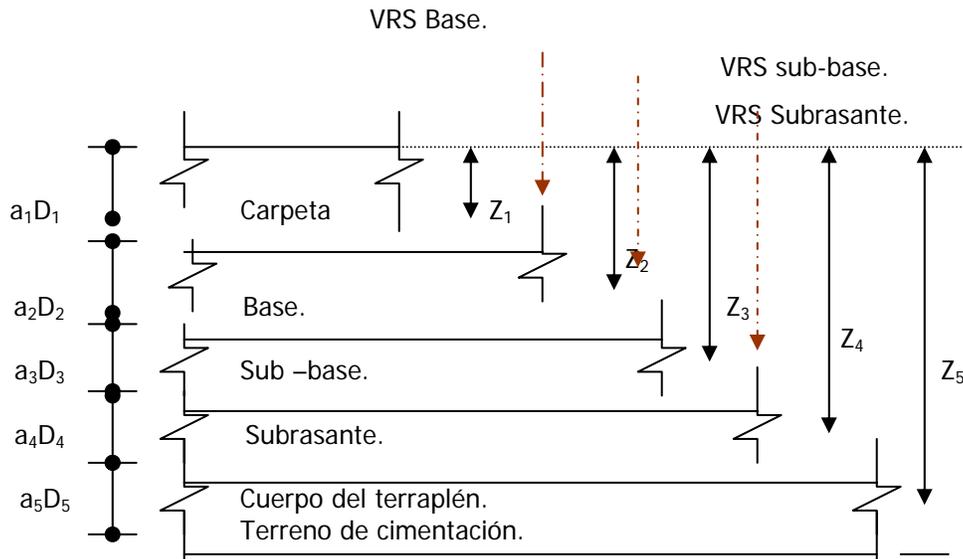
a_1 = Coeficiente de equivalencia estructural (toma en cuenta la capacidad de repetición de carga sobre el material).

$a_1 = 0$ para carpetas de riego.

$a_1 \geq 2$ para carpetas asfálticas (se toma $a_1 = 2$).

$a_2 = a_3 = a_4 = 1$ para materiales estabilizados mecánicamente.

D_1 = Espesor real.



EL ESPESOR DE LA CARPETA SERÁ: Z_1 MÍNIMO = 8 CM.

$$Z_1 = a_1D_1 \qquad D_1 = \frac{Z_1}{a_1}$$

EL ESPESOR DE LA BASE SERÁ:

$$Z_2 = a_1D_1 + a_2D_2 = Z_1 + a_2D_2$$

$$a_2D_2 = Z_2 - Z_1$$

$$D_2 = \frac{Z_2 - Z_1}{a_2}$$

En general.

$$D_i = \frac{Z_i - Z_{i-1}}{a_i}$$

A continuación se muestran las consideraciones y parámetros relativos al diseño:

1.-Los espesores determinados en el diseño de la estructura del pavimento, son los recomendados de acuerdo al calculo del transito y calidad de los materiales.

2.-El método utilizado para el diseño del pavimento es el del instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México, utilizando el sistema dispav-5

3.-Los espesores reales obtenidos en el cálculo por el método del Instituto de Ingeniería de la UNAM. Empleado en este caso con el **programa dispav-5**, y son los mostrados a continuación:

+	SUPERFICIE DE RODAMIENTO =	DOS RIEGOS DE
	CARPETA ASFÁLTICA	SELLO
+	BASE HIDRAULICA =	20.0 CMS.
+	SUB-BASE =	20.0 CMS.

Nota: los espesores anteriores son mínimos y en estado compacto.

A continuación se presentan los parámetros para el diseño del pavimento flexible:

- Los parámetros de diseño para determinar los espesores de la estructura del pavimento, son los que se describen a continuación:

INGENIERÍA DE TRANSITO

❖ Del manual de aforos vehiculares de la sct emisión 2004:

- Tdpa en ambos sentidos: 350 vehículos
- Tdpa en el carril de diseño= 350 vehículos
 - Tasa de crecimiento:
 - Zona 1 : 4.50%
- Periodo de diseño: 15 años
- Clasificación vehicular:

- Tipo “a”: 90%
- Tipo “b-2”: 5%
- Tipo “c-2”: 5%

Calidad de los materiales de proyecto para el diseño

- V.r.s. De terreno natural
- Zona 1: 4.50%
- V.r.s. De capa de base
- Zona 1: 100%
- V.r.s. De capa de sub-base
- Zona 1: 60%
- V.r.s. De capa de sub-rasante
- Zona 1: 50%

Nivel de confianza: 85.0%

Numero de millones de ejes equivalentes:

POR FATIGA: 0.20 ESAL'S

POR DEFORMACION: 0.20 ESAL'S

COEFICIENTES DE EQUIVALENCIA DE VEHICULO CARGADO:

TIPO DE VEHÍCULO	EJE	Z=5 CMS.	Z=15 CMS.	Z=30 CMS.	Z=60 CMS.	Z=90 CMS.	Z=120 CMS.
B2	1	1.12	0.62	0.37	0.29	0.28	0.27
	2	1.28	2.11	3.55	4.69	5.01	5.14
	SUMA	2.40	2.73	3.93	4.99	5.29	5.41
C2	1	1.12	0.62	0.37	0.29	0.28	0.27
	2	1.28	2.11	3.55	4.69	5.01	5.14
	SUMA	2.40	2.73	3.93	4.99	5.29	5.41

- Se considera un camino de normal de especificaciones, con deformación de la rodada del orden de 2.50 cms. Y agrietamiento de medio a fuerte al final de la vida de proyecto.

- Transito de proyecto en millones de ejes estandares, para una profundidad:

PROFUNDIDAD	MILLONES DE EJES STD.
Z = 5	0.20
Z = 15	0.20
Z = 30	0.20
Z = 60	0.20
Z = 90	0.20
Z = 120	0.20

EN LA TABLA SIGUIENTE SE MUESTRAN LOS VALORES Y RESULTADOS OBTENIDOS:

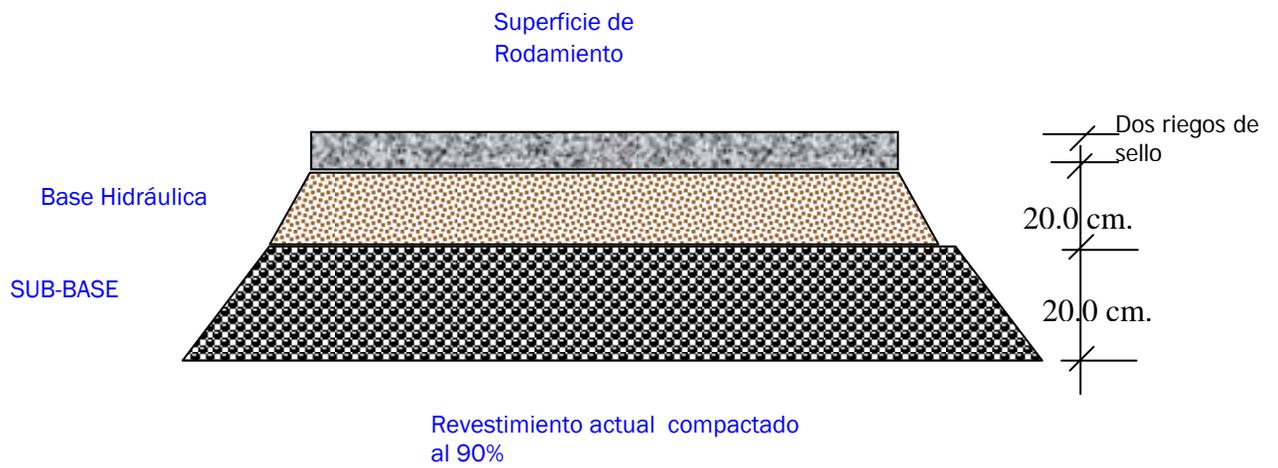
CAPA	Z profundidad (cm)	VRS z %	E Kg/cm ²	V	VIDA PREVISIBLE DEFORMACION	VIDA PREVISIBLE FATIGA
CARPETA	0.00		35000	0.35		0.20
BASE	20.00	100.00	3265	0.35	18.80	
SUB-BASE	20.00	60.00	2284	0.45	>150	
TERRENO NATURAL	SEMI-INFINITO	4.50	482	0.45	>150	

FINALMENTE SE PUEDE CONCLUIR QUE :

	VIDA PREVISIBLE	TRANSITO DE PROYECTO
DEFORMACION	18.80	0.20
FATIGA	5.20	0.20

Los espesores determinados se encuentran en condiciones aceptables de soportar los esfuerzos transmitidos por lo ejes de los vehículos por fatiga y deformación, es decir el diseño de la estructura del pavimento es adecuada ya que la tolerancia es de $\pm 10\%$, del transito de proyecto. Lo anterior se puede corroborar en la tabla antes vista.

FIGURA 1.
DISEÑO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE
OBRA: CAMINO EL CUERVO
UBICACIÓN: STA. ANA MAYA, MICH



V. ANALISIS DE RESULTADOS

1.- LA ESTRUCTURA DEL CAMINO ESTARA FORMADA POR LAS SIGUIENTES CAPAS:

- **CAPA DE SUB-BASE CON UN ESPESOR MINIMO DE 20.0 cms.**

Esta capa deberá de estar formada por una mezcla de la siguiente proporción:

- 70% material grava arena limpia
- 30% cementante (limo de baja plasticidad)

El grado de compactación que se requiere como mínimo es del 90% de p.v.s.m. (peso volumétrico seco máximo), con una humedad cercana a la optima

- **CAPA DE BASE CON UN ESPESOR MINIMO DE 20.0 cms.**

Esta capa deberá de estar formada por una mezcla en la siguiente proporción:

- 85% material grava arena limpia
- 15% cementante (limo de baja plasticidad)

- **SUPERFICIE DE RODAMIENTO A BASE DE DOS RIEGOS DE SELLO**

Esta capa deberá de estar formada por una mezcla en la siguiente proporción:

- Material pétreo tipo indicado en el apartado correspondiente al proceso constructivo.
- Emulsión asfáltica del tipo cationica de rompimiento medio (ecm-60)

Las proporciones se indican en el procedimiento constructivo que se describe mas adelante.

1. RECOMENDACIONES

Una vez que se obtuvieron los resultados de las pruebas de laboratorio se proponen las siguientes recomendaciones:

- El material que se tiene sobre la superficie como revestimiento presenta características aceptables para la formación de capa tipo subrasante.
- Por las condiciones superficiales que presenta el camino se recomienda escarificar y renivelar la superficie con material procedente de banco, el cual debe ser una grava arena con cementante y compactarlo hasta obtener el 90% de su peso volumétrico seco máximo.

El grado de compactación que se requiere como mínimo es del 95% de p.v.s.m. (peso volumétrico seco máximo), con una humedad cercana a la óptima, la cual deberá de cumplir con los siguientes parámetros:

Limite liquido 30% máximo, índice plástico = 4.5%, desperdicio 5% máximo, valor relativo de soporte 80% mínimo y equivalente de arena 55% mínimo,

2. Procedimiento constructivo

1. Para proteger la capa de base se recomienda aplicar un riego impregnación, con un producto asfáltico de rompimiento lento a razón de 1.7 lts/m², esto con el fin de evitar que la capa de base pierda humedad y se afecte el grado de compactación.

2. Sobre el riego de impregnación colocar la capa asfáltica a base de dos riegos de sello, en una proporción según el diseño y mostrado mas adelante, con material pétreo de densidad mínimo de 2.40 según especificaciones S.C.T. Vigentes.

3. Los espesores indicados en este informe son los mínimos indicados en estado compacto.

4.- Es muy importante construir donde el proyecto lo indique obras de drenaje tales como, cunetas, alcantarillas, vados, etc, para proteger las capas de la estructura del pavimento, para asegurar una mayor vida útil del camino.

- Se recomienda arropar los taludes con material de banco y/o de corte para protegerlos de los cambios volumétricos y de la erosión.
- Se recomienda que durante los trabajos se lleve un estricto control de calidad, para garantizar que los materiales empleados cumplan con lo indicado en este informe.

- **TRATAMIENTO SUPERFICIAL DE DOS RIEGOS.**

Hay un tipo de carpeta que se construye mediante dos o tres capas de material pétreo sucesivas, sujetas por medio de riegos de un ligante asfáltico hecho alternativamente.

Los materiales pétreos deberán de cumplir con las normas de calidad ya establecidas en el caso de los tratamientos de un solo riego. Los ligantes asfálticos pueden ser del mismo tipo que en el caso anterior, es decir, cemento o emulsión asfáltica.

Este camino tiene una longitud de tramo contiguo. En el punto que se inicia cada riego, se colocará una o más tiras de papel Manila u otros material que cumplan con la función de proteger el riego anterior, de manera que el nuevo se empiece desde la tira de protección y al retirar el papel la aplicación quede sin traslape.

Para la construcción de carpetas de dos o más riegos, en términos generales se procederá de acuerdo con las etapas siguientes:

- * Se barre la base impregnada
- * Sobre la base superficialmente seca, se dará un riego de ligante asfáltico de tipo y cantidad fijada por el proyecto.
- * Se cubre el riego de ligante con la capa de material pétreo no 2, en la cantidad prefijada.
- * Se rastrea para acomodar el material y se plancha.
- * Se hace el segundo riego de ligante sobre ésta capa de material pétreo, y sobre esto se hace el segundo riego de material pétreo tipo 3B siempre de acuerdo a las cantidades previstas.
- * Se rastrea y se plancha para acomodar el material pétreo.
- * Transcurrido un tiempo no menor de tres días durante el cual los tramos tratados deberán permanecer cerrados al tránsito de vehículos, se recolecta y remueve el material pétreo que no se haya adherido.

La compactación y la recomendación son las mismas que en los casos de tratamientos de un solo riego. Cualquiera que sea el tipo de compactador neumático o metálico, se recomienda que a la compactación se haga de las orillas hacia el centro y en las curvas del lado interior hacia el exterior.

Los materiales pétreos para carpetas asfálticas por el sistema de riegos (Tratamientos superficiales) y para riegos de sello, deberán satisfacer los siguientes

REQUISITOS:

- * La granulometría se determinara por los métodos establecidos.
- * La prueba de desgaste de los ángeles debe ser menor al 30%.
- * La prueba de intemperismo acelerado deberá tener un valor menor al 12%.
- * Las partículas en forma de laja o alargadas deben ser menor del 35%.

Los materiales pétreos que se empleen en la construcción de los riegos de sellos, serán clasificados con los nombres de 3A o 3E, según la tabla preestablecida. Por otro lado, los ligantes asfálticos que se empleen la construcción de riegos de sello serán de cemento asfáltico y emulsiones asfálticas de rompimiento rápido sin solventes.

La ejecución de las obras es como sigue:

* Antes de aplicar el riego de sello, la superficie por tratar deberá de ser barrida, quedando libre de materias extrañas y polvo además de estar seca.

* En todos los casos se deberán de considerar las condiciones reales de la carpeta por tratar, y las características del material pétreo que se empleara en el riego. Se deben de hacer las pruebas sobre la carpeta para determinar las cantidades tanto de ligantes como de material pétreo por utilizarse, y estas cantidades deben de estar comprendidas entre los parámetros de la tabla siguiente:

MATERIALES	AGREGADOS 3A	AGREGADOS 3E
LIGANTE ASFÁLTICO LT/M2	0.90	1.0
AGREGADO PÉTREO LT/M2	10	11

EMULSIÓN ASFÁLTICA DE ROMPIMIENTO RÁPIDO RR-2K

- **ESPECIFICACIONES**

Genérico	RR-2K
Viscosidad SayBolt-Furol 25Segundos	20-100
Residuo por destilación en % mínimo	60%
Asentamiento en 5 días, diferencia en % máximo	5%
Carga particula	Positiva
PH máximo	4.0

- **PRUEBAS AL RESIDUO DE LA DESTILACIÓN**

Penetración a 25 °C	100° - 250°
---------------------	-------------

- **APLICACIONES**

1. Riego de sello o gravilla

En el mantenimiento de las vialidades y carreteras, los tratamientos a base de sello han tenido gran aceptación, y en el uso de los tratamientos de riego de sello o gravilla, las emulsiones asfálticas han desplazado a los rebajados asfálticos por su económica y fácil aplicación (en frío), ya que no necesita gastos adicionales por concepto de calentamiento y manejo, salvaguardando los ecosistemas de la acción dañina provocada por los solventes utilizados en los asfaltos rebajados

2. Riego de liga

En el proceso mediante el cual se repara o se renueva una carpeta asfáltica, es muy importante unir la carpeta vieja o dañada con el nuevo material; así que como ligante en este caso se utiliza la emulsión catiónica de rompimiento rápido para taponear la carpeta dañada y dejarle un mejor perfil para que el nuevo material pueda unirse con mayor adhesión a la carpeta vieja

El grado de compactación que se requiere como mínimo para cada capa es:

- **Para la capa de sub-base del 95%,**
- **Para la capa de base granular del 100%**
- **Para la carpeta asfáltica del 100%**

Todos los grados de compactación son mínimos del p.v.s.m. (peso volumétrico seco máximo), con una humedad cercana a la óptima.

La calidad de los materiales deberá de cumplir con los siguientes parámetros de calidad siguientes para cada capa estructural del pavimento.

○ **CAPA DE SUB-BASE:**

Característica	Zona en que se clasifica el material de acuerdo a su granulometría.		
	1	2	3
Contracción lineal	6.0 max.	4.5 max.	3.0 mín.
Valor cementante para materiales angulosos en kg/cm ²	3.5 mín.	3.0 mín.	2.5 mín.
Valor cementante para materiales redondos en kg/cm ²	5.5 mín.	4.5 mín.	3.5 mín.
VRS Estándar saturado		50 mín.	
Equivalente de arena.		20 mín.	

Característica	Zonas en que se clasifica el material de acuerdo a su granulometría.		
	1	2	3
L.L. %	30 Máx.	30 Máx.	30 Máx.
C.L. %	4.5 Máx.	3.5 Máx.	2.0 Máx.
V.C. para materiales angulosos k/cm ²	3.5 Mín.	3.0 Mín.	2.5 Mín.
VRS% Mín.	80 – 100		
Equivalente de arena Mín. %	30 – 50		
Índice de durabilidad ID % Mín.	30 – 40		
Compactación % Mín	95		

El material deberá compactarse al 95% mínimo de su peso volumétrico seco máximo salvo que el proyecto fije un grado diferente de compactación.

- **CAPA DE BASE:**

Las capas de sub-base y base están principalmente relacionadas con los pavimentos flexibles de superficie asfáltica, adoquinada o empedrada. Constituyen un elemento estructural muy importante. La base es el corazón de los pavimentos flexibles.

En pavimentos flexibles, las capas de base y sub-base tienen la principal función de soportar las cargas del pavimento. La base debe de tener la suficiente resistencia para recibir la carga y transmitirla a un nivel de esfuerzo adecuado a la siguiente capa, que puede ser una sub-base o una subrasante, de tal manera que no les produzca deformaciones perjudiciales.

- **MATERIALES A UTILIZARSE EN LA BASE.**

Actualmente podemos considerar dos clases de bases:

A).- base granular: de grava triturada y mezcla natural de agregado y suelo.

B).- base estabilizada: suelos con cemento Pórtland, cal o asfalto.

En las bases granulares la estabilidad del material depende de la fricción interna y de su cohesión.

Una alta fricción interna se consigue con agregados bien graduados de forma irregular y con una pequeña cantidad de finos limos –arenosos.

Los requisitos de calidad para las bases granulares: en pavimentos flexibles.

De acuerdo a la intensidad o peso total de camiones se debe tener:

a).- CAMINOS:

INTENSIDAD DEL TRÁNSITO EN AMBOS SENTIDOS.	VRS %	E A %	I D %
Hasta 1000 vehículos pesados al día	80 Mín.	30 Mín.	35 Mín.
Mas de 1000 vehículos pesados al día	100 Mín.	50 Mín.	40 Mín.

El tipo de cemento asfáltico que deberá de aplicarse corresponde a un tipo AC-20, según lo señalado en la figura y la tabla siguiente:

NORMAS

N-CMT-4-05-001/00

TABLA 2.- Clasificación de los cementos asfálticos según su viscosidad dinámica a 60°C

Clasificación	Viscosidad a 60°C Pa·s (P ¹⁹)	Usos más comunes
AC-5	50 ± 10 (500 ± 100)	<ul style="list-style-type: none"> En la elaboración de carpetas de mezcla en caliente dentro de las regiones indicadas como Zona 1 en la Figura 1. En la elaboración de emulsiones asfálticas que se utilicen para riegos de impregnación, de liga y poreo con arena, así como en estabilizaciones.
AC-10	100 ± 20 (1 000 ± 200)	<ul style="list-style-type: none"> En la elaboración de carpetas de mezcla en caliente dentro de las regiones indicadas como Zona 2 en la Figura 1. En la elaboración de emulsiones asfálticas que se utilicen en carpetas y morteros de mezcla en frío, así como en carpetas por el sistema de riegos, dentro de las regiones indicadas como Zona 1 en la Figura 1.
AC-20	200 ± 40 (2 000 ± 400)	<ul style="list-style-type: none"> En la elaboración de carpetas de mezcla en caliente dentro de las regiones indicadas como Zona 3 en la Figura 1. En la elaboración de emulsiones asfálticas que se utilicen en carpetas y morteros de mezcla en frío, así como en carpetas por el sistema de riegos, dentro de las regiones indicadas como Zona 2 en la Figura 1.
AC-30	300 ± 60 (3 000 ± 600)	<ul style="list-style-type: none"> En la elaboración de carpetas de mezcla en caliente dentro de las regiones indicadas como Zona 4 en la Figura 1. En la elaboración de emulsiones asfálticas que se utilicen en carpetas y morteros de mezcla en frío, así como en carpetas por el sistema de riegos, dentro de las regiones indicadas como Zonas 3 y 4 en la Figura 1. En la elaboración de asfaltos rebajados en general, para utilizarse en carpetas de mezcla en frío, así como en riegos de impregnación.

[1] Poises

CMT. CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES

N-CMT-4-05-001/00

- Superestables, que principalmente se emplean en estabilizaciones de materiales y en trabajos de recuperación de pavimentos.

Según su contenido de cemento asfáltico en masa, su tipo y polaridad, las emulsiones asfálticas se clasifican como se indica en la Tabla 3 de esta Norma.



FIGURA 1.- Regiones geográficas para la utilización de asfaltos clasificados según su viscosidad dinámica a 60°C. (Ver Tabla 2)

VI. CONCLUSIONES

En la realización de cualquier obra civil, es necesario hacer un estudio geotécnico, ya que sabiendo las características de los materiales que vamos a utilizar, estaremos en condiciones de saber si son o no adecuados, y en dado caso poder utilizar un material diferente o mezclarlos con algún otro, para que así tenga las características adecuadas para nuestro proyecto.

Pudimos observar que los materiales empleados, aunque tienen alta porosidad, tienen buenas características en cuanto a su VRS y cumplen con las especificaciones.

El material cementante que se utilizó para la mezcla, en la capa de base, se clasificó como limo de alta plasticidad, por lo que al mezclarlo con el material del banco del MELON, nuestra capa de base es muy plástica.

Por lo anterior la base presenta un valor cementante muy alto, además de que su valor relativo de soporte es bajo y no cumple con lo que especifica el proyecto.

Es incuestionable que existen factores ajenos, que impiden lograr proyectos ejecutivos adecuados y oportunos, que muchas de las veces se convierten en obstáculos infranqueables para el proyectista, mencionaremos aquí dos de los principales y enunciaremos además los errores, omisiones y faltas que con más frecuencia se cometen en la elaboración de los proyectos y que dan como resultado una obra de características deficientes, estos los clasificamos como factores internos.

El desarrollo del Proyecto Carretero incide de manera favorable para promover la construcción del proyecto que nos ocupa, dentro del marco de desarrollo de vías de comunicación promovido por el Gobierno del Estado de Michoacán.

El Estado de Michoacán se ha convertido en los últimos años en un polo de desarrollo de las actividades del sector secundario por su cercanía con la capital del país. Como parte de las acciones que su gobierno ha desarrollado se tiene contemplado regular el desarrollo de la zona conurbada de la capital del estado, programando, entre otras medidas, el desarrollo de sus vialidades.

La integración del proyecto en las políticas de desarrollo estatal y nacional, debe ser congruente con los planteamientos señalados en el Plan Nacional de Desarrollo 2002-2007, que en materia de protección ambiental, establece lineamientos reguladores para las obras de desarrollo.

De acuerdo con el análisis presentado a lo largo del estudio, es posible observar que como parte de las características constructivas de los proyectos carreteros, inevitablemente se generan impactos ambientales permanentes e irreversibles a lo largo de su recorrido, como consecuencia de la modificación del relieve, el cambio de uso de suelo, la sustitución de vegetación y afectaciones a la fauna, entre otras. Cabe mencionar que los impactos ambientales que se mencionan en este estudio serán de una mínima importancia, debido a que los trabajos se realizarán sobre el cuerpo actual, consistiendo en, como se ha mencionado con anterioridad, en la pavimentación y ampliación de las obras complementarias, de la carretera motivo de este estudio.

Sin embargo, estas mismas afectaciones pueden ser disminuidas mediante la aplicación de medidas de mitigación que prevengan, controlen o compensen sus efectos en el ambiente, al tiempo que se favorece un desarrollo productivo que beneficie a la población, y se le brinden mejores alternativas de comunicación y transporte, gracias a que las actuales especificaciones de las vías de comunicación ofrecen mayor seguridad al tiempo que se disminuyen los tiempos de recorrido entre dos puntos.

Estas vialidades darán capacidad de tránsito en buenas condiciones a una población que está creciendo a una velocidad mayor que el de la tendencia general nacional por el alto ritmo de desarrollo local.

Debido a que la zona conserva áreas con vegetación en buen estado de conservación, los efectos en el ambiente como ya se ha dicho, serán mayores durante su construcción, efectos que tienden a minimizarse con la aplicación de las medidas de mitigación, las cuales, si son bien implementadas, mejorarán en algunos sitios la calidad actual del entorno.

Durante la etapa de operación, la carretera por si misma no generará afectaciones en el medio; las emisiones atmosféricas generadas por los vehículos en circulación no impactarán de manera significativa al medio ya que el patrón de vientos puede dispersarlo, lo mismo ocurre con los niveles de ruido y con las actividades de mantenimiento durante esta etapa, las cuales no se consideran significativas si se llevan a cabo conforme a un programa periódico.

Como ya se ha dicho, la obra es de beneficio social; se promoverán campañas de concientización a la población en general para que eviten realizar actividades que afecten negativamente el ambiente, y respeten las condiciones de tránsito especificadas para evitar accidentes, pero es poca la influencia directa de estas campañas en el mantenimiento de las condiciones ambientales.

En relación con el programa de monitoreo que se requiere, es importante señalar que en la estrategia de mitigación propuesta, contempla una supervisión de manera regular, la cual será realizada durante la construcción de la obra y hasta el período de lluvias inmediato a su conclusión. Contempla 2 revisiones anuales durante los tres años siguientes a su inicio. Las actividades de mantenimiento serán permanentes y su realización durante la operación de la carretera estará a cargo del concesionario.

En tal virtud, se debe comprender que no existirá un programa de monitoreo convencional (con muestreos regulares y mediciones precisas), ya que se considera que los impactos ambientales en esta etapa son mínimos.

En resumen, el proyecto contempla su construcción siguiendo las especificaciones técnicas de las Normas de Servicios Técnicos, Proyecto Geométrico de Carreteras de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, asimismo, se busca incrementar la seguridad de los usuarios, disminuir los tiempos de recorrido y en consecuencia los costos de operación del mismo, facilitando de esta manera el desplazamiento de personas y el transporte de productos

Su ejecución mejorará de manera significativa las condiciones actuales de tránsito de la zona, y dará una vía de comunicación con mejores

especificaciones de seguridad para el desplazamiento de personas y mercancías en la región.

La puesta en marcha de las medidas de mitigación, permitirá revertir los daños y minimizar los impactos ocasionados, evitar la erosión del suelo y favorecer la restitución de la vegetación integrando la carretera al paisaje.

REPORTE FOTOGRAFICO









BIBLIOGRAFIA

- * Juárez Badillo y Rico Rodríguez (1981) “ Mecánica de Suelos “ Fundamentos de la Mecánica de Suelos, Tomo 1. Tercera Edición, Editorial Limusa
- * Rico Rodríguez A; Del Castillo H. (1976) “ La ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres (Carreteras, Ferrocarriles y Aeropistas)”, Tomo 1. Primera Edición, Editorial Limusa
- * Rico Rodríguez A; Del Castillo H. (2002) “ La ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres (Carreteras, Ferrocarriles y Aeropistas)”, Tomo 2. Décimo quinta Edición, Editorial Limusa
- * Crespo Villalaz C. (1976) “ Mecánica de Suelos y Cimentaciones “ Cuarta Edición, Editorial Limusa