



Universidad Autónoma de Sinaloa
Escuela de Ingeniería de Mazatlán

Licenciatura en Ingeniería Civil

Edición 2023

Laboratorio de Pavimentos



Edición 2023

CONTENIDO.

Página.

1) Muestreo de materiales pétreos para capas de sub-base y base de pavimentos	1
2) Método de compactación proctor en suelos que pasan la malla #4.....	7
3) Método de compactación porter en suelos que pasan la malla de 1” 3a.Humedad optima 3b.Valor relativo de soporte 3c.Expansion del suelo	16
4) Determinación del grado de compactación del suelo en el lugar.....	24
5) Análisis granulométrico de materiales para sub-base y bases de pavimentos	29
6) Valor cementante de suelos que pasan la malla # 4	31
7) Determinación del equivalente de arena de suelos que pasan la malla #4..	35
8) Destilación de productos asfálticos de fraguados rápido, medio y lento.	43
9) Determinación del punto de encendido en o productos asfálticos.....	46
10) Determinación de la viscosidad en productos asfálticos.....	48
11)Determinación de la penetración en residuos asfálticos.....	51
12)Prueba de desgaste los angeles a materiales pétreos para sub-base, bases y carpetas asfálticas.....	55
13) Prueba de afinidad del material pétreo con el asfalto.....	59
14)Diseño de mezclas asfálticas por el método “Marshall” y obtención de pv, estabilidad, flujo vacíos y contenido optimo de asfalto.....	60

Introducción

Un pavimento se constituye de un conjunto de capas superpuestas relativamente horizontales, que llegan a diseñarse y construirse con materiales apropiados y adecuadamente compactados. Y que además requiere en su diseño de elementos como: el drenaje, la serviciabilidad, la calidad de servicio entre otros.

Es por eso muy importante la verificación de la calidad de los materiales con los cuales llegan a realizarse en obra.

El presente manual de prácticas de laboratorio de pavimentos es un primer intento de llevar a la práctica el desarrollo y procedimiento con que habrán de realizarse cada una de las pruebas de laboratorio, y que además sirva como guía al estudiante del noveno semestre de la carrera de ingeniería civil.

Creemos necesaria su revisión y actualización de esta guía en otro momento, ya que la práctica de nuevas tecnologías permitirá en mejor avance en la adquisición de nuevos conocimientos y habilidades por adquirir en los procesos y técnicas de ejecución de cada una de las pruebas por desarrollar.

Práctica No. 1

OBJETIVO:

El objetivo es conocer mediante las pruebas hechas en el laboratorio, con diferentes aparatos la consistencia y conformación de los materiales para bases, sub-bases y terracerías de pavimentos, tanto rígidos como flexibles.

MUESTREO TRANSPORTE Y TRATAMIENTO DE LOS MATERIALES.

Para llevar a cabo los ensayos de laboratorio necesario para el control de calidad de los materiales en la obra, es preciso obtener primeramente las muestras de materiales en estudio, transportarse al laboratorio y darle los tratamientos adecuados. Al proceso de obtención de las muestras en el lugar se le conoce como MUESTREO el cual puede realizarse mediante sondeos y canales abiertos dependiendo de la localización de los materiales, son lugares para muestrearse; áreas de estudio de posibles bancos (exploración), bancos ya localizados, plantas de producción o de tratamientos, almacenamientos de materiales ubicado en el lugar de construcción.

El número y tamaño de las muestras depende del volumen y homogeneidad del material y del estudio que se quiera llevar a cabo, si los materiales presentan poca variación en sus características, el número de muestreo será menor y el espaciamiento entre éstos será mayor. En los estudios preliminares el espaciamiento es mayor que en los definitivos. En todos los casos, además, en el caso de exploración de bancos de muestreo presenta doble finalidad, el mencionado anteriormente y determina el volumen, de material que en esa área se encuentra para definir la exploración definitiva posteriormente, se expone a continuación en forma concisa el procedimiento para obtener muestras de materiales en los diferentes casos ya mencionados anteriormente.

A. MUESTREO EN ZONAS PROBABLES DE EXPLORACIÓN DE BANCOS.

En este caso, el número de muestreo se realiza en dos fases: el PRELIMINAR y el DEFINITIVO. En la fase preliminar se obtiene los materiales para conocer rápidamente las características de las zonas probables de exploración; mientras que en el definitivo, es para la construcción de un determinado tramo. El muestreo definitivo se lleva a cabo si en el preliminar se obtienen resultados satisfactorios. En el primer caso se realizan dos sondeos o en todo caso dos canales sobre el talud si se trata de frente de ataque abiertos; para el caso de bancos de rocas se un sondeo cuando menos, para los estudios definitivos la distribución de los sondeos.

Como se puede observar, la red de sondeos es en forma de cuadrícula a una distancia de 50 metros, cuando las características del material es en forma heterogénea se puede incluir sondeos adicionales.

En bancos pequeños en estudio, la distancia entre sondeos se reducirá a criterios del proyectista. Si se pretende obtener muestras en frentes abiertos para estudios definitivos los canales para muestras serán a cada 50 metros o menos.

PROCEDIMIENTOS PARA LA OBTENCION DE LA MUESTRA.

1. Se elimina el suelo vegetal o material alterado y se excavan sondeos a cielo abierto; con dimensiones necesarias para obtener seguridad y efectuar las maniobras.

Para el caso de frente abierto, se elimina la parte superficial donde se va a realizar el canal.

2. Se excava el sondeo o canal hasta la profundidad necesaria, dado que cuando se trate de sondeos puede existir estratos de suelo de características diferentes.

El peso de la muestra será de 50 kg. mínimo.

En el suelo con apariencia homogénea se obtendrá una muestra integral.

En bancos heterogéneos se toman muestras de cada estrato, si es necesario se forman muestras que representen todos los estratos.

B. MUESTREO EN PLANTAS DE TRATAMIENTOS.

En estos casos la muestra se toma en la descarga de la banda transportadora o en elevador de cangilones interceptando toda la corriente de material a intervalos regulares, se recomienda tomar 10 kg. a cada 15 min. Y se forma una muestra de 50 kg. si la descarga se tomara en la muestra de la tolva, se toma en el vehículo de transporte un metro cúbico de material aproximadamente por cada 400 metros cúbicos de material producido, se descarga en un lugar apropiado y se obtiene por cuarteos sucesivos una muestra de 50 kg. aproximadamente si se requiere mayor información se toma una muestra por cada 100 metros cúbicos del material descargado.

C. MUESTREO EN ALMACENAMIENTO.

El muestreo se realiza en los taludes del almacenamiento y cuando se tengan superficies adecuadas se efectuaran sondeos. En los taludes, el muestreo se lleva a cabo mediante pala de mano a diferente altura, de tal manera que se abarque toda la altura del talud.

El muestreo se realiza a cada 10 metros de acuerdo al volumen, y dimensiones del almacenamiento; el material obtenido de cada zona se mezcla y se cuarteo para obtener muestras individuales con peso no menos a 50 kg. en la parte superior del depósito, las muestras se obtendrán del material extraído de excavaciones o sondeos hechos a la mayor profundidad posible y espaciados dependiendo del área superior del almacenamiento; si la cantidad obtenida de cada sondeo es mayor de 50 kg, debe reducirse a esta cantidad mediante cuarteo sucesivo.

D. MUESTREO EN EL LUGAR DE UTILIZACIÓN DEL MATERIAL.

Se presenta ahora los siguientes casos:

- a) Material formado montones.
- b) Material acamellonado.
- c) Material tendido o compactado.

En los dos primeros casos, se toma una muestra por cada 500 metros cúbicos de material sin que la distancia entre cada muestra no sea mayor de 250 metros. La muestra se toma de arriba hacia abajo abarcándola mayor altura de talud. En el caso del material tendido o compacto, se toma una muestra por cada 500 metros longitud máxima, haciendo por lo menos dos sondeos en sección transversal en una distancia entre 3 y 5 metros entre cada sondeo; estos sondeos deben tener una profundidad igual al espesor de la capa y con dimensiones tales que se logre la cantidad requerida. En estudios de reconstrucción de carreteras del espaciamiento de la muestra dependerá de las características reales de la obra y de las condiciones de las mismas.

Una vez obtenida la muestra por cualquiera de los procedimientos ya descritos, éstas se deben envasar perfectamente en bolsas adecuadas e identificarse u transportarse al laboratorio, si las muestras están húmedas, deberán secarse, de preferencia bajo los rayos solares o al aire, si se secan en el horno, su temperatura no deberá ser mayor de 60 grados C para no alterar sus características originales.

Dependiendo del material muestreado, si es necesario, deberá disgregarse para poder cribarse (caso del material cohesivo), en los materiales granulares, es necesario cuartearse para su análisis, el proceso de secado, disgregado y cuarteado, conforman la penetración de las muestras, que muchas veces es necesario para obtener resultados efectivos.

Algunos tratamientos a que se someten los materiales en el campo son: cribado, trituración y lavado; los que tendrán que reproducirse en el laboratorio en algunos casos por ejemplo: el cribado y el lavado.

En el proyecto de un camino, una vez terminados los trabajos de gabinete y de campo quedando trazada la línea definitiva del eje del camino, será necesario levantar el perfil de esta línea, sobre dicho perfil se proyecta lo que conocemos como RASANTE DEL CAMINO, esta servirá para compensar cortes con terraplenes en un tramo de camino determinado, auxiliados con la curva masa del tramo.

Como puede verse en la figura, el volumen de corte podrá contarse y acarrear para formar el volumen de terraplén. En los casos en los que los volúmenes de corte no son alcanzables para igualar con el volumen del terraplén; será necesario a los préstamos laterales o de bancos.

Se llama material de terracería, a los materiales que provienen de corte o en todo caso de préstamo y que sean utilizados para la construcción de terraplenes o rellenos los cuales se pueden emplear solos mezclados o estabilizados con otros materiales naturales o conformados de tal manera que reúnan características adecuadas para su uso. Por lo anterior, podemos entender que los materiales de las terracerías en cuanto a su tamaño, pueden ser desde fragmentos de roca con tamaño máximo que va desde 3 pulgadas a 2 metros, hasta los suelos de partículas finas (ver cuadro 2.1).

La carta de plasticidad se utiliza como auxilio de la clasificación de los suelos, esta ya es conocida.

En lo que respecta a los ensayos de laboratorio que deberán hacerse a los materiales para terracerías, cuando estos están contruidos por fragmentos, no se les hacen pruebas, solamente se vigila su correcto acomodo en el campo. Cuando estos están contruidos por suelos, solamente se les lleva a cabo pruebas para conocer sus características y definir su calidad: el peso volumétrico seco máximo y la humedad óptima; así como el chequeo del % de compactación de los materiales en el campo (cuando estos ya son trabajos en obra), el cual debe especificar el proyecto.

Las pruebas de laboratorio adecuadas para determinar el peso volumen seco máximo de cada caso depende de las características de los materiales y deberán apegarse a los procedimientos descritos en las normas de construcción de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

Se recomienda utilizar las pruebas A y C de las pruebas PROCTOR (AASTHO) ESTÁNDAR para el control de compactación en el campo, pero también sin destacar el uso de las variables B y D. Si algún proyecto específico lo indica, deberán usarse para los trabajos de control de una energía específica mas lata que la estándar u otras especiales.

Los materiales contruidos por fragmentos de roca grandes, medianos o chicos que aparecen en el cuadro 2.2 podrán compactarse con equipo especial, siempre y cuando después de tendido la obra, en una capa de espesor que permita el tamaño máximo del material, de regarle agua en 1001 litros por metro cúbico de material aproximadamente y aplicarle en cada lugar tres pasadas con tractor de 20 ton., cumpla con el requisito de tener como máximo el 20% en volumen, retenido en la malla de tres pulgadas, aceptándose que este retenido no contenga más de 0.5% en volumen de fragmentos mayores de 6 pulgadas, determinados con los métodos establecidos por las normas. Esta determinación se hará en los 20 cm. Superiores de la capa tratada, mediante sondeos a cielo abierto con volumen de 0.5 metros cúbicos aproximadamente y el valor resultante será el que resulte del promedio de tres pruebas verificadas en distintos lugares de la capa fijado por el representante.

La clasificación y las características así como el uso adecuado de los materiales empleados en la construcción de terracerías deberán verificarse haciendo las pruebas indicándose la tabla 2.3 establecidas en la parte IX de las normas de construcción de la Secretaría de Comunicaciones y Transporte.

Práctica No. 2

PRUEBAS DE COMPACTACIÓN "PROCTOR"

No es objeto de estas notas, en lo que respecta a este capítulo, es hacer referencia profunda sobre la compactación de los suelos, tanto en el campo como en el laboratorio, aunque si bien es cierto que existen diversos métodos de compactación de campo, dentro de los cuales están involucrados los compactadores tipo de rodillo liso, rodillo pata de cabra, neumáticos, etc; en el laboratorio además, es una variedad de métodos que nos llevan a resultados muy diversos, aún para un cierto tipo de material. Sin embargo, entendemos que la calidad de la compactación de campo debe controlarse; para lograrlo, será necesario correlacionar los pesos volumétricos secos alcanzados en el lugar de construcción con los pesos volumétricos compactados obtenidos en el laboratorio sobre un cierto tipo de material mediante un procedimiento de compactación determinado. Cada material, dependiendo de su naturaleza, deberá ser sometido a la compactación adecuada para obtener resultados idóneos, por ello en estas notas trataremos diferentes métodos, para un criterio de selección en un momento dado. Desde el punto de vista de experimentación si tomamos una muestra de suelo le incorporamos una cantidad de agua y luego tendemos a incrementarla, entonces se proporciona un proceso lubricante entre sus partículas, lo cual permite cierto acomodo de estas cuando se sujetan a un esfuerzo de compactación. Si se sigue aumentando la humedad, y se emplea el mismo esfuerzo de compactación, llegamos a obtener el mejor acomodo de las partículas de suelo y consecuentemente el mayor peso volumétrico, con una cierta humedad que se llama HUMEDAD OPTIMA. Si a partir de esta humedad se hacen incrementos de agua provocamos con ellos un aumento de volumen de los huecos ocasionándose una sustitución de partículas de suelo por agua, dado que el volumen de aire atrapado entre las partículas no puede ser disminuido con el mismo esfuerzo de compactación, obteniéndose por lo tanto, pesos volumétricos secos cada vez menos a medida que aumenta la humedad. Si en un sistema de ejes coordenados relacionamos la humedad con los pesos volumétricos secos correspondientes, en el cual en la abscisa ubicamos la humedad y en la ordenada el peso volumétrico, obtenemos con ello la llamada CURVA DE COMPACTACIÓN DE SUELO. Este comportamiento se obtiene en todos los suelos compactados bajo un esfuerzo de compactación seleccionado en función de sus características particulares.

Haciendo algunas recomendaciones, la humedad óptima ya referida, se deberá procurar la compactación en la obra, dado que facilita el acomodo de las partículas con el menor trabajo con el equipo de compactación. Si aumentamos o disminuimos para llegar a obtener el mismo peso, sería necesario aumentar el equipo.

3.- A).- PRUEBA DE COMPACTACIÓN PROCTOR.

3.-A.1.-Esta prueba, es un ensaye de compactación por impactos, tiene por objeto determinar el peso volumétrico seco máximo que puede alcanzar el material en estudio, así como la humedad óptima que deberá llevarse a cabo la compactación. Con el resultado anterior, podrá determinarse el porcentaje de compactación alcanzado por el material durante la construcción de la terracería o en terracerías existentes, relacionando el peso volumétrico obtenido en el lugar, con el peso volumétrico máximo proctor obtenido en el laboratorio el topo de compactación de la parte inferior hacia la superficie de la capa compactada.

El ensaye consta de cuatro alternativas o variantes de trabajo: Método A, B, C y D. Cada uno de los métodos se llevan a cabo diferentes características de prueba; el método A y B se utilizan para materiales que pasan la tamiz No. 4 en los moldes de 6 pulgadas de diámetro respectivamente; los métodos C y D se emplea para materiales que pesa n la malla de $\frac{3}{4}$ de pulgada y se realizan en moldes de 4 y 6 pulgadas de diámetro respectivamente. Cuando se trata de materiales que pasen la malla No. 4, por ningún motivo deberán ser materiales que carezcan de cementación, o sea, deben efectuarse en arenas de río, de mina, o arenas de producto de trituración, en general como ya se dijo en materiales no cementados.

3. A .2.- EQUIPO PARA LA PRUEBA

- ⊗ Un molde compactación construido por un cilindro metálico de 4 pulgadas de diámetro interior por 4.6 pulgadas de altura, se requiere además un molde con 6 pulgadas de diámetro para la variante B y D.
- ⊗ Un pisón metálico de 2.5 kg. de peso, con superficie circular de apasionado de 5.08 cm. de diámetro.
- ⊗ Una guía de lamina para el pisón, tubular de 35 cm. De largo aproximadamente.
- ⊗ Balanza de 20 kg. de capacidad aproximadamente.
- ⊗ Horno para secar las muestras.

OTRO EQUIPO COMO: capsula para humedad, charolas, enrasador, espátulas, etc.

3. A, 3.a.- VARIANTE A.

1. La muestra se deberá obtener por cuarteo en un peso de 2.5 a 3 kg. aproximadamente, del material secado al sol y disgregado de acuerdo a las **NORMAS DE CONSTRUCCIÓN**. Esta muestra está constituida por material que pasa la malla No. 4, o que tiene un retenido del 10% en esta, pasando todo por la tamiz de 3/8 de pulgada. De esta manera deberemos de obtener de cuatro a cinco muestras del mismo peso.
2. Tomase la primera muestra obtenida bajo el procedimiento anterior, incorpórese agua suficiente, de tal manera que al ser comprimido en la planta de la mano deje partículas adheridas a ella, ni la humedezca y que a la vez, el material comprimido pueda tomarse con dos dedos, sin que se desmenuce. Este es el punto de inicio de la prueba.
3. Divídase la muestra en tres partes aproximadamente iguales (cada parte será una capa a compactar), tome la primera parte: coloque en el molde previamente aceitado y aplique 25 golpes con el pisón de 2.5 kg. de peso y con una altura de 30 cm, utilizando una guía tabular para mantener constante los 30 cm. De caída o lo que es lo mismo mantener constante la energía de compactación. Los golpes deben repetirse uniformemente para lograr una compactación homogénea en todo su espesor. Repita el mismo procedimiento con las dos partes restantes homogénea en todo su espesor. Repita el mismo procedimiento con las dos partes restantes de la muestra hasta formar un espécimen compactado con tres capas, de tal manera que esta tenga un sobrante del molde de un centímetro máximo. A continuación, retire el material excedente utilizando un enrasador y pese el espécimen con el molde una vez retirado de su fondo con la extensión removible. A continuación, extraiga la muestra compactada del molde y del centro del espécimen toma una pequeña muestra para determinar la humedad.
4. La muestra removida del molde, es necesario desmenuzarla hasta que esté en condiciones de poder pasar por la malla No. 4; se agrega agua en 2% respecto al peso original de la muestra y se repite el procedimiento descrito.

Este aspecto en ciertos casos no es funcional, por ejemplo: cuando se trata de materiales en que la re-compactación altera la granulometría o en materiales muy plásticos en que es muy difícil incorporar agua, se recomienda evitar el recurso del material (esto es, no trabajar el segundo punto de análisis con la primera muestra ya compactada) y se prepara una nueva muestra para cada ensaye de compactación y con sus respectivos contenidos de agua, al igual que el ya mencionado con anterioridad variando en 60 cm. cúbicos para la muestra de 3 kg.

3.-A. 4.- CÁLCULOS.

Los cálculos que deberán efectuarse para la realización de esta prueba son los siguientes:

1. con los peso en kilogramos, para cada uno de los especímenes bajo diferentes condiciones de humedad, se calcula el peso volumétrico con la siguiente expresión.

$$Y h = \frac{P i - P t}{V c}$$

Donde:

Y h: Peso volumétrico húmedo en kilogramos sobre metro cúbico.

P i: Peso del material compactado más el peso del molde en kilogramos.

P t: Peso del molde en kilogramos.

V: Volumen del molde, que es igual al volumen compactado, en litros.

2. Con los pesos volumétricos húmedos de cada espécimen bajo humedad distinta, estamos en condiciones de poder calcular el peso volumétrico seco, aplicando la siguiente expresión:

$$Y s = \frac{Y h}{100 + w}$$

Donde:

Y s: Peso volumétrico seco, en kilogramos por metro cúbico.

w: Humedad del espécimen, en %.

3. Los pesos volumétricos secos y sus respectivas humedades, se usan para trazar la curva, peso volumétrico seco-humedad, marcando el eje de las ordenadas el peso el peso volumétrico de cada espécimen, y en eje de las abscisas a escala aritmética la humedad.

De esta manera, obtendremos la llamada CURVA DE COMPACTACIÓN bajo este procedimiento. (Ver la figura 3.1). El punto máximo de la curva resultante representa el peso volumétrico y la humedad correspondiente a este peso volumétrico máximo es la llamada humedad óptima. Los cálculos para este procedimiento se muestran bajo un ejemplo cualesquiera en este mismo capítulo. Es conveniente que en la misma grafica de la figura 3.1 se trace la curva de saturación teórica.

La curva de saturación teóricamente llamada curva de cero vacios, no representa la humedad, para cualquier peso volumétrico, necesitaría para que todos los vacios que existen entre las partículas solidas estuvieran llenos de agua. El peso volumétrico seco que corresponde a la curva de saturación teórica para la humedad dada se calcula con la fórmula:

$$Y_c = \frac{100 D}{100 + WD} \times 100$$

Donde:

Y_c: Peso volumétrico seco de la curva de saturación teórica.

D: Densidad relativa del material que pasa la malla No. 4.

W: Humedad correspondiente a Y_c, %.

Si se desea conocer el porcentaje de huecos llenos de aire en función de la curva de saturación teórica, para un peso volumétrico de cualquiera, Y_s y una humedad dada "w", aplicamos la siguiente expresión.

$$V_a = 100 [1 - (Y_s / Y_c)]$$

Donde:

V a: Volumen de huecos llenos de aire, en porcentajes.

Y s: Peso volumétrico seco del suelo compactado, correspondiente a la humedad
"w", en kg/m.

Y c: Peso volumétrico seco sobre la curva de saturación correspondiente a la
humedad "w" kg/m.

Bien, mediante el peso volumétrico máximo obtenido con la curva de compactación para un suelo compactado utilizando en terracerías, así como la curva teórica de saturación para ese mismo suelo, podemos decir ahora que sus aplicaciones prácticas son: con el peso volumétrico seco máximo estamos en condiciones de poder obtener el grado de compactación alcanzando en la terracería construida con el mismo tipo de material analizado en el laboratorio. El procedimiento para obtener este dato se verá posteriormente. Por lo que respecta la curva de saturación teórica y la de compactación PROCTOR, nunca deben tocarse dado que en la práctica es imposible llenar totalmente con agua los huecos que dejan las partículas de suelo compactado.

Otra aplicación de la curva teórica de saturación es la siguiente: una vez construida la terracería si deseamos determinar se es susceptible de adquirir mayor humedad o mayor peso volumétrico, una vez determinado estos datos se calcula el porcentaje de huecos de aire con la fórmula ya descrita. Si este porcentaje de huecos llenos de aire es mayor de 6.5%, el suelo se encuentra en condiciones para adquirir un peso volumétrico mayor con humedad que contiene, o bien, sin variar el peso volumétrico seco, incrementar la humedad.

Para todo suelo, su peso volumétrico máximo PROCTOR, es mayor de 1,300 kg/m³, el porcentaje de huecos llenos de aire cuando alcanza el 100% de compactación con la humedad óptima, es de 6.5% en promedio, tomando como base la curva de saturación teórica para una densidad de 2.65.

3.A. 3b.-VARIANTE B

Dado que este método es aplicado a materiales que pasan la malla No. 4, al igual que el método A la muestra deberá obtenerse justamente siguiendo el mismo procedimiento que en la variante A, solo que ahora la muestra deberá tener un peso de 7 kg, aproximadamente puesto que trabajaremos en un molde de 6 pulgadas, (15.24 cm) de diámetro. El procedimiento de ensaye ya se describió en el inciso 3. A. 3 a., a excepto que ahora a cada capa (serán tres capas) se le aplicaran 56 golpes con el pisón de 2.5 kg, y con una altura de caída de 30.5 cm. los impactos deberán ser bien distribuidos para lograr un peso volumétrico homogéneo en todo el espesor de la capa. La cantidad de material por capa lograr será mayor ahora puesto que el molde es de mayor dimensión, pero se recomienda un espeso total compactado de 12 a 13 cm, aproximadamente. El cálculo y grafica es también semejante al método A; pero dado que la energía de compactación es mayor ahora, entonces, para un mismo suelo obtendremos pesos volumétricos máximos y humedades distintas utilizando los dos métodos de compactación. Se entiende que el mayor peso volumétrico seco compactado máximo será mayor que la energía de compactación y por lo tanto su humedad óptima será menor.

En la figura 3.3 puede verse gráficamente lo antes descrito. Como puede observarse, a mayor es la energía de compactación para un mismo suelo, mayor será el peso volumétrico encontrado y su humedad óptima será menor que la obtenida para la energía de compactación para un mismo suelo, mayor será el peso volumétrico encontrado y su humedad óptima será menos que la obtenida para la energía de compactación menor. La aplicación de la variante B a la práctica de campo es semejante que la del método A mencionado en el inciso 3.A. 3.a de estas notas; solo que en esta ocasión, por compactarse las muestras en un recipiente o molde de mayor dimensión, es factible, si así se desea o se requiere poder determinar el VALOR RELATIVO DE SOPORTE ESTÁNDAR a un suelo, parámetro que posteriormente se verá más detalladamente en el cuerpo de este manual.

3.A.3.c.-VARIANTE C.

Como ya se dijo en el capítulo anterior, una terracería, puede estar constituida con materiales de características muy variadas, que van desde finos hasta materiales granulares, inclusive materiales rocosos,

según NORMAS DE CONSTRUCCIÓN de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Pero un material, ya dicho también será factible de controlarse en cuanto a compactación se refiere, si su tamaño máximo sea de 2 pulgadas, por ejemplo, esto es el caso de la capa subrasante como parte de la terracería sin dejar de lado que la parte de la terracería ubicada en la parte inferior de la capa subrasante también pueda controlarse su compactación, cuando un material cambia de características, obviamente emplearemos un método de compactación diferente respecto a otro, como es el caso de la PROCTOR MODIFICADA de la que más adelante hablaremos, sin embargo, para el caso de la variante C, que se aplica a materiales con tamaño máximo de $\frac{3}{4}$ de pulgada, el procedimiento de compactación es semejante al método A. como puede observarse la única diferencia es el tamaño del material; esta es la gran desventaja del método C. El objetivo es semejante a la variable A.

Para el método C se requiere 5 kg aproximadamente por muestra. El procedimiento es semejante a los métodos anteriores, se obtendrán tantas muestras como ensayos se requieren para hacer (ya se dijo que se recomienda de 4 a 5 muestras por prueba); se toma la primera muestra, se le incorpora agua con la cual debemos de obtener una humedad cercana a la óptima (tomando en cuenta la referencia descrita en el método A), y se compactan en tres capas aproximadamente iguales en el molde de 4 pulgadas, siguiendo el proceso descrito en la variante A. se obtendrán el peso volumétrico húmedo y humedad para cada caso, para obtener posteriormente con la expresión ya conocida el peso volumétrico seco en kilogramos sobre metro cúbico. Estamos en condiciones de graficar los resultados en el sistema de ejes coordenados para obtener la curva peso volumétrico seco-humedad deduciendo así el peso volumétrico seco máximo con su humedad óptima correspondiente.

3.A.3d.-VARIANTE D.

El método D consiste en lo mismo del caso anterior, la muestra será ahora de 9 a 19 kg aproximadamente. El procedimiento de prueba es lo mismo que la variante C utilizándose el molde de 6 pulgadas de diámetro, con tres capas y aplicándose 56 golpes por cada capa con el pisón de 2.5 kg de peso.

3. B.-PRUEBA DE PROCTOR (AASSTHO) MODIFICADA.

3. B.1.

La prueba es similar a la prueba PROCTOR (ASSTHO) ESTÁNDAR en todos sus aspectos, con la modalidad de que el procedimiento de compactación de la modificada aplica al suelo una energía mayor que la estándar. La prueba es también por impactos. Se trata de representar en el laboratorio las condiciones de compactación de campo, al menos un poco más realista. La prueba consta de de 4 variantes. Las variantes A, B, C y D.

Práctica No. 3

PRUEBA PORTER DE COMPACTACIÓN (CALIFORNIA).

OBJETIVO:

Esta prueba nos proporciona los datos suficientes para determinar la calidad de los materiales que se utilizan en la construcción de terracería, así como de las sub-bases y bases y poder obtener además la densidad máxima obtenida en el laboratorio.

EQUIPO:

1. Máquina de compresión.
2. Molde cilíndrico de 15.75 cm de diámetro interior y 20.32 cm de altura, provisto de base para sujetar el cilindro.
3. Varilla metálica de 1.9cm de diámetro (3/4) con punta de bala.
4. Placa metálica circular.
5. Placa circular con diámetro menor que el del molde.
6. Dos placas circulantes de diámetro de 15.5 cm teniendo un orificio central de 5.2 cm de diámetro.
7. Calibrado con vernier.
8. Tanque de sumersión de 30 cm de altura.
9. Extensómetro de carátula graduada.
10. Malla No. 4.
11. Malla No. 1.
12. Balanza.
13. Horno.
14. Charolas de lámina galvanizada.

PREPARACIÓN:

La muestra para efectuar esa prueba deberá de haber sido secada, disgregada y cuarteada, las porciones para la prueba serán de por lo menos 4 kg.

PROCEDIMIENTO:

1. Se toma una de las porciones representativas de la muestra y se le adiciona agua suficiente, para que una vez repartido y homogeneizado el material presenta una consistencia tal que al comprimirse esta con la pala de lama pueda formar grumos y sin humedecerse.
2. Se coloca en tres capas dentro del molde con su propio collarín el material humedecido, dándole 25 golpes a cada capa aplicados con la varilla punta de bala.
3. Al terminar la colocación del material en el cilindro se toma y se coloca en la máquina de compresión y se compacta el material, aplicándole una carga estática de 140.6 kg/cm cuadrado en un tiempo límite de 5 minutos, manteniéndose esta carga estática en forma constante durante un minuto y haciéndose la descarga en el siguiente minuto. Al llegar a la carga máxima, se observa la base del molde y si esta se encuentra ligeramente humedecida, decimos que el material tiene la humedad óptima de compactación y ha alcanzado su peso específico máximo.
4. Si al alcanzar la carga máxima, la base del molde no se humedece, esto significa que el material está inferior a la humedad óptima, se le agrega otro 2% y se repiten los pasos, 2 al 3.
5. Si antes de llegar a la carga máxima aplicada, se humedece la base del molde, esto significa que la humedad del material está superior a la óptima; se toma otra muestra y se disminuye la humedad agregada, se repiten los pasos 2 y 3.
6. En caso de que el espécimen no tenga la humedad óptima, se toma del centro del molde una muestra y se determina su humedad.
7. Terminada la compactación se coloca en la parte superior del espécimen una hoja de papel filtro, las placas perforadas y las placas de carga se someten a saturación en un tanque con agua (en el caso de gravas-arenas, dos o tres días y en el caso de arcillas hasta 7 días). Antes de someter a saturación se determina la altura H_c y se pasa el molde con la muestra, para posteriormente determinar el peso volumen con el espécimen.

8. Inmediatamente, se monta sobre el molde el triple, instalándose sobre este el extensómetro, se toma la lectura inicial del extensómetro, anotándose como "li", estas lecturas se verifican cada 24 horas y si al cabo de dos días la lectura no cambia se retira del tanque de saturación el triple con el extensómetro y el molde con el espécimen.

9. Cuando no se requiere mucha aproximación para determinar la expansión, las dimensiones se podrán hacer con un calibrador de vernier, haciéndose estas mediciones en diferentes puntos para obtener un promedio.

10. Una vez medida la expansión del material, se coloca el molde en forma horizontal durante minutos, para que el agua, se instale en la prensa del extensómetro, se retira del molde las placas y el filtro, se instalan nuevamente las placas de carga y se procede a penetrar el material de la siguiente manera:
El pistón debe pasar a través de los orificios de las placas hasta hacer tocar este en la superficie de la muestra y se aplica una carga inicial, la cual no deberá ser mayor de 10 kilos, se procederá a la aplicación y carga, en forma lenta, con incrementos pequeños, continuos, procurando que la velocidad de desplazamiento de la aguja sea de 1.27mm, por minuto y se registraran las cargas correspondientes a cada una de las penetraciones indicadas a continuación:

1.27	5.08
2.54	7.62
3.81	10.16
	12.70

Una vez que se haya llevado a cabo la prueba podrá verse el aspecto que presenta el material en el lugar penetrado y medir el espesor que haya sido afectado por el agua durante el tiempo que el material que estuvo en saturación.

CÁLCULO DEL VALOR RELATIVO DEL SOPORTE (VRS).

El valor relativo del soporte de un suelo, es un índice de resistencia al esfuerzo cortante en determinadas condiciones, de compactación y humedad se expresa como el tanto por ciento de la carga necesaria para inducir un pistón de sección circular cuya área es igual a 19.32 cm cuadrados, respecto a la carga precisa, para que este mismo pistón penetre en una muestra tipo de piedra saturada.

$$\text{Valor relativo de soporte} = \frac{\text{carga en kg en 2.54 mm.}}{1,360 \text{ kg.}} \times 100$$

Con el fin de saber si la prueba estuvo ejecutada en forma correcta, se dibuja la curva carga-deformación, si esta curva es defectuosa, esto indica que la carga inicial para empezar la prueba fue mayor de 10 kg y la prueba deberá repetirse.

Con el resultado obtenido se puede clasificar el material o el suelo usando la siguiente tabla, la cual indica el uso que puede dársele al material de acuerdo a su VRS calculando.

VRS %	CLASIFICACIÓN
0-5	Sub-rasante muy mala
5-10	Sub-rasante mala
10-20	Sub-rasante regular a buena
20-30	Sub-rasante buena
30-50	Sub-rasante muy buena
50-80	Base buena
80-100	Base muy buena

OBSERVACIONES:

Puesto que en el laboratorio no existen los suficientes moldes para la prueba porter, de los cuatro equipos, el nuestro fue el único que sumergió la muestra al agua, y pudimos observar el valor relativo de soporte con la muestra totalmente saturada.

Práctica No. 4

METODO DE COMPACTACIÓN PORTER MODIFICADA.

OBJETIVO:

La prueba que describe tiene por objeto determinar el valor relativo de soporte de un material, para calcular el espesor mínimo de capas que deberán colocarse encima del material estudiado ya sea Terreno Natural, Terracerías o sub-base con el fin de que las cargas vivas que se apliquen no produzcan esfuerzos que puedan ocasionar deformaciones permanentes y perjudiciales.

Estas pruebas se hacen en condiciones de humedad cercanas a las más desfavorables que se considere que pueda alcanzar el material para una compactación dada.

Para esto se considera dos variantes:

Variante 1.-

Si la terracería se localiza en una región de una precipitación baja o media, y su drenaje es correcto la prueba se hará en diversas compactaciones manteniendo constante la humedad de prueba que deberá ser igual a la humedad óptima.

Variante 2.-

Si la terracería se aloja en una región de precipitación media y está mal drenada o bien si está localizada en una región alta precipitación pluvial, se hará en diversas compactaciones aumentando la humedad de prueba desde la humedad óptima hasta una igual a la humedad óptima más tres ($W_o + 3$). Para esto ya se deberán de conocer los datos de las muestras llevadas al laboratorio, y se tendrá el tipo de camino que se va a proyectar, en donde se cuenta con una grafica que nos da la intensidad del tránsito consideradas en un solo sentido.

EQUIPO:

1. Molde metálico de forma cilíndrica de (15.75cm.) de diámetro interior y (12.75 cm.) de altura, base y collarín.
2. Máquina de compresión con capacidad de 30 toneladas y aproximación en los monómeros para lecturas de 10 Kg.
3. Varilla metálica de 1.9 cm, de diámetro, con punta de bala y 30 cm, de longitud.
4. Una placa metálica para compactar el material, con diámetro ligeramente menor al del molde.
5. Dos placas de carga con diámetro menor al molde y orificio central de 5.2 cm, y un peso total de 6 kg.
6. Guantes de hule para el amasado de la muestra.
7. Franelas para limpiar el molde de prueba.
8. Espátulas de acero flexibles con mango de madera.
9. Un cilindro de acero para hacer la presentación con sección de 19.35 cm, 2 sujetarse a la cabeza de carga de la máquina.
10. Extensómetro de carátula graduada en milésimas de pulgada, con carrera de 2.54 cm.
11. Malla de cobertura cuadrada No.4.
12. Malla de cobertura cuadrada de 2.54cm.
13. Bascula de 20 kg de capacidad y 1 gramo de aproximación.
14. Balanza de 2.610 kg de capacidad y 0.1 de sensibilidad.
15. Cápsulas de aluminio para medir el contenido de humedad.
16. Horno eléctrico que mantenga temperatura controlada de 0 a 110°C.
17. Charolas de lámina galvanizada con mango.
18. Cucharones de lámina galvanizada con mango.
19. Calibrador tipo máuser o vernier Pie de Rey.
20. Probeta graduada de 1000 cms³ de capacidad.
21. Probeta graduada de 500 cms³ de capacidad.
22. Probeta graduada de 100 cms³ de capacidad.

PROCEDIMIENTO:

- A. Se hace un muestreo de campo de material que se vaya a ensayar en el laboratorio.
- B. Si el material contiene humedad, se aplicara un secado por los métodos ya conocidos.
- C. Una vez que se haya secado el material, y mediante un cuarteo se toma de 15 a 20 kilogramos aproximadamente.
- D. El material será cribado por la malla No. 4 o cuando más, tenga un 10% en esta malla pero que pase totalmente por la malla de 9.5 mm.
- E. Si la muestra contiene menos del 15% en peso por la malla de 2.54 cm, deberá utilizarse para realizar la prueba.
- F. Si la muestra excede el 15% en paso de la malla de 2.54 cm será necesario, sustituir este retenido por una cantidad igual en peso necesario, sustituir este retenido por una cantidad igual en peso de otra porción de material que pase por la malla de 2.54 cm, y retenga la malla No.4.
- G. Si la muestra contiene grumos, deberán disgregarse y mezclarse perfectamente para la prueba.
- H. La cantidad de muestra no será en ningún caso menor de 30 kilogramos.
- I. Se pesaran porciones de 5000 kg, y se le incorporará agua una vez que se haya calculado esta.
- J. Una vez humedecida la muestra, se pesa el material y se coloca en el molde en tres capas, dando un acomodo con la varilla de 25 piquetes a cada una de ellas.
- K. Se lleva la muestra a la prensa, y se aplica carga hasta lograr la altura a la del molde.
- L. Una vez aplicada la carga lenta a la muestra, se retira ésta y se observa si no hay rebote.
- M. Para comprobar que se logró la altura (h) del espécimen, se mide la distancia (a) del borde superior del molde o se obtienen mediante la fórmula:

$$a = h_i - (h + e)$$

- N. Una vez verificada la altura compactada del espécimen, se harán las penetraciones con las lecturas de 1.27, 2.54, 3.81, 5.08, 7.62, 10.16 y 12.70.
- O. Con las cargas obtenidas a las lecturas antes mencionadas, se dibuja la curva de penetración en el formato.
- P. Se calcula el V.R.S. del suelo con la carga de la lectura de 2.54 cm, y se divide entre 1360 que es constante.
- Q. Las cargas de penetración se harán con los siguientes intervalos de tiempo.

Aplicación	Tiempo en mins.	En mm.	En pulgs.	Carga en kgs.
Primera	1	1.27	0.05	
Segunda	2	2.54	0.10	
Tercera	3	3.81	0.15	
Cuarta	4	5.08	0.20	
Quinta	6	7.62	0.30	
Sexta	8	10.16	0.40	
Séptima	10	12.70	0.50	

Práctica No. 5

COMPACTACIÓN EL SUELO EN EL LUGAR.

Es verificar la rigidez del suelo ya sea en su estado natural o cuando ha sido compacto en el campo por el equipo de rodillos listos patas de cabra o neumáticos y obtener la humedad del mismo lo cual se checa en el laboratorio por medio de las pruebas, proctor o proctor estándar.

EQUIPO:

1. Báscula de 10 kg, de capacidad.
2. Balanza de precisión de una décima de sensibilidad.
3. Recipiente de lámina.
4. Recipiente de vidrio.
5. Mallas No. 20 y 30.
6. Charolas circulares y rectangulares.
7. Horno.
8. Cápsulas de aluminio para medir la humedad del suelo.
9. Probetas de 1000, 500 y 250 mm.
10. Regla graduada.
11. Barretas y palas.
12. Arena de Ottawa.
13. Trompa de elefante.
14. Bolsas de lona ahuladas.
15. Bolsas de plástico.

PROCEDIMIENTO:

1. Se hace un muestreo del suelo que se esté empleando en construcción de un pavimento.
2. Se obtiene el P.V.S.M. y la humedad óptima en el laboratorio por los métodos PROCTOR o PORTER.
3. Se tamiza la arena por las mallas de 20 y 30.
4. Se determina el peso volumétrico de la arena con la siguiente fórmula:

$$PVA = \frac{\text{Peso de la arena suelta.}}{\text{Volumen del recipiente.}}$$

5. Se hace un sondeo hasta el espesor de 15 cm, o igual a la capa compactada tomando el material producto de la excavación y protegiendo perdidas de humedad del suelo.
6. Se pesa el material extraído del sondeo y se anota en la hoja de registro tomando de 50 a 7 para medir el contenido de humedad.
7. De la arena cribada se pesan de 4 a 6 kg, que se vacía en la trompa de elefante al sondeo o cala.
8. Se rellena el sondeo con arena pesada previamente a nivel y se enraza.
9. Se calcula y se pesa la diferencia de la arena sobrante que se utilizó para rellenar el sondeo.
10. Se calcula el volumen ocupado por el sondeo por la arena se relleno con la siguiente fórmula:

$$\text{Volumen del sondeo} = \frac{\text{Peso de la arena empleada.}}{\text{Peso volumétrico de la arena.}}$$

11. Se determina el peso volumétrico húmedo del lugar con la siguiente fórmula:

$$PVHL = \frac{PMH}{\text{Volumen sondeo}}$$

12. Se calcula el peso volumétrico seco del lugar con la siguiente fórmula:

$$PVSL = \frac{PVHL}{L-w}$$

$$W\% = \frac{PMH-PMS}{PMS}$$

13. Se determina el porcentaje de compactación con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Comp.} = \frac{PVSL}{PVSM}$$

14. Se hace el reporte de compactación de la capa ensayada en el tramo correspondiente.

Práctica No. 6
COMPACTACIÓN DE SUELOS.
MÉTODO "B"

OBJETIVO:

El grado de compactación del suelo en el lugar, es determinar la rigidez que llegan a alcanzar los suelos una vez que estos reciben una energía de consolidación o compactación; por medio de los aparatos mecánicos ya conocidos y mencionados en el método anterior "A".

El dato que se obtiene en el campo, mediante la medición en volumen de arena que es medido en forma directa por medio de una probeta.

Tanto el método "A" y el método "B" son semejantes lo cual no hay diferencia alguna en cuanto a los datos que se pretende estudiar en relación a los suelos.

EQUIPO:

1. Balanza de 20 kg, de capacidad y gramo de aproximación.
2. Balanza de 2.610 kg, de capacidad y 0.1 de aproximación.
3. Barretas de acero con punta y coa de 80 cm, de longitud.
4. Malla de abertura cuadrada tipo Tyler No. 30.
5. Malla de abertura cuadrada tipo Tyler No. 20.
6. Arena de río graduada por las mallas No. 20 y No. 30.
7. Cuchara de albañil con mango.
8. Espátula flexible de 20 cm, de longitud.
9. Cápsulas de aluminio para medir el contenido de humedad.
10. Regla metálica de 40 cm, de longitud para enrasar la arena.
11. Horno eléctrico que mantenga temperatura controlada de 0 a 40°C.
12. Franelas para limpiar el equipo.

PROCEDIMIENTO:

1. Se hace sondeo o cala en la capa que se vaya a ensayar en el campo, de 15 cm, de espesor o igual a la capa compactada.
2. Se limpia la zona en donde se vaya a realizar la prueba cuidando que no se vaya a contaminar con otro.
3. El material que se vaya extrayendo del sondeo, se irá almacenando en una bolsa, procurando que no se tire.
4. Una vez hecho la cala se pasara el material que se extrajo y se registrara en el formato de campo.
5. Una vez que se haya pasado el material, se toma una muestra de humedad en una cápsula que esté numerada.
6. Se pondrá a secar la muestra al horno durante un tiempo de 24 horas mínimo.
7. Una vez seca la muestra, se saca del horno y se pasa para determinar la cantidad de agua en gramos presente en el suelo.
8. De la arena previamente cribada por las mallas No. 20 y No.30 se medirá el volumen que ocupa el sondeo en forma directa por medio de la probeta.
9. Se registrara en la libreta de campo el volumen de arena para realizar los cálculos en el laboratorio.
10. Del material producto del sondeo, se envasa y se lleva al laboratorio para realizar los cálculos en el laboratorio.
11. Con los datos de campo, y con los datos del laboratorio se hacen los cálculos del grado de compactación en el lugar.
12. Se calculara el P.V.H.L., P.V.S.L, % de humedad y % de compactación con las siguientes fórmulas:

$$\frac{\text{Peso del material húmedo del lugar}}{\text{Volumen de la arena}} = \text{P.V.H.L}$$

$$\text{Contenido de humedad en \%} = \frac{\text{Peso húmedo} - \text{Peso seco}}{\text{Peso seco}} = 100$$

$$\text{Peso volumétrico seco del lugar} = \frac{\text{Peso volumétrico húmedo del lugar.}}{\frac{\% w+l}{100}} = \text{P.V.S.L.}$$

$$\text{Grado de compactación en \%} = \frac{\text{Peso volumétrico seco del lugar}}{\text{Peso volumétrico seco maximo.}}$$

Práctica No. 7

PROCEDIMIENTO PRACTICO DEL LABORATORIO PARA EL CONTROL DE LA CALIDAD DE MATERIALES GRANULARES.

El material obtenido por muestreo en el campo (50 a 60 kg aproximadamente) el cual se encuentra embazado e identificado deberá secarse si es necesario bajo los rayos solares al aire o al horno en el cual la temperatura no deberá ser mayor de 50°C., posteriormente tómese 30 kg de material aproximado por cuarteo y deposite en un recipiente de volumen conocido. El cuarteo podrá realizarse de la siguiente manera: a los 60 kg, de material lo más posible vacíelo en un área bien limpia en forma de cono, con una pala de mano elimine la cúspide del cono hasta formar una superficie plana de 10 cm, de altura aproximadamente y divídalo en 4 partes iguales, tome un cuarteo y forme un pequeño cono, ahora tome el cuarteo contrario y coloque este material encima del cono formado anteriormente con el primer cuarteo, haga lo mismo con los cuarteos restantes.

Repita el procedimiento pero ahora vaciando el material en el recipiente mencionado dejando caer el material sobre el puño de la mano, colocando éste sobre el recipiente con la finalidad que al ensarar se encuentre el material en estado suelto dentro del molde; pese el recipiente más el material suelto y registre este peso del material en la hoja de cálculos, determine el peso volumen, seco y suelto relacionado el peso del material con el volumen del molde que es igual al volumen del material, con éste parámetro queda expresado en kg/m^3 y nos sirve para diseñar mezclas de materiales que pueden usarse en base u otras capas del pavimento, y poder saber tentativamente las características del material. Vacíe el material de peso conocido en una charola y determine la composición granulométrica de éste cribado sucesivo a través de las mallas establecidas por las normas de construcción. Se llama desperdicio de material al retenido por la tamiz de 1 pulgada y se expresa en % respecto a la cantidad total del material.

A continuación se expresa el procedimiento del trabajo para cada ensaye con fines de control de calidad de materiales granulares.

A. DETERMINACIÓN DE LA COMPOSICIÓN GRANULOMETRICA MEDIANTE EL USO DE MALLAS.

Esta nos sirve para juzgar la calidad del material de acuerdo al uso que se le pretenda dar, y se verifica mediante la determinación de los tamaños de las partículas que forma el suelo por el procedimiento de cribado y sedimentación.

El procedimiento de cribado consiste en separar las partículas del suelo, tamizándolo a través de una sucesión de mallas de abertura cuadrada, y en pesar las porciones que se retienen en cada una de ellas, con el fin de representar dichos retenidos como % de la muestra total, para obtener la composición granulométrica; de esta manera podemos clasificar a las partículas del suelo hasta un tamaño de 0.074 mm. Lo cual corresponde a la malla No. 20. El procedimiento de sedimentación queda de este contexto.

La composición granulométrica representa la distribución de los tamaños de las diferentes partículas que componen el suelo, esto lo podemos ilustrar gráficamente una vez efectuado el cálculo correspondiente. Normalmente esto se hace en una gráfica que tenga por abscisas, a escala logarítmica; los tipos de mallas y por ordenadas el % que pasa por dichas mallas ahora a escala aritmética. Una aplicación práctica de la composición granulométrica de un material es para conocer la estabilidad que puede tener este, pues esta se logra se reduce al mínimo la cantidad de vacíos y para que esto se logre se requiere una sucesión adecuada de tamaños que permita que los huecos dejados por las partículas más grandes sean ocupados por la de menor tamaño y así sucesivamente hasta las partículas más finas que contenga la muestra. En la figura 4.1 se muestran los límites granulométricos para materiales granulares y corresponde a materiales bien graduados que al compactarse nos darán un mínimo de vacíos. Estas curvas sirvan como guías para materiales en estudio. En el caso de las terracerías generalmente, no se acostumbra la representación gráfica de las granulometrías dado que su determinación se hace muy simplificada.

Práctica No. 8

PRUEBAS DE VALOR CEMENTANTE.

OBJETIVO:

Esta prueba tiene por objeto determinar el poder de cementación de los suelos finos o de la fracción del suelo que pasa por la malla No. 4, de un suelo granular compactado y seco. El valor cementante de un suelo depende de la forma y acomodo de las partículas de este, así como de su rugosidad, plasticidad y otros fenómenos relacionados con las partículas del suelo. Esta prueba es recomendable para aquellos materiales de sub-base los cuales carecen de concentración lineal y por lo tanto pueden sufrir disgregación fácilmente, así además, de ser arenoso no pasen el valor cementante mínimo de las especificaciones.

EQUIPO:

1. Moldes de lámina de sección, cuadrada de 76.2 mm. por lado y 100 mm, de altura con bisagras en cada una de las aristas verticales y abiertas por la opuesta, para facilitar la remoción del molde.
2. Una placa metálica de secc. Ligeramente menos que la del molde.
3. Varilla metálica con peso de 900 gr, para producir los impactos.
4. Una guía de tubo de long, adecuada para dar una caída libre de 50 cm.
5. Mallas No. 4.
6. Probetas graduadas de 1000 y 100 cm, cúbicos.
7. Charolas de lámina.
8. Un cucharón.
9. Una maquina de compresión que permite hacer lecturas cuando menos a cada 10 kg.
10. Un horno de temperatura constante y controlable.

PREPARACIÓN DE LA MUESTRA.

El material muestreado que ha sido preparado por especificaciones ya conocidas, se tamizará por la malla No. 4 y se obtendrán muestras de 3 kg, esto por triplicado para obtener mejores resultados a la prueba a ejecutar.

PROCEDIMIENTO DE PRUEBA:

1. A la muestra preparada se le adiciona agua necesaria, esta para alcanzar la humedad óptima de compactación y se manipula hasta lograr una repartición uniforme de agua.
2. Se toma la muestra y se compacta en tres capas para formar un espécimen de forma cúbica, apisonado el material con 15 golpes con la varilla y con una altura de caída libre de 45 cm, el molde deberá descansar sobre un apoyo firme al hacer el apisonado. La prueba se deberá hacer por triplicado.
3. Se mezcla perfectamente la mezcla con las manos enguantadas, se llena una cápsula y se golpea esta por su base contra la mesa de trabajo con el fin de acomodar las partículas y finalmente se enrasa. El efectuar ésta prueba con muestras humedecidas, implica ahorro considerable de tiempo, pero generalmente se obtienen valores del equivalente de arena inferiores lo que resulta empleando muestras secas, por lo tanto cuando el valor de equivalente de arena esta bajo o muy cerca de lo especificado, se repetirá la prueba por triplicado empleando muestras secas al horno hasta peso constante a una temperatura de 110°C.

PROCEDIMIENTO DE PRUEBA:

1. Se coloca la botella con la solución de trabajo en una repisa que estará a una altura de 91.5 ± 25 mm, sobre la mesa de trabajo.
2. Se instala en la botella de sifón, el cual llena soplando por el tubo corto y manteniendo abierta la pinza que está provisto del tubo largo.
3. Se vierte en la probeta utilizando el sifón, solución de trabajo hasta una altura de 4 o menos de 0.1 pulgada.

4. Se coloca en la prueba la muestra previamente preparada, usando el embudo para evitar pérdidas del material. Se golpea firmemente varias veces la base de la probeta con la palma de la mano, para remover las burbujas de aire que hubieran quedado atrapadas y facilitar el humedecimiento del material.
5. Se deja reposar la muestra por 10 min, procurando no mover durante este lapso de tiempo. A continuación se coloca el tapón de hule en la probeta y se afloja el material del fondo de está agitándola simultáneamente. Para el agitado del material, deberá sostenerse la probeta por sus extremos y agitarla vigorosamente con un movimiento horizontal hasta complementar 90 ciclos en 30 segundos, con carrera de 20 cm, entendiéndose por ciclo a un movimiento de oscilación completa.
6. Efectuada la operación del agitado, destapa la probeta, se coloca sobre la mesa de trabajo, se introduce en ella un tubo hasta el fondo de la probeta, efectuando un ligero picado del material, acompañado de movimiento rotatorios del tubo alrededor de su eje y trasladándolo por el contorno inferior de la probeta. Esta acción tiene por objeto separar el material fino de las partículas gruesas con el fin de dejarlo en suspensión.
7. Cuando el nivel del líquido llegue a 15 pulgadas, se saca lentamente del tubo irrigador de la probeta sin cortar el flujo de la solución, de manera que el liquido se mantenga aproximadamente al mismo nivel, se regula el flujo un poco antes de que el tubo este completamente fuera y se ajusta el nivel de la probeta a 381 mm, (15 pulgadas).
8. Se deja la probeta en reposo durante 20 minutos más o menos a 15 segundos, contando a partir del momento de que haya extraído el tubo irrigador de la probeta.
9. Transcurrido ese tiempo de reposo, se lee en la escala de la probeta el nivel superior de los finos en suspensión, el cual se le denominara "lectura de arcilla" o altura total. Si el nivel mencionado no se definiera claramente a cabo del tiempo ya especificado, se deja en reposo el tiempo necesario para que esto ocurra, e inmediatamente después se registra dicho nivel, así como el tiempo de sedimentación transcurrido. Si esto excede de 30 mi, se repetirá la prueba empleando 3 muestras del mismo material, en cuyo caso se registrará como

lectura de arcilla la correspondiente a la muestra en que se obtuvo el menos tiempo de sedimentación.

10. Después de hacer la lectura de arcilla, se introduce lentamente el pisón en la probeta hasta que descansa éste por su propio peso en la parte gruesa del material retenidos cuidado de no perturbar los finos en suspensión; cuando el pisón se detenga al apoyarse en la fracción gruesa, se hace la lectura del nivel superior del indicador, se le restan 254 mm. (10") y se registra la diferencia como lectura de arena.
11. Cuando el nivel de la fracción fina o gruesa, quedan entre dos divisiones de la escala de graduación, deberán registrarse las lecturas correspondientes a la división superior.

CÁLCULOS:

Se calcula el equivalente de arena empleando la siguiente fórmula:

$$\text{Equivalente de arena} = \frac{\text{Lectura de arena} \times 100}{\text{Lectura de arcilla.}}$$

Esta prueba se efectuará por duplicado y en cada caso el valor del equivalente de arena se aproximará al centro superior. Si el valor de cada equivalente de arena no discreta mucho uno del otro se reportará el promedio aritmético como el valor de equivalencia de arena, en caso contrario se repetirá la prueba únicamente con los valores congruentes.

Práctica No. 9

PRUEBA DE EQUIVALENTES DE ARENA.

OBJETIVO:

Esta prueba tiene como objetivo determinar la fracción del que pasa la malla No. 4, las proporciones volumétricas de partículas gruesas del tamaño mayor que de la arcilla y polvos, respecto al de las partículas finas del tamaño similar al de los materiales citados últimamente. La fracción que se utiliza para la determinación de esta prueba podrá estar constituida por partículas plásticas y partículas perjudiciales y no plásticas.

La prueba de equivalente de arena generalmente se aplica a materiales para sub-base, base y agregados pétreos para mezclas asfálticas y para concreto hidráulico, permitiendo obtener de forma rápida en el campo, datos sobre la calidad del material, desde el punto de vista de su contenido de finos indeseables sean o no naturales plástica.

EQUIPO:

1. Probeta de Lucita o acrílico, en escala de altura graduada en mm, o en decio de pulgada, con tapón de hule.
2. Tubo irrigador de acero inoxidable, provisto de un tramo de manguera de hule.
3. Pisón metálico con peso de 1000 gramos.
4. Cápsula metálica de 57 mm, de diámetro de capacidad de 85 cm, cúbicos.
5. Embudo de vidrio o plástico, de boca ancha.
6. Cronómetro con aproximación de 1/5 de segundo.
7. Dos botellas de vidrio o plástico con capacidad de 3.78 litros.
8. Malla de 4.76 mm, (No. 4).
9. Balanza de dos kilos de capacidad y 0.1 gramos de aproximación.
10. Horno que mantenga una temperatura constante de 110°C.
11. Guantes de hule.
12. Solución de reserva y solución de trabajo.

PREPARACIÓN DE LA MUESTRA.

1. Del material muestreado y preparado por normas ya conocidas, se toma por cuarteo la porción necesaria para obtener aproximadamente 500 gramos del material que pase la malla No. 4.
2. Se hace pasar el material así obtenido, a través de la malla, tomando precauciones de evitar finos, pudiendo requerirse para esto último humedecerlo ligeramente.
3. Los moldes con el material compactado se colocan en un horno a una temperatura de 40°C manteniéndose así hasta lograr que pierdan la suficiente humedad, esto con el fin de facilitar la remoción del molde.
4. Se continuará secando a una temperatura de 100 – 110°C hasta que estos pierdan la humedad en lo absoluto.
5. Se sacan los especímenes del horno, se dejan enfriar para posteriormente probar su compresión, pero una vez de haber cabeceado con azufre sus caras, o utilizar cualquier proceso para uniformar la superficie, conservando la posición en que fue compactado.

REPORTES:

El valor cementante, es el promedio de la resistencia a la compresión sin confinar obtenida en los 3 especímenes y se expresa en kg/cm, cuadrados.

Si uno de los valores de resistencia, discreta mucho de los otros dos, éste se desechará para el cálculo.

CAUSAS MÁS FRECUENTES DE ERROR.

1. Que la operación de agitado se efectúe en forma incorrecta.
2. Que el lavado de las partículas sea deficiente, por la obstrucción del tubo irrigador o en alguna otra parte del sifón.
3. Que la probeta con la muestra del suelo se mueva durante el periodo de sedimentación o que sea colocada en un lugar sujeto a vibraciones.
4. Que al ser introducido el pisón la probeta se baje a una velocidad excesiva.
5. Que se mueva el pisón de su posición de reposo antes efectuado la lectura correspondiente.

Práctica No. 10

DESGASTE DE LOS ANGELES.

OBJETIVOS:

La prueba de desgaste Los Ángeles tienen por objeto conocer la calidad de los materiales pétreos y es una medición indirecta del grado de alteración alcanzada por éste, así como la presencia de planos de debilitamientos o cristalización provocando una desintegración de las partículas de los materiales que vayan a ser empleados en Concretos Hidráulicos, Concreto Asfálticos, riesgo de sellos, etc.

Estos estudios realizados en el laboratorio a los materiales pétreos, de alguna forma nos dan una idea de desgaste que estos pueden sufrir a la fricción en una superficie de rodamiento, ya sea una autopista, un aeropuerto, etc.

EQUIPO:

1. Máquina de Abrasión Los Ángeles completa.
2. Doce esferas de hierro fundido o acero de (47.8 mm.) de diámetro y peso de entre (390) y (445) gramos.
3. Juego de mallas de abertura cuadrada de (76), (63.5), (50.8), (38.1), (25.4), (19.1), (12.7), No. 3, No. 4, No. 8 y No. 12.
4. Horno eléctrico que mantenga la temperatura controlada de 0 a 110°C.
5. Balanza de 20 kg, de capacidad y 1 gramo de aproximación.
6. Balanza de 2.610 kg, de capacidad y 0.1 de aproximación.
7. Charolas de lámina galvanizada de 60 x 40 x 10 centímetros.
8. Cucharón de lámina galvanizada con mango.
9. Guantes de piel.

PROCEDIMIENTO:

- A. Se hará un muestreo del material que se vaya a ensayar del banco.
- B. El material muestreado se le hará un lavado para eliminar el polvo adherido.
- C. Una vez lavado el material, se pone a secar en el horno un tiempo de 24 horas.
- D. Una vez seco el material, se criba por las mallas arriba mencionadas para conocer su graduación y se formará una granulometría.
- E. Se seleccionará aquella que más se asemeje a la graduación propuesta para la carpeta asfáltica.
- F. Es conveniente efectuar pruebas por separado de los tamaños gruesos y finos, para mayor información en cuanto a las características del material.
- G. Si la muestra está formada por trozos de roca, éstos deberán triturarse y formar una de las granulometrías que se indiquen.
- H. La tabla proporciona la cantidad de material y los tamaños respectivos, así como la carga abrasiva y el número de revoluciones que dará la máquina.
- I. La muestra seleccionada será pesada previamente, P_i , y se coloca junto con el número de esferas en la máquina y se hará girar hasta completar las revoluciones especificadas.
- J. Una vez completadas las vueltas, se saca el material de la máquina y se lavará a través de la malla No.12.
- K. El retenido en esta malla se secará al horno y se pasará obteniéndose así P_f .
- L. La pérdida de desgaste se determinará por medio de la siguiente fórmula:

$$\text{Desgaste} = \frac{P_i - P_f}{P_i} \times 100$$

Práctica No. 11

INTEMPERISMO ACELERADO.

OBJETIVO:

La prueba de intemperismo acelerado, es determinar su resistencia a la desintegración de los agregados pétreos causada por los esfuerzos desarrollados al formarse cristales de sulfatos de sodio o de magnesio en los vacíos o figuras del agregado, es un índice del grado de alteración que puede alcanzar este por la acción de los agentes atmosféricos.

Estos datos son muy valiosos, principalmente cuando no se cuenta con una información adecuada del comportamiento del material pétreo expuesto a las condiciones de intemperismo existentes en la región.

Esta prueba se efectuará cuando se tengan dudas de la calidad del material que se pretenda emplear en la elaboración de las carpetas asfálticas.

EQUIPO:

1. Juego de mallas abertura cuadrada de (50.8), (38.1), (25.4), (19.1), (12.7) y No.4.
2. Balanza con capacidad de 20 kg, y 1 gramo de aproximación.
3. Balanza con capacidad de 2.610 kg, y 0.1 gramos de aproximación.
4. Charolas de lámina galvanizada redonda.
5. Cucharón de lámina galvanizada con mango.
6. Solución saturada de sulfato de sodio o de magnesio.
7. Pinzas o tenazas para tomar las charolas.
8. Horno eléctrico que mantenga temperatura controlada de 0 a 110°C.
9. Franelas para limpiar el equipo de trabajo.
10. Espátulas de acero con mango de madera.

PROCEDIMIENTO:

- A. Se hará un muestreo de material pétreo en el banco de exploración, y se lleva al laboratorio para ensayarlo.
- B. Prepararse una solución saturada de algunas de las sales en agua, a manera de obtener no solamente una saturación, sino la presencia en exceso de cristales al hacer la prueba.
- C. La disolución de los sulfatos, se hará a temperatura de 25 a 30°C.
- D. Una vez hecha la solución se mantendrá a temperatura de 21°C 48 horas antes de emplearse.
- E. Se hará un agitado perfectamente al iniciar cada ciclo.
- F. Se recomienda emplear las cantidades de sal para asegurar presencia de cristales en la solución.
- G. Solución de sulfato de sodio, si es anhidro (Na_2SO_4) 350 gramos por litro; si posee agua de cristalización ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) 750 gramos por litro.
- H. Solución de sulfato de magnesio ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), (Sal de Epsom) 1400 gramos por litro.

Existen dos procedimientos de prueba:

No. 1.-

Si el material es graduado la prueba se efectuara por el material retenido en malla No. 4 y la malla de (50.8mm.) en donde se da una tabla de los tamaños retenidos.

No. 2.-

Si la muestra es roca en trozos, se utilizan para la prueba 3000 gramos de material, en partículas sensiblemente cubicas de 2.5 a 4 cm, de lado.

Se calculara el porcentaje de perdida por intemperismo acelerado de la siguiente forma: se separaran los fragmentos que no hayan fracturado en 3 o más pedazos. Este peso restado al original, dará el peso del material alterado, el cual dará como porcentaje de la muestra ensayada.

Se dará un reporte visual practicado en todas las partículas de la muestra.

TAMAÑOS	CANTIDAD DE LA MUESTRA EN GRAMOS
De núm. 4 a 12.7 mm.	300
De 12.7 a 19.05 mm.	500
De 19.05 a 25.4 mm.	1000
De 25.4 a 38.1 mm.	1500
De 38.1 a 50.8 mm.	1500

Práctica No. 12

DESTILACIÓN DE LOS ASFALTOS REBAJADOS.

OBJETIVO:

Esta prueba tiene por objetivo de hacer la determinación de la cantidad de solventas ligeros una vez volatizados mediante el proceso de destilación al calentamiento de un producto asfáltico en estudio (gasolina, turbosina, queroseno, aceite diesel).

Los residuos asfálticos una vez realizada la destilación se deberán guardar par realizar las pruebas complementarias como con: penetración, ductibilidad, solubilidad, flotación, punto de encendido, viscosidad.

Una vez que se haya realizado estos ensayos, podemos hacer la identificación del producto asfáltico en estudio.

EQUIPO:

1. Matraz de vidrio de forma bola con capacidad de 300 cm, cúbicos.
2. Condensador de vapores o refrigerante de vidrio.
3. Camisa de lámina revestida de asbesto con mirillas laterales.
4. Probeta de vidrio con capacidad de 100 cm cúbicos.
5. Extensión de vidrio.
6. Instalación de gas.
7. Mechero de Bunsen.
8. Balanza de precisión con capacidad de 2.61 kg.
9. Gasolina o petróleo.
10. Cronómetro.
11. Franelas.

PROCEDIMIENTO:

1. Se hace una calibración de la balanza en un lugar en donde no existen corrientes de aire.
2. Se colocaron 200 gramos de producto asfáltico en el matraz y se registra éste como el peso del producto (P p).
3. Se ajusta el termómetro de tal forma que el bulbo quede a 6.5 mm, del matraz.
4. Se coloca el matraz con el condensador de vapores que tendrán agua fría circulando.
5. Se aplica calor al mechero de Bunsen al matraz gradualmente de tal forma que los solventes volátiles condensados sean recogidos en la probeta graduada.
6. La primera gota deberá producirse en un tiempo que oscile entre 5 y 15 minutos de iniciada la prueba.
7. Se anotara la temperatura a la primera gota de desprendimiento, para identificar el tipo de solvente.
8. Se lleva el destilado de tal forma hasta obtener de 50 a 70 gotas por minuto.
9. Se irán registrando los volúmenes destilados a las temperaturas de 190, 225, 260, 315 y 360°C.
10. Cuando el lugar donde se lleva a cabo la prueba no se encuentra al nivel del mar se hace una corrección por temperatura de 1°C por cada fuente de calor.
11. Al alcanzar la temperatura de 300°C se para la fuente de calor.
12. Se pasara inmediatamente el residuo asfáltico y se registrara como el peso del residuo (p r).
13. Posteriormente se pasa al solvente destilado y se registrara este como (p s).
14. Se calculará el volumen del residuo asfáltico en % aplicando la siguiente fórmula.

$$RA = \frac{VR}{VP} = \frac{(1 - Vs) Dp}{Pp}$$

VR = Volumen del residuo.

VP = Volumen del producto.

Vs = Volumen del solvente.

P p = Peso del producto.

D p = Densidad del producto.

CALCULÓ DEL RESIDUO ASFÁLTICO EN PESO %

$$RA = PR/D p = [(1 - P s) / P p]$$

Práctica No. 13

PUNTO DE ENCENDIDO EN PRODUCTOS ASFÁLTICOS.

OBJETIVO:

Esta prueba sirve para determinar en el laboratorio la temperatura crítica a la cual se deberá tomar precauciones necesarias, y así eliminar los peligros de incendio, o de explosión en los productos asfálticos durante su calentamiento, ya sea en la práctica o en el campo.

EQUIPO:

1. Copa abierta de Cleaveland provista de base y conducto para inyectar gas.
2. Termostato eléctrico con graduación para aplicar el calor controlado durante la prueba.
3. Termómetro graduado de 0 a 110°C.
4. Instalaciones de gas (parrilla, manguera, mechero, etc.).
5. Gasolina o petróleo.
6. Productos asfálticos en estudio.
7. Espátula de acero flexible.
8. Franelas.

PROCEDIMIENTO:

1. Se llena la copa de Cleaveland con producto asfáltico hasta la marca la manera de afor que tienen en el interior.
2. El producto que se vaya a ensayar se dejara enfriar hasta que éste quede a temperatura ambiente.
3. Se irá aplicando temperatura gradualmente, a razón de 1.50°C/min.
4. Durante el calentamiento se agitará el producto asfáltico con una varilla de ¼ y con punta de bala.
5. El aparato tendrá el termómetro en suspensión, y el bulbo quedará sumergido dentro del producto asfáltico sin tocar la base de la copa.

6. A intervalos de cada grado centígrado, se pasa una pequeña flama por los bordes de la copa.
7. Si al pasar la flama al ras de la copa, se produce un pequeño flamazo, se registra la temperatura que nos marque el termómetro, esto nos indica el punto de ignición.
8. Se seguirá pasando la flama al ras de la copa de Cleaveland y cuando el producto se incendie de forma definitiva; se toma el dato que nos marque el termómetro, y este será el dato final para hacer recomendaciones de campo.

POSIBLES ERRORES:

1. Que el lugar de pruebas, existan corrientes de aire.
2. Que el producto asfáltico, se le hayan aplicado solventes.
3. Que la temperatura de la aplicación, no se realice gradualmente.
4. Que la copa sea llenada totalmente de producto asfáltico.
5. Que la flama del inyector salga muy fuerte.
6. Que el bulbo del termómetro haga contacto con el fondo de la copa.

Práctica No. 14

VISCOSIDAD EN PRODUCTOS ASFÁLTICOS FRAGUADOS REBAJADOS.

OBJETIVO:

Esta prueba tiene como objeto principal hacer la determinación de la fluidez que tienen los asfaltos líquidos a una determinada temperatura, e indirectamente su grado de manejabilidad.

En un mismo producto asfáltico la viscosidad se disminuye a una medida que aumenta su temperatura, por lo tanto se hace más manejable.

En varios productos asfálticos, aquel cuya viscosidad sea menor a una temperatura especificada, es el más manejable.

EQUIPO:

1. Un viscosímetro Saybolt orificio furol completo.
2. Matraz de vidrio aforado de 60 cm³ de capacidad.
3. Termómetro graduado de 0 a 110°C.
4. Cronómetro de bolsillo para medir el tiempo.
5. Guantes de asbesto.
6. Franelas para limpiar el equipo.
7. Gasolina.

PROCEDIMIENTO:

1. Se calentará el aceite que tiene el viscosímetro hasta una temperatura de 0.5° mayor que la de la prueba.
2. Se colocará un vaso precipitado de 150 gramos de producto asfáltico aproximadamente.
3. Se colocará el producto asfáltico hasta 1°C mayor que el de la prueba.
4. Se agitará el producto asfáltico durante su calentamiento para uniformizar su temperatura.
5. Una vez hecho esto, se vaciara el producto asfáltico a la copa del viscosímetro hasta el nivel de derrame.
6. Se tapará y se mantiene durante 15 minutos hasta que esté a la temperatura de prueba.
7. Se comprobará la temperatura con termómetro y se colocará la tapa en posición de prueba que permita entrada de aire.
8. Se abrirá el obturador (tapón de hule) y se comienza a contar el tiempo que tardará el producto asfáltico en llenar el matraz de 60 cm^3 pasado por el orificio-furol.
9. El tiempo registrado en segundos se expresará la viscosidad de los productos asfálticos líquidos a temperaturas que se indican en la tabla siguiente.

PRODUCTOS.	TEMPERATURAS.			
	250°	50°	60°	82°
EMULSIONES	X			
FRO, FMO, FLO	X			
FRI, FMI, FLI		X		
FR2, FM2, FR2			X	
FR3, FM3, FR3			X	
FR4, FM4, FR4				X

Práctica No. 15

PENETRACIÓN EN PRODUCTOS ASFÁLTICOS.

OBJETIVO:

Es el determinar el grado de dureza de un cemento asfáltico original o de residuo obtenido la destilación de un asfalto rebajado, y también esta prueba nos identifica el tipo de producto en ensaye así como una consistencia en cuanto asfáltico, mediante el uso de una aguja cargada con un peso de 100 gramos y ésta penetre en el material durante un tiempo de 5 segundos lectura que nos marcará el penetrómetro y que se expresa décimas de mm.

EQUIPO:

1. Un penetrómetro provista con carátula graduada en décimas de mm.
2. Una aguja de acero de forma cilíndrica de 10.12 de diámetro con punta tronco-cónica.
3. Un lastre con vástago pesado de 100 gramos para aplicar la prueba.
4. Una caja metálica de forma cilíndrica de 55 mm, de diámetro y 35 mm, de altura.
5. Un recipiente para agua, y hacer la introducción de la caja metálica con el cemento asfáltico.
6. Un termómetro graduado de 0 a 100°C.
7. Gasolina o petróleo.
8. Espátula de acero flexible.
9. Franelas.

PROCEDIMIENTO:

1. Se calentará lentamente el cemento asfáltico, hasta la temperatura más baja que nos permita vaciarla a la caja metálica de prueba.
2. Si el material en estudio es obtenido de la destilación de un rebajado, se vaciará directamente a la cápsula de ensayo procurando en ambos casos que no queden burbujas de aire atrapados.
3. Se dejar enfriar el material hasta que este a la temperatura ambiente.
4. Una vez que el material tome su forma de prueba, se colocará en baño durante 20 horas y a una temperatura de 4 a 26°C.
5. Transcurrido el tiempo. Se coloca el recipiente con agua que contiene la caja de cemento asfáltico, bajo el aparato de prueba.
6. Se coloca la aguja que haga contacto con la superficie superior de la muestra y se ajusta la carátula en cero.
7. Hecho esto se deja caer la aguja libremente durante un tiempo de 5 segundos.
8. Se suspende la prueba en ese tiempo, y se empuja la palanca para observar la distancia penetrada por la aguja en el cemento asfáltico de ensaye.
9. Una vez realizada la primera prueba, se harán de 4 a 6 penetraciones en diferentes lugares de la muestra.
10. Si una lectura de penetración difiere de las 5 restantes, se desecha y el resultado final es el que nos dará la suma de las 5 y se divide entre 5.
11. Una vez terminada la prueba, se limpia la aguja con gasolina y se guarda en su estuche.
12. Se registrarán estos datos en el formato de cálculo.

GRADO DEL PRODUCTO.					
PRUEBAS DEL PRODUCTO ORIGINAL	FMO	FMI	FM2	FM3	FM4
PUNTO DE IGNICIÓN MINIMO.	38°C	38°C	66°C	66°C	66°C
VISCOSIDAD SAMBOLT-PUROL					
A 25°C, SEGUNDOS			75-150		
A 50°C, SEGUNDOS			75-150		
A 60°C, SEGUNDOS			100-200	250-500	
A 82°C, SEGUNDOS			125-250		
DESTILACIÓN: % DEL TOTAL					
DESTILADO A 360°C					
HASTA 225°C	25 MAX	20 MAX	10 MAX	5 MAX	0
HASTA 260°C	40-70	25-65	15-55	5-40	30 MAX
HASTA 315°C	75-93	70-90	60-87	55-85	40-80
RESIDUO DE LA DESTILACIÓN					
A 360°C, % DEL VOL. POR DIFERENCIA (MINIMO).	50	60	67	73	78
PENETRACIÓN (GRADOS) EN EL					
RESIDUO DE LA DESTILACIÓN	120-300	120-300	120-300	120-300	120-300
TEMPERATURA RECOMENDABLE					
DE APLICACIÓN, °C	20-40	30-60	70-85	80-95	90-100

GRADO DEL PRODUCTO.							
PRUEBAS DEL PRODUCTO ORIGINAL	FMO	FMI	FM2	FM3	FM4		
PUNTO DE IGNICIÓN MINIMO.	35°C		35°C	35°C			
VISCOSIDAD SAMBOLT-PUROL							
A 25°C, SEGUNDOS			75-150				
A 50°C, SEGUNDOS			75-150				
A 60°C, SEGUNDOS			100-200	250-500			
A 82°C, SEGUNDOS			125-250				
DESTILACIÓN: % DEL TOTAL							
DESTILADO A 360°C							
HASTA 190° MAS DE -	181	15	10				
HASTA 225°C MAS DE -	216	55	50	40	25	8	
HASTA 260°C MAS DE -	251	75	70	65	55	40	
HASTA 315°C MAS DE -	360	90	88	87	83	80	
RESIDUO DE LA DESTILACIÓN							
A 360°C, % DEL VOL. POR DIFERENCIA (MINIMO).		50	60	67	73	78	
PENETRACIÓN (GRADOS) EN EL							
RESIDUO DE LA DESTILACIÓN	80-120	80-120	80-120	80-120	80-120	80-120	
TEMPERATURA RECOMENDABLE							
DE APLICACIÓN, °C	20-40	30-60	40-60	60-80	80-100		

Práctica No. 16

MEZCLA EN FRIO EN LUGAR DE COMPRESIÓN SIN CONFINAR.

OBJETIVO:

La característica de esta prueba es calcular la cantidad de asfalto que necesita el material pétreo que formará una superficie de rodamiento, en función de las características físicas, de su graduación de acuerdo a su granulometría y del tipo de producto asfáltico que vaya a ser empleado.

El contenido de asfalto que se considera como óptimo, es aquel produce la mejor combinación de resistencia estructural y durabilidad en la carpeta asfáltica.

Esta última función directa dentro de los límites prácticos del espesor de la película asfáltica que cubre las partículas del agregado, es decir que a mayor espesor de película mayor resistencia al intemperismo y a la abrasión producida por los vehículos podemos considerar que para un agregado homogéneo se encuentran tres condiciones.

- A. Condición uno: el asfalto actúa como ligante, máxima resistencia estructural, pero durabilidad mínima.
- B. Condición dos: la película de asfalto actúa con menos poder ligante observándose un grado de lubricación entre sus partículas disminuyendo su estructura y aumentando su durabilidad.
- C. Condición tres: la película de asfalto, al ir aumentando de espesor, actúa principalmente como lubricante, perdiendo su poder ligante.

En esta condición va perdiendo resistencia la carpeta y se provocan deformaciones o desplazamientos al peso de los vehículos. Del contenido óptimo calculado se elaboran 12 probetas en donde 6 se mataran a saturar un tiempo de 96 horas, y los seis quedaran como testigos para realizar la resistencia, perdida de estabilidad y en donde se aplicara una carga que oscile entre 40 y 60 kilogramos cm^2 .

EQUIPO:

1. Moldes metálicos de (12.7 cm) de diámetro y (21.5cm) de altura.
2. Máquina de compresión con dispositivo para aplicar cargas de (10 kilogramos).
3. Varilla metálica de (1.9 cm) de diámetro y (30 cm) de longitud con punta de bala.
4. Placa metálica circular de (2.5 kilogramos) de peso y diámetro menor al del molde.
5. Charolas de lámina de 60 x 40 x 10 cm.
6. Cucharón de lámina con mango.
7. Bascula de (20 kilogramos) de capacidad y (1) gramo de aproximación.
8. Balanza de (2.610 kilogramos) de capacidad y (0.1) gramos de aproximación.
9. Cuchara de albañil.
10. Horno eléctrico que mantenga temperatura controlada de 0 a 110°C.
11. Termómetro graduado de (0) a (100) grados centígrados.
12. Molde de forma cilíndrica con capacidad de 9 a 10 litros aproximadamente.
13. Juego de mallas de abertura cuadrada de 50.8, 38.1, 25.4, 19.1, 12.7, 9.5, 6.4, No. 4, 10, 20, 40, 60, 100 y No. 200.

PROCEDIMIENTO:

- A. Se toma una o varias muestras del material que vaya a ensayarse en el laboratorio.
- B. Si las muestras contienen humedad se podrán a secar en una superficie limpia y se extiende al sol, durante 24 horas mínimo hasta que pierda completamente la humedad.
- C. Una vez que se haya secado el material, se hace un traspaleo de un lugar a otro de 3 a 5 veces teniendo cuidado de no perder partículas del suelo, sobre los materiales finos.
- D. Una vez hecho esto se procede a cuartear el material de tal forma que los cuadrantes sean aproximadamente iguales.
- E. Del material cuarteado, se toman los 2 cuadrantes diagonalmente opuesto para realizar la prueba.
- F. Se vacía el material al molde de forma cilíndrica, y se enrasara para determinar el peso volumétrico seco suelto.
- G. Se pesara y se medirá previamente el volumen o capacidad del recipiente cilíndrico.
- H. Se pesa el material más el molde y se registrara este dato en la hoja de cálculo.
- I. Una vez hecho esto, se empieza a tamizar el material por las mallas, para determinar la composición granulométrica.
- J. Se pesan los retenidos en cada una de mallas, y se hará el cálculo de los porcentajes acumulados, y el que pase cada una de las mallas.
- K. Se dibuja la curva granulométrica en la hoja de cálculo para ver si el material reúne las especificaciones del proyecto.
- L. Una vez fijada la granulometría de la mezcla asfáltica, se determinara el porcentaje en peso de los siguientes tamaños que se separaran previamente.
- M. Material retenido en la malla de 12.7 mm.
- N. Material retenido en la malla de 6.35 mm, y pasa por la malla de 12.7 mm.
- O. Material retenido en malla No. 10 y pasa por la malla de 6.35 mm.
- P. Material retenido en la malla No. 40 y pasa por malla No. 10.
- Q. Material que pasa la malla No. 40.
- R. Si el tamaño máximo es mayor de 9.5 mm, se requieren 4 kilogramos para elaborar cada uno de los 6 especímenes.

- S. Se tomará de cada uno de los antes mencionados, la cantidad que resulte de multiplicar el porcentaje en peso de cada fracción por el peso total de la muestra de 4 kilogramos.
- T. Las fracciones ya pesadas se mezclan previamente a la adición del producto asfáltico.
- U. Para elaborar mezclas de tamaño máximo menor o igual de 9.5 mm, se recomienda emplear 2 kilogramos, de material pétreo.
- V. Del contenido óptimo calculado por el método antes descrito deberá corresponder a los siguientes porcentajes de cementos asfálticos expresado con el siguiente cuadro.

Contenido calculado -0.5%	Contenido calculado + 1.0
Contenido calculado neto.	Contenido calculado + 1.5
Contenido calculado mas 0.5	Contenido calculado + 2.0

- W. Al agregar al producto asfáltico al material pétreo se homogenizara dando un calentamiento en una estufa de gas o de petróleo.
- X. La carga deberá ser en forma lenta y continua, y una vez alcanzada ésta se mantiene estática en un tiempo de 2 minutos.
- Y. La relación altura-diámetro del espécimen ya compactado deberá ser aproximadamente de 1.25 admitiéndose una discrepancia de 5 milímetros de los especímenes compactados.
- Z. Una vez elaborada una serie se especímenes con cada uno de sus porcentajes asfálticos se dejara enfriar a temperatura ambiente, en donde 6 muestras se meten al tanque de saturación un tiempo de 96 horas y las otras 6 muestras quedan como testigos para hacer la ruptura de muestras las saturadas y las sin saturar, en donde a continuación se dibujaran los datos que se obtengan en el cuadro siguiente.

Práctica No. 17

PROCEDIMIENTO MARSHALL PARA LA DETERMINACIÓN DE LOS VALORES DE ESTABILIDAD DE FLUJO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS.

OBJETIVO:

El método Marshall es limitado al proyecto y control de elaboración de mezclas asfálticas hechas en planta estacionaria, en caliente, utilizando cemento asfáltico. Se determinarán además, los valores de estabilidad y flujo de especímenes cilíndricos, compactados en forma axial en un determinado sistema y probado éstos a 60°C.

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

La deformación vertical producida por esa carga es el espécimen será el valor de flujo. El valor de estabilidad expresa la resistencia estructural de la mezcla compactada y está afectada principalmente por el contenido de asfalto, composición granulométrica y el tipo de agregado, esta expresada en milésimas de pulgada, y demás su valor es un índice de la cantidad del agregado. El valor del flujo representa la deformación requerida en el sentido del diámetro del espécimen, para producirse una fractura. Este valor es una indicación de la tendencia de la mezcla para alcanzar una condición plástica y consecuente de la resistencia que ofrece la carpeta a deformarse bajo la acción de las cargas impuestas por los vehículos. Este valor está expresado en centímetro de pulgadas.

EQUIPO:

1. Un molde compactación provisto de un collarín y de una placa de base.
2. Un sostén de molde de compactación para sujetar el molde.
3. Un pistón de compactación con superficie circular de apisonado de 98.4 mm, (17/8") de diámetro, equipado con una pesa deslizante de 4.536 kilogramos de peso (10 lbs.) cuya altura de caída es de 45.7 mm, (18").
4. Una máquina de compresión Marshall accionada con motor eléctrico que permita aplicar carga, por medio de una cabeza de prueba con forma de anillo accionado a una velocidad de 50.8 mm/min. está equipado con un anillo.

5. Un medidor de flujo.
6. Un tanque de saturación con dispositivo eléctrico para mantener constante la temperatura del agua.
7. Hornilla eléctrica para calentar los agregados.
8. Charolas y cucharones de lámina.
9. Termómetros para registrar las temperaturas entre 10-200°C.
10. Balanza de capacidad de 20 kilogramos y sensibilidad de 1 gramo.
11. Una espátula.
12. Una cuchara de albañil.
13. Baño de agua para calentar el pisón de compactación y el molde.

PROCEDIMIENTO:

1. Fijada la granulometría de los materiales, esto con el fin de conocer su comportamiento, se determinara el % en peso de los siguientes tamaños que ha sido previamente cribado el material pétreo.

Material que pasa la malla $\frac{3}{4}$ " y retenido en la $\frac{1}{2}$ ".

Material retenido en la malla No. 4.

Material retenido en la malla No. 40

Material retenido en la malla No. 200.

Material que pasa la malla No. 200.

Estos % se comprobarán una vez comprobado que la ubicación de la curva granulométrica del material pétreo, haya quedado dentro de las zonas especificadas, en caso contrario se tendrá que proyectar una nueva curva del material pétreo.

2. Calculados los % retenidos de dichas mallas se procederá a calcular el contenido mínimo de asfalto; lo cual estará en función de las constantes de área de los materiales pétreos e índice asfáltico de éstos, y se hará de la siguiente manera.

Contenido mínimo 0.0495×100

C.M. 4.95 % mínimo.

3. Se tomará para cada uno de los tamaños mencionados la cantidad de muestra necesaria para elaborar los especímenes los cuales tendrán un peso 1200 gramos de agregado pétreo, para cada contenido de asfalto se elaboraran tres especímenes. El cálculo de los agregados pétreos se hará de la siguiente forma: se multiplicara el % en peso retenido en cada una de las mallas antes mencionadas por la cantidad de la muestra total.

Las fracciones ya pesadas se mezclaran previamente a la adición de cemento asfáltico. La cantidad de cemento asfáltico que deberá agregarse a cada muestra, se calculará sobre la base del contenido mínimo de asfalto que se determina por el método antes mencionado. Estas cantidades de cemento asfáltico agregado, expresado con relación al peso del material pétreo.

CONTENIDOS CALCULADOS:

CONTENIDO CALCULADO + 0.5%

CONTENIDO CALCULADO + 1.0%

CONTENIDO CALCULADO + 1.5%

CONTENIDO CALCULADO + 2.0%

Se mezclarán los agregados pétreos y el cemento asfáltico, calentando previamente a la temperatura de 175 y 120 °C respectivamente hasta obtener una distribución uniforme de asfalto, la temperatura de la mezcla no debe ser menor a 100°C al momento de elaborar el espécimen. En ningún caso la mezcla deberá ser recalentada.

4. Para compactar la mezcla, así se procederá de la siguiente forma: el molde y el pisón se colocaran en el molde de agua hirviendo. Una vez calentado se sacará el equipo de baño de agua caliente, se colocará un papel filtro en el fondo del molde y se llevara este con la mezcla caliente. Se apoyará el pisón sobre la mezcla y se aplicarán 75 golpes con la pesca deslizante, la carga del pisón se deberá mantener paralela a la base del molde durante el proceso de compactación. Se quita el collarín y se aplicaran otros 75 golpes con la pesa deslizante al espécimen.

El procedimiento de compactación antes descrito se aplica al estudio de mezcla asfáltica proyectada para recibir presiones de contacto comprendidas entre 7 y 14 kg. /cm cuadrado.

En caso de que las expresiones del contacto no excedan de 7 kg/cm, cuadrado, deberá compactarse con 50 golpes por cara del espécimen. Se removerá el collarín y la placa de base, y el molde con su contenido sumergido en agua fría durante un tiempo de 2 minutos se extraerá el espécimen del molde, se identificará y se deja enfriar a la temperatura ambiente durante 12 a 24 horas. Los especímenes compactados deberán tener una altura de 6.35 cm, con una tolerancia de 3.2 mm, y en caso contrario deberá repetirse la prueba.

5. La prueba de los especímenes compactados comprende la determinación del peso volumétrico y de los valores de estabilidad y flujo, la determinación del peso volumétrico se lleva a cabo por procedimientos ya conocidos. Los valores de estabilidad y flujo se obtendrán ensayando los especímenes en el aparato Marshall siguiendo el procedimiento que a continuación se describe.

Se sumergirán los especímenes en el baño con agua, previa protección de los especímenes con algún material para proveer que se le introduzca agua a su interior a una temperatura de 60°C y se mantendrá en este estado durante 20 minutos.

Mientras los especímenes se encuentran en el tanque de saturación se preparara el aparato Marshall. Terminado el período de inmersión, se colocará el espécimen en la cabeza de prueba centrándose en conjunto en la máquina de compresión.

Se colocará el medidor de flujo en el poste guía y se ajustara a cero su caratula, ajustando a cero el extensómetro o anillo, se procederá a aplicar la carga al espécimen a una velocidad de 50 mm/min, hasta que ocurra la falla del espécimen. La carga máxima aplicada para producir la falla del espécimen a la temperatura de 60 °C se deberá registrar como el valor de estabilidad Marshall. Mientras se lleva a cabo la prueba se sostendrá el medidor de flujo y se registrara la deformación del espécimen tan pronto como se haya aplicado la carga máxima de este.

NOTA:

Con el objetivo de verificar que las mezclas elaboradas se les haya adicionado el % respectivo (ya calculado) de cemento asfáltico, se lleva la prueba de ROTAREX, la cual consiste lo siguiente:

Se toma de los especímenes elaborados, se disgrega por algún proceso, se pesa una determinada cantidad de mezcla disgregada (500 gramos por lo general) se somete al lavado en el ROTEREX hasta que quede perfectamente limpio y se pesa de nuevo.

El de cemento asfáltico adicionado inicialmente, se calculara de la siguiente manera:

$$\% \text{ C.A.} = \frac{p_i - p_f \times 100}{p_i}$$

Donde:

p_i = Peso inicial de la muestra trabajada.

p_f = Peso final de la muestra trabajada después de lavada.

CALCULOS:

1. Se calculará el peso volumétrico de los especímenes, por métodos ya conocidos.
El volumen del espécimen se determinará por diferencia de pesos del espécimen a los pesos en el aire y sumergido en o agua este.
2. Se calculará a densidad máxima teórica el % de vacíos para cada contenido de asfalto.
3. Se corregirán los valores de estabilidad de los especímenes multiplicando los valores obtenidos por los factores de corrección que se dan a continuación:
Se dibujaran las graficas siguientes:
Peso volumétrico – contenido de asfáltico.
Estabilidad – contenido de asfalto.
Flujo – contenido de asfalto.
Huecos compactados por el contenido de asfalto.

4. De los datos obtenidos en las graficas, se calculara el contenido óptimo de asfalto, promediando los siguientes valores:

- El contenido que corresponde al mayor peso volumétrico.
- El contenido de asfalto a la máxima estabilidad.
- El contenido de asfalto que corresponde al valor medio del % de huecos ocupados por el asfalto.

Se recomienda que las mezclas cuyo contenido de C.A. corresponda al promedio de los valores anteriormente indicados reúnan los siguientes requisitos de la tabla siguiente:

TIPO DE MEZCLA.	PRESIÓN DE CONTACTO kg/cm ² .	
	7 kg/cm ²	14 kg/cm ²
ESTABILIDAD.	225 kg. min.	700 kg. min.
FLUJO.	4 min. max.	5 min. max.
% de vacios con agregados de tamaño máx. de:		
19.05 mm.	3 - 5	3 - 5
6.35 mm.	5 - 7	6 - 8
% de huecos ocupados por la C.A. con agregados de tamaño máx. de:		
19.05 mm.	75 - 85	75 - 82
6.53 mm.	65 - 75	65 - 72

Práctica No. 18

PERMEABILIDAD EN CARPETAS.

OBJETIVO:

Esta prueba tiene una gran importancia, ya que sus resultados indican si existe la posibilidad de que el agua proveniente de lluvias o escurrimientos superficiales, penetre a través de las grietas o intersticios que presenta la carpeta asfáltica construida, provocando un humedecimiento de la base de pavimento; con el consiguiente descenso del poder del soporte de esta última capa, o bien el desprendimiento de la película de asfalto en el interior de la carpeta, cuando los materiales que la forma presenta características "HIDROFILAS".

EQUIPO:

1. Un anillo de lámina de 25 cm. de diámetro interior y de 5 cm, de altura.
2. Un cono de bronce de 2.54 cm. de altura, y 1.91cm de diámetro en la base.
3. Una probeta de vidrio de 1000 milímetros de capacidad.
4. Una probeta de vidrio de 500 milímetros de capacidad.
5. Una probeta de vidrio de 200 milímetros de capacidad.
6. Una probeta de vidrio de 100 milímetros de capacidad.
7. Una estufa de gas o petróleo.
8. Un recipiente con agua.
9. Una espátula flexible.
10. Parafina, cemento asfáltico, masticque, plastilina ó una mezcla de parafina y brea por partes iguales.

PROCEDIMIENTO:

1. Se escoge un sitio de donde se va a realizar la prueba.
2. Se coloca el anillo de lámina sobre la carpeta.
3. Se coloca entre la pared exterior de anillo y la carpeta, un cordón de 2 cm. de diámetro del material que va a ser utilizado para sellar (parafina, brea ó cemento asfáltico).
4. Se presiona con los dedos para que obture los huecos que queden entre el anillo y la carpeta para impedir las fugas del agua que se colocará posteriormente dentro del anillo.
5. Se coloca el cono en el centro del depósito y rápidamente se vacía agua hasta el nivel marcado por el vértice del cono.
6. Una vez lleno el depósito hasta la altura indicada se agrega agua de la probeta graduada, para compensar la pérdida de agua por filtración.
7. Se llena la probeta en la cantidad necesaria para mantener constante el nivel de agua, por un periodo de 10 minutos.
8. Este tiempo empezará a contar a partir del momento en que se alcanza por primera vez la altura especificada.
9. El volumen total del agua que se filtra a través de la carpeta será expresado como porcentaje del volumen del depósito.
10. Este porcentaje representa el índice de permeabilidad de la carpeta en estudio.
11. Se calcula la permeabilidad por medio de la siguiente formula.

$$\frac{V_f}{V_t} \times 100 = 0.08 V_f$$

Siendo:

V_f = Volumen filtrado durante el tiempo de prueba de 10 minutos, en cm³.

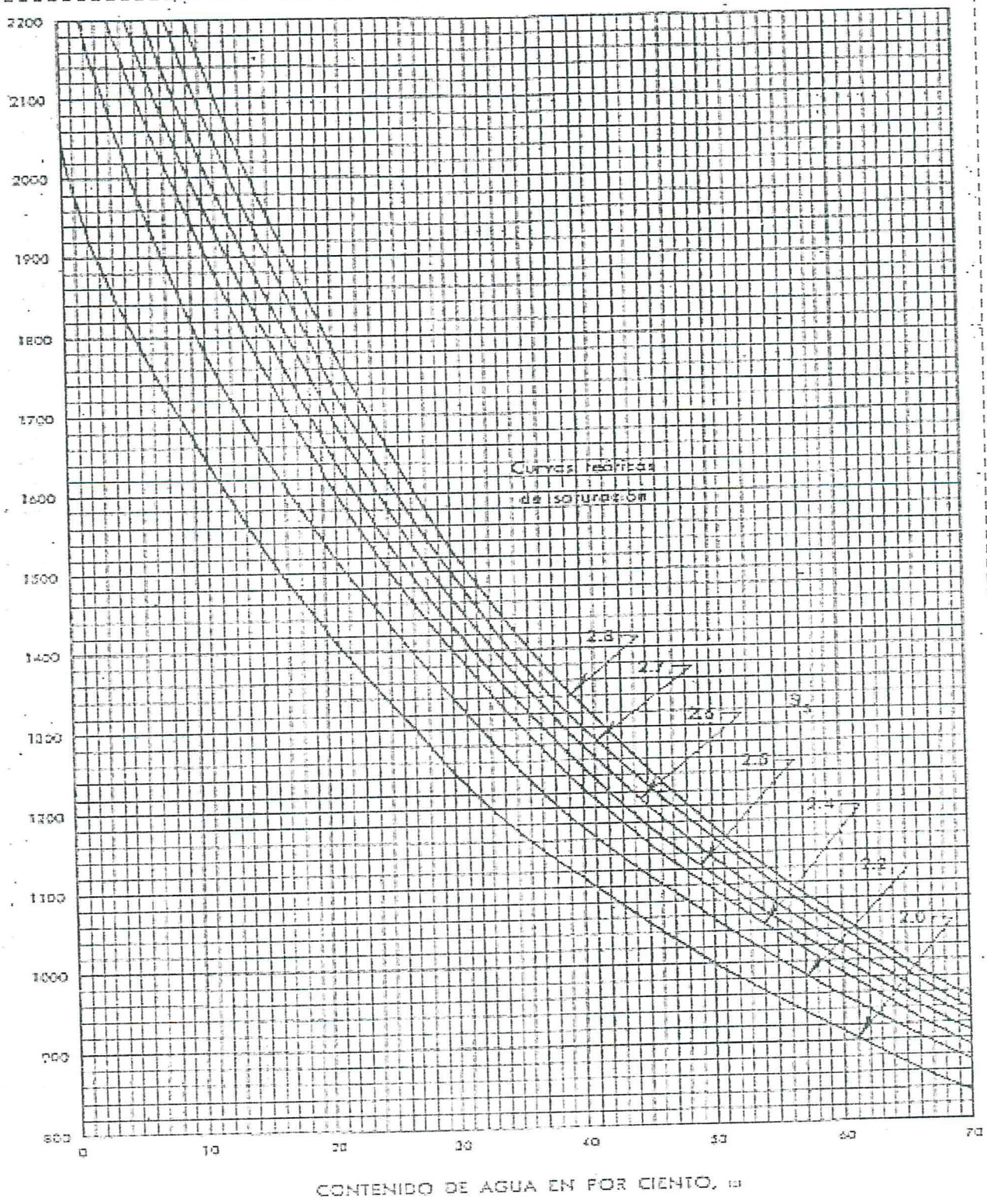
V_t = Volumen total de depósito = 1247 cm³ para las dimensiones especificadas.

BIBLIOGRAFÍA

1. Especificaciones generales en materiales de construcción. De: S.C.T.
2. Instructivo para efectuar pruebas en materiales de Pavimentación. De: SAHOP ó SCT
3. Juárez Badillo y Rico Rodríguez (1981) "Mecánica de Suelos". Fundamentos de la Mecánica de Suelos, Tomo 1. Tercera Edición, Editorial Limusa.
4. Normas para muestreo y pruebas de los materiales, equipos y sistemas, Tomo I y II. De: S.C.T.
5. 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.
6. 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.
7. Vías de comunicación. De: Carlos Crespo Villaláz

Formatos

PESO ESPECIFICO SECO EN KILOGRAMOS POR METRO CUBICO



CALCULO DEL POR CIENTO DE HUECOS LLENOS DE AIRE CORRESPONDIENTE AL γ_d epi. y γ_s máx.

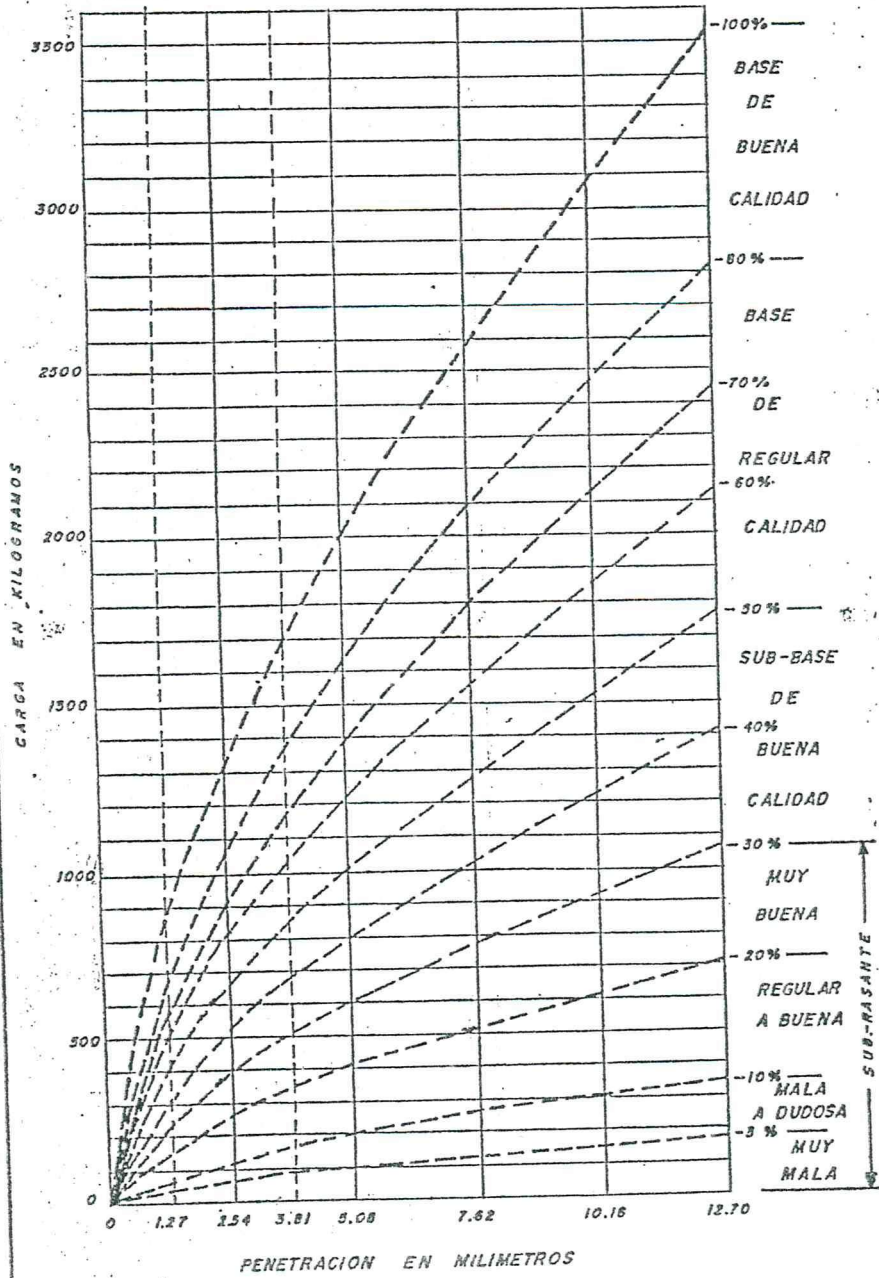
$$\gamma_d = \frac{\gamma_s (1 - e)}{1 + e} \quad \gamma_s = 1000 \text{ kg/m}^3 \quad \gamma_d = \dots$$

U.A.S.

ESCUELA DE INGENIERIA DE MAZATLAN
LABORATORIO DE PAVIMENTOS

MUESTRA Nº _____ LABORATORISTA _____ FECHA _____

PRUEBA DE VALOR RELATIVO DE SOPORTE



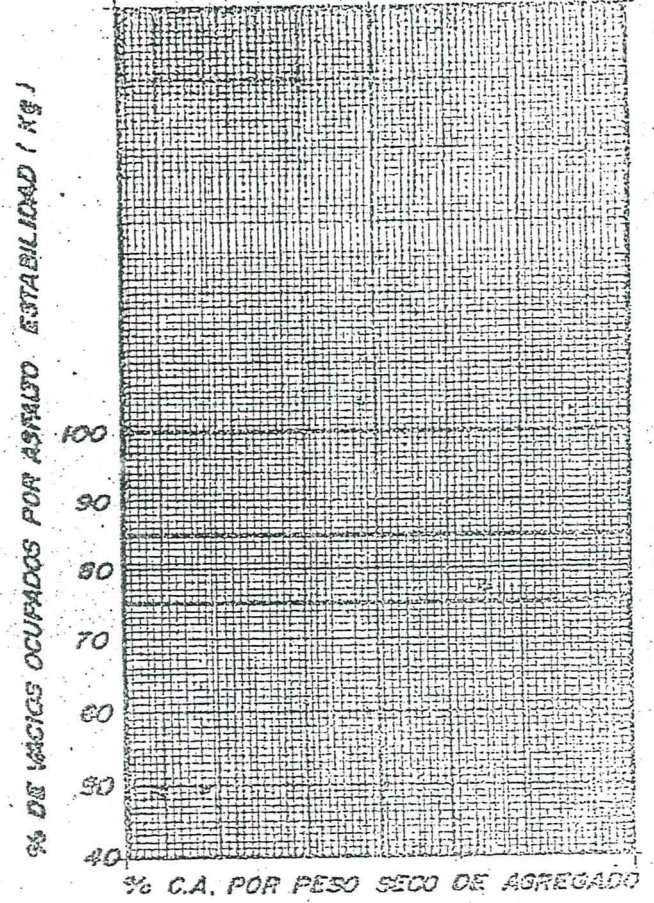
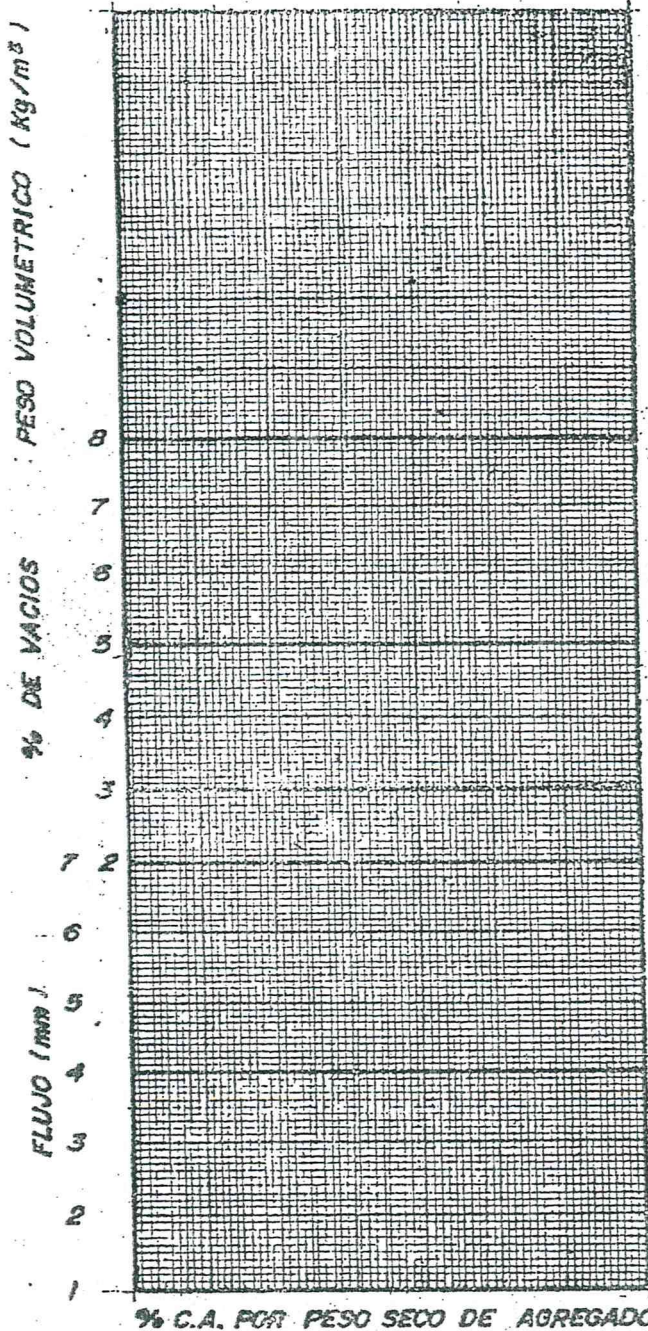
OBSERVACIONES: _____

Alumno _____ Calif. _____ Fecha _____

U.A.S

ESCUELA DE INGENIERIA DE MAZATLAN
LABORATORIO DE PAVIMENTOS

PRUEBA MARSHALL



- FRESION DE LAS LLANTAS (Kg/cm²)
- CONTENIDO OPTIMO DE C.A. (% en peso)
- PESO VOLUMETRICO (Kg/m³)
- % DE VACIOS
- FLUJO (mm.)
- ESTABILIDAD (Kg)
- % DE VACIOS OCUPADOS POR ASFALTO

ESPECIFS.

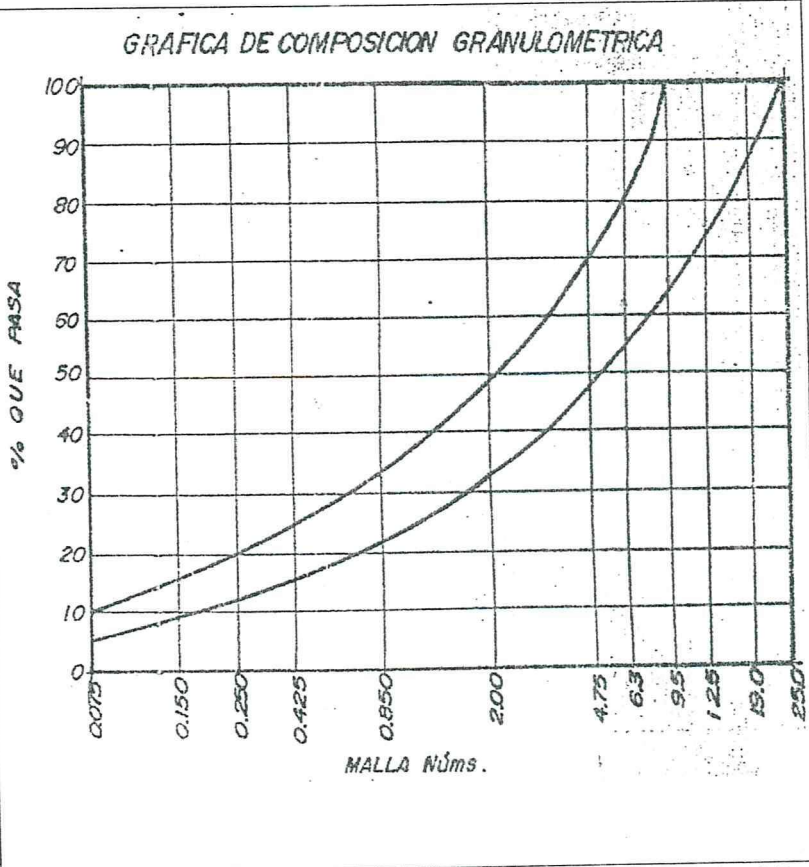
EL LABORATORISTA

SECCION

JEFE DEL DEPARTAMENTO

U.A.S.	Escuela de Ingeniería de Mazatlán Laboratorio de pavimentos.
Viaje No. _____	Tendido en km _____ a km _____ carril _____
Franja _____	Temp. de la mezcla al salir de la planta _____ °C
En el tendido _____ °C.	Al iniciar la compact. _____ °C

P.E. SECO SUELTO kg/m ²				
CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL PETREO	COMPOSICION GRANULOMETRICA.	Mallas	Del proyecto	
			No. 25.0	
			" 19.0	
			" 12.5	
			" 9.5	
			" 6.3	
			" 4.75	
			" 2.00	
			" 0.850	
			" 0.425	
			" 0.250	
			" 0.150	
			" 0.075	
		P.E. (yp) g/cm ²		
		Absorción %		
	Desgaste %			
	% trituración			
	Part. Alargadas%			
	Part. Lajeada %			
	Equiv. de arena			
	Contracción lineal			



Características de la mezcla		Del proyecto	Características del espécimen	Especificación.	Características del asfalto
Contenido asfalto %			P.E. kg/m ³		Tipo
Aditivo usado	Marca		Estabilidad, kg		Penetración
	Tipo		Flujo, mm		Viscosidad
	Cantidad %		Vacios, %		Temp. recom.
Afinidad			V.A.M. %		Temp. de aplic.

Observaciones y recomendaciones: _____

Laboralista: _____

Jefe de laboratorio: _____

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE SIANLOA.
INFORME DE TERRACERIAS.

Obra: _____		Ensayes No. _____					
Localización: _____							
Fecha de recibo: _____				Fecha de informe: _____			
Identificación.	Núm. de ensaye						
	Estación						
	Lado						
	capa						

Características del material.	Tamaño máximo						
	% retenido en malla 75mm						
	% pasa malla 4.75"						
	" " " 0.425 "						
	" " " 0.075"						
	Equivalente de húm. de campo %						
	Límite líquido %						
	Índice plástico %						
	Contracción lineal %						
	P.E.S, suelto kg/m ³						
	P.E.S, máximo kg/m ³						
	Humedad optima %						
	Humedad natural %						
	Compactación del lugar %						
	V.R.S, estándar saturado %						
Expansión %							
Clasificación							

Tipo de prueba
Curva de proyecto

ESTUDIOS DE ESPESORES	Comp. del	Humedad de prueba %					
		V.R.S, %					
	90% comp	Humedad de prueba %					
		V.R.S, %					
	95% comp.	Humedad de prueba %					
		V.R.S, %					
	100% comp.	Humedad de prueba %					
		V.R.S, %					
			Humedad de prueba %				
			V.R.S, %				
			Humedad de prueba %				
			V.R.S, %				
		Humedad de prueba %					
		V.R.S, %					

NOTA:

En graficas dibujadas en separado se hace el análisis de los V.R.S. y espesores de pavimentos requeridos.

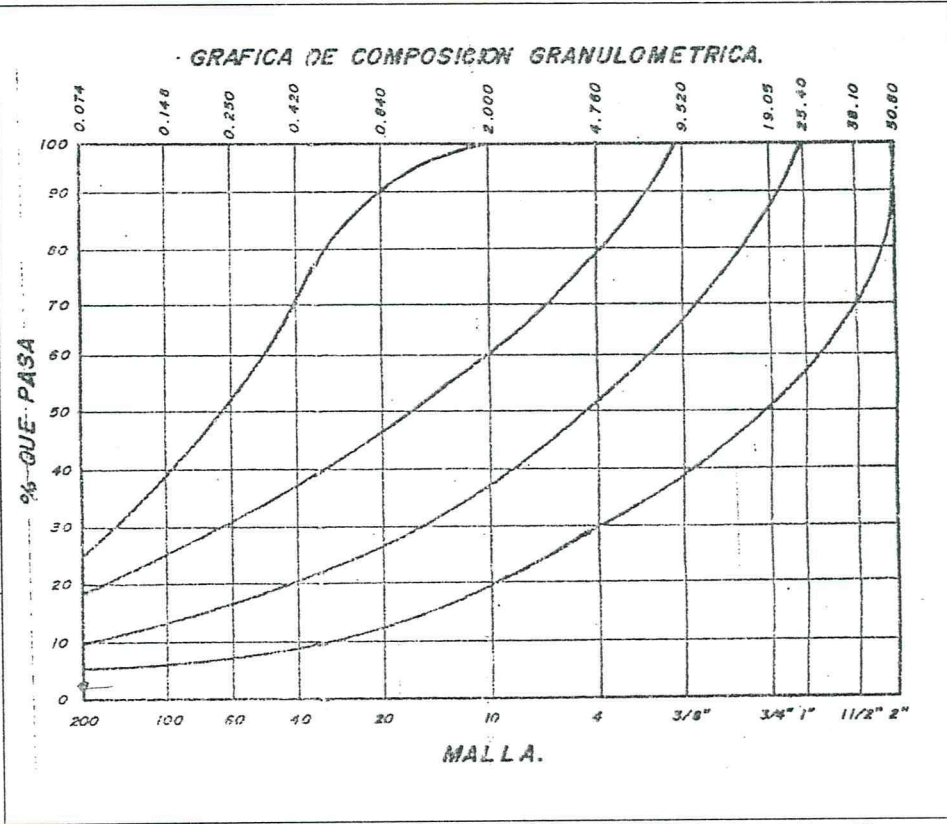
Observaciones y recomendaciones: _____

Jefe del laboratorio: _____

Informe de ensaye de materiales de base y sub-base.

Material: _____	Expediente: _____
Ensaye No. _____	Muestra No. _____
Enviada por: _____	Fecha de recibo: _____
Procedencia: _____	Fecha de informe: _____

Peso vol. suelto kg/m ³ _____
Peso vol. máx. kg/m ³ _____
Humedad optima _____
% QUE PASA LA MALLA
2" _____
1 1/2" _____
1" _____
3/4" _____
3/8" _____
No. 4 _____
" 10 _____
" 20 _____
" 40 _____
" 60 _____
" 100 _____
" 200 _____
% DESPERDICIO en la muestra _____
V.R.S. (ESTANDAR)% _____
% expansión _____
Valor cementante _____



PRUEBAS EN MAT. MAYOR 3/8"	PRUEBAS SOBRE MATERIAL TAMIZADO POR MALLA No. 40
Absorción _____	Limite liquido _____
Densidad _____	Limite plástico _____
	Índice plástico _____
	Equiv. humedad campo _____
	Contracción lineal _____
Peso volumétrico en el lugar _____	Clasificación petrográfica _____
Humedad en el lugar _____	
Grado de compactación _____	
RECOMENDACIONES: _____	
LABORATORISTA: _____	JEFE DE LABORATORIO DE CAMPO DE: _____
	JEFE REGIONAL DE LABORATORIOS DE: _____

U.A.S.	Escuela de Ingeniería de Mazatlán. Laboratorio de Pavimentos
--------	---

Prueba de compactación proctor.

Determinación del peso específico seco máximo y humedad óptima.

Descripción de la muestra: _____	Ensayes No. _____
Estudio que se le va a efectuar: _____	Fecha de iniciación: _____
procedencia: _____	Fecha de terminación: _____
Laboratorista: _____	

Tipo de prueba: _____ No. de capas: _____
 Peso pistón: _____ Molde No. _____ Volumen: _____
 No. de golpes por capa: _____ Altura caída: _____

PRUEBA NUMERO	1	2	3	4	5	6	7
Peso molde + suelo húmedo, g							
Peso del molde, g							
Peso suelo húmedo, g (W m)							
Peso específico húmedo, kg/m ³ $\gamma_m = \frac{W_m}{v}$							
Capsula número							
Peso capsula + suelo húmedo, g							
Peso capsula + suelo seco, g							
Peso del agua, g							
Peso capsula, g							
Peso suelo seco, g							
Contenido de agua, %							
Peso específico seco, kg/m ³ $\gamma_a = \frac{\gamma_m}{1 + m}$							

