



MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE

Pavimentos

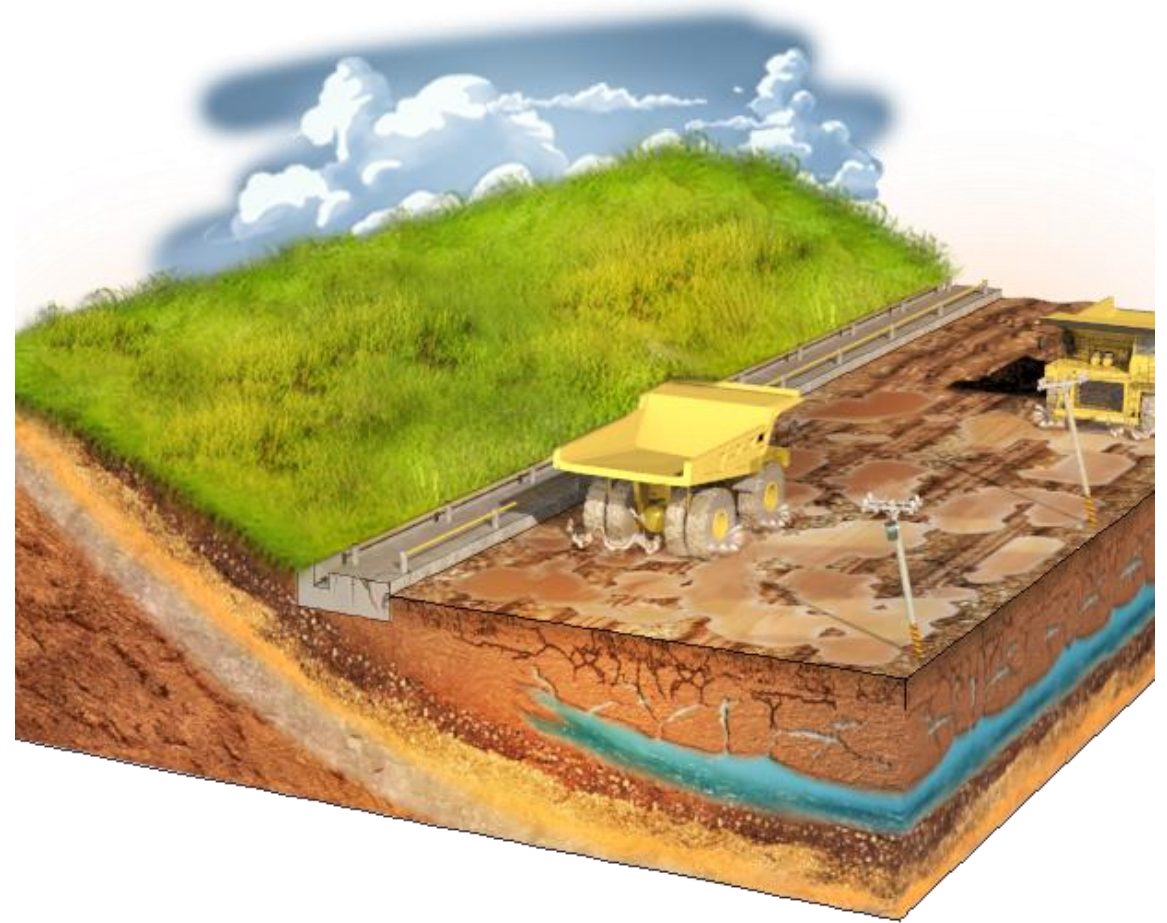
Séptimo A



www.ventadeasfalto.com.p

Caracterización de la Subrasante

- La Caracterización de la Subrasante es fundamental en el diseño de pavimentos dado que responde ante las cargas de tránsito y depende de las propiedades que tenga el suelo a utilizarse. Para el análisis del suelo se debe tomar suficiente cantidad de muestra para así poder determinar su humedad natural, límites de consistencia, granulometría, compactación, resistencia ante cargas transitorias, entre otras.



Ensayo Granulometría

- Para los métodos de muestreo y ensayo de los áridos de alta densidad, se debe referir a la norma ASTM C 637.
- La tela del tamiz debe ser montada sobre marcos cuya construcción evite pérdidas de material durante el tamizado. La tela y los marcos del tamiz normalizado deben cumplir con los requisitos de la NTE INEN 154. Los marcos de tamiz no normalizados deben cumplir con los requisitos de la NTE INEN 154 que sean aplicables.
- ASTM C 136. Los siete tamices estándar ASTM C 33 para agregado fino tienen aberturas que varían desde la malla No. 100 de 150 micras hasta 9.52mm.
- La norma ASTM D 448 enlista los trece números de tamaño de ASTM C 33, más otros seis números de tamaño para agregado grueso.



Granulometría

- Se entiende que “La granulometría o análisis granulométrico de un agregado es todo procedimiento manual o mecánico por medio del cual se pueda separar las partículas constitutivas del agregado según tamaños, de tal manera que se puedan conocer las cantidades en peso de cada tamaño que aporta el peso total.”



Granulometría

- Para separar por tamaños se utilizan las mallas de diferentes aberturas, las cuales proporcionan el tamaño máximo de agregado en cada una de ellas. En la práctica, los pesos de cada tamaño se expresan como porcentajes retenidos en cada malla con respecto al total de la muestra. Estos porcentajes retenidos se calculan tanto parciales como acumulados, en cada malla, ya que con estos últimos se procede a trazar la gráfica de valores de material (granulometría), (REYES, 2015).





Granulometría

Tabla 1. Escala granulométrica.

ESCALA GRANULOMÉTRICA

Partícula	Tamaño
Arcillas	$< 0,002 \text{ mm}$
Limos	$0,002\text{-}0,06 \text{ mm}$
Arenas	$0,06\text{-}2 \text{ mm}$
Gravas	$2\text{-}60 \text{ mm}$
Cantos rodados	$60\text{-}250 \text{ mm}$
Bloques	$>250 \text{ mm}$

Granulometría

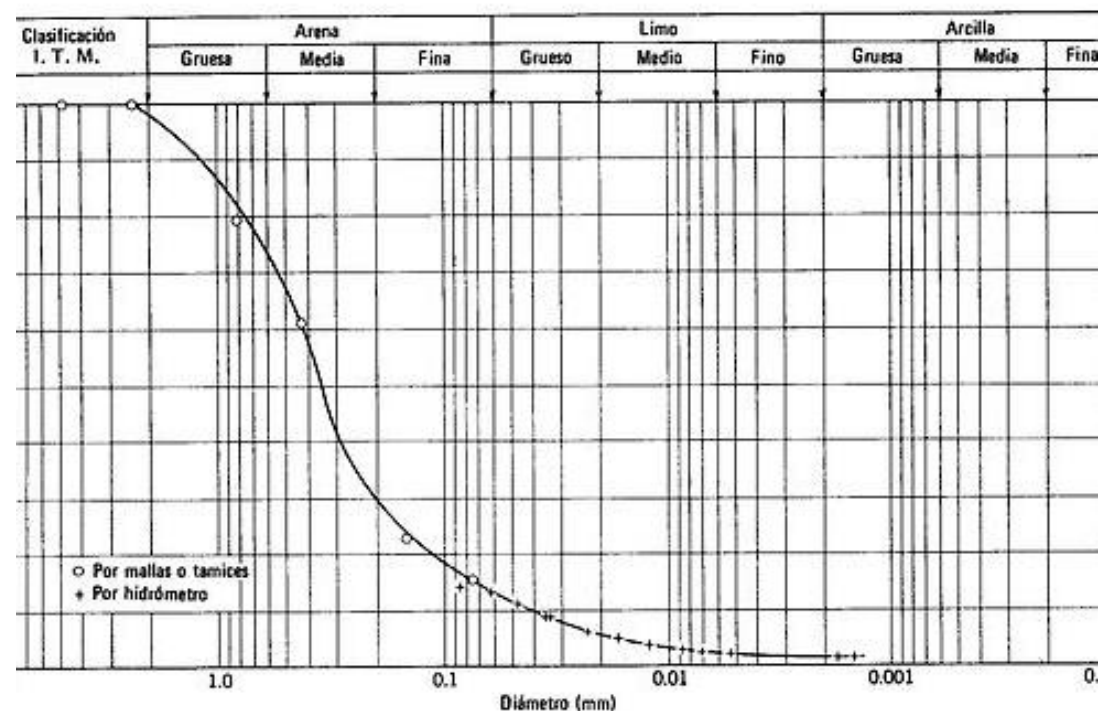
Tamizaje



- Para su realización se utiliza una serie de tamices con diferentes diámetros que son ensamblados en una columna. En la parte superior, donde se encuentra el tamiz de mayor diámetro, se agrega el material original (suelo o sedimento mezclado) y la columna de tamices se somete a vibración y movimientos rotatorios intensos en una máquina especial. Luego de algunos minutos, se retiran los tamices y se desensamblan, tomando por separado los pesos de material retenido en cada uno de ellos y que, en su suma, deben corresponder al peso total del material que inicialmente se colocó en la columna de tamices. (Conservación de la Masa)

Curva Granulométrica

- Tomando en cuenta el peso total y los pesos retenidos, se procede a realizar la curva granulométrica, con los valores de porcentaje retenido que cada diámetro ha obtenido. La curva granulométrica permite visualizar la tendencia homogénea o heterogénea que tienen los tamaños de grano (diámetros) de las partículas. Se representa gráficamente en un papel denominado "log-normal" por tener en la horizontal una escala logarítmica, y en la vertical una escala natural.



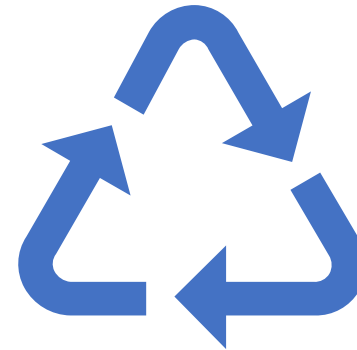
— Ensayo Granulométrico



Ensayo Límites de Atterberg



Límite líquido (Norma ASTM D.4318, AASTHO T89).

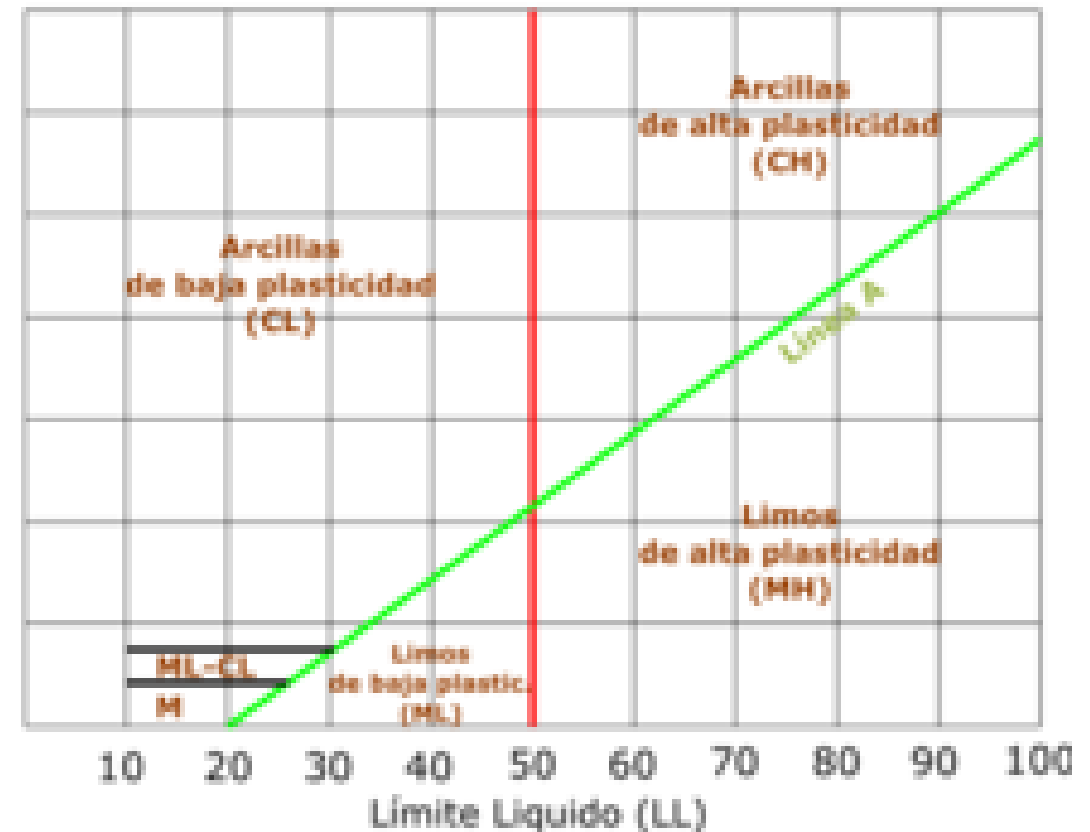


Límite plástico (Norma ASTM D.4318, AASHTO T90).

Límites de Atterberg o de Consistencia

- Los límites de Atterberg o límites de consistencia se utilizan para caracterizar el comportamiento de los suelos finos, aunque su comportamiento varía a lo largo del tiempo. Estos son ensayos de laboratorio normalizados que permiten obtener los límites del rango de humedad dentro del cual el suelo se mantiene en estado plástico. Con ellos, es posible clasificar el suelo en la Clasificación Unificada de Suelos (Unified Soil Classification System, USCS).

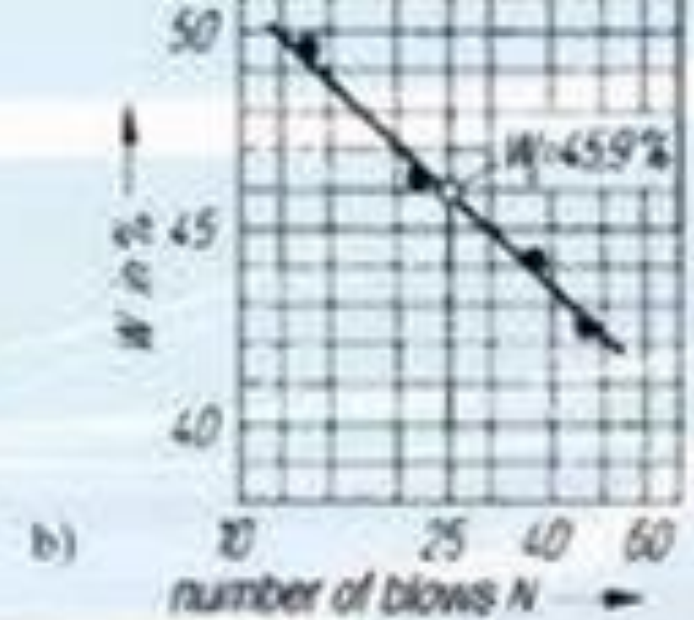
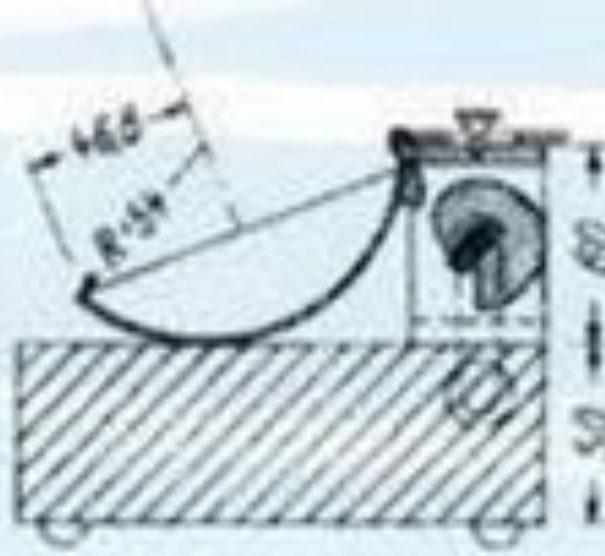
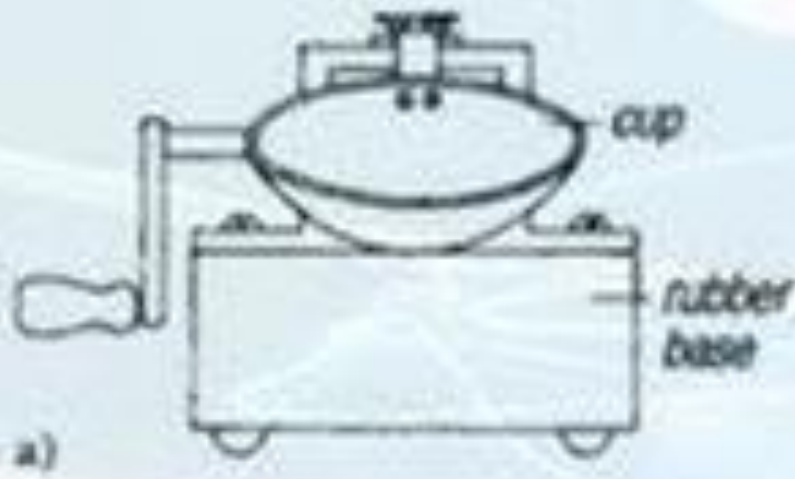
Gráfica de plasticidad del USCS



Límites de Atterberg o de Consistencia

- Para obtener estos límites se requiere remodelar (manipular) la muestra de suelo destruyendo su estructura original y por ello es que una descripción del suelo en sus condiciones naturales es absolutamente necesaria y complementaria. Para realizar los límites de Atterberg se trabaja con todo el material menor que la malla #40 (0.42 mm). Esto quiere decir que no solo se trabaja con la parte fina del suelo (< malla #200), sino que se incluye igualmente la fracción de arena fina.





Límites de Atterberg o de Consistencia

LÍMITE LÍQUIDO (Norma ASTM D.4318, AASTHO T89)

- Casagrande definió el límite líquido como el contenido de agua al cual un corte estándar de separación, practicado en la muestra de suelo remoldeado a 25 golpes de la caída del vaso de límite líquido o copa de Casagrande. (FRATELLI, 1993)
- El límite líquido corresponde al de Atterberg, definido como el contenido de agua en el punto de transición de la muestra, de un estado líquido a un estado plástico, en donde el suelo adquiere una cierta resistencia al corte. (FRATELLI, 1993)

Límites de Atterberg o de Consistencia

LÍMITE PLÁSTICO (Norma ASTM D.4318, AASHTO T90)

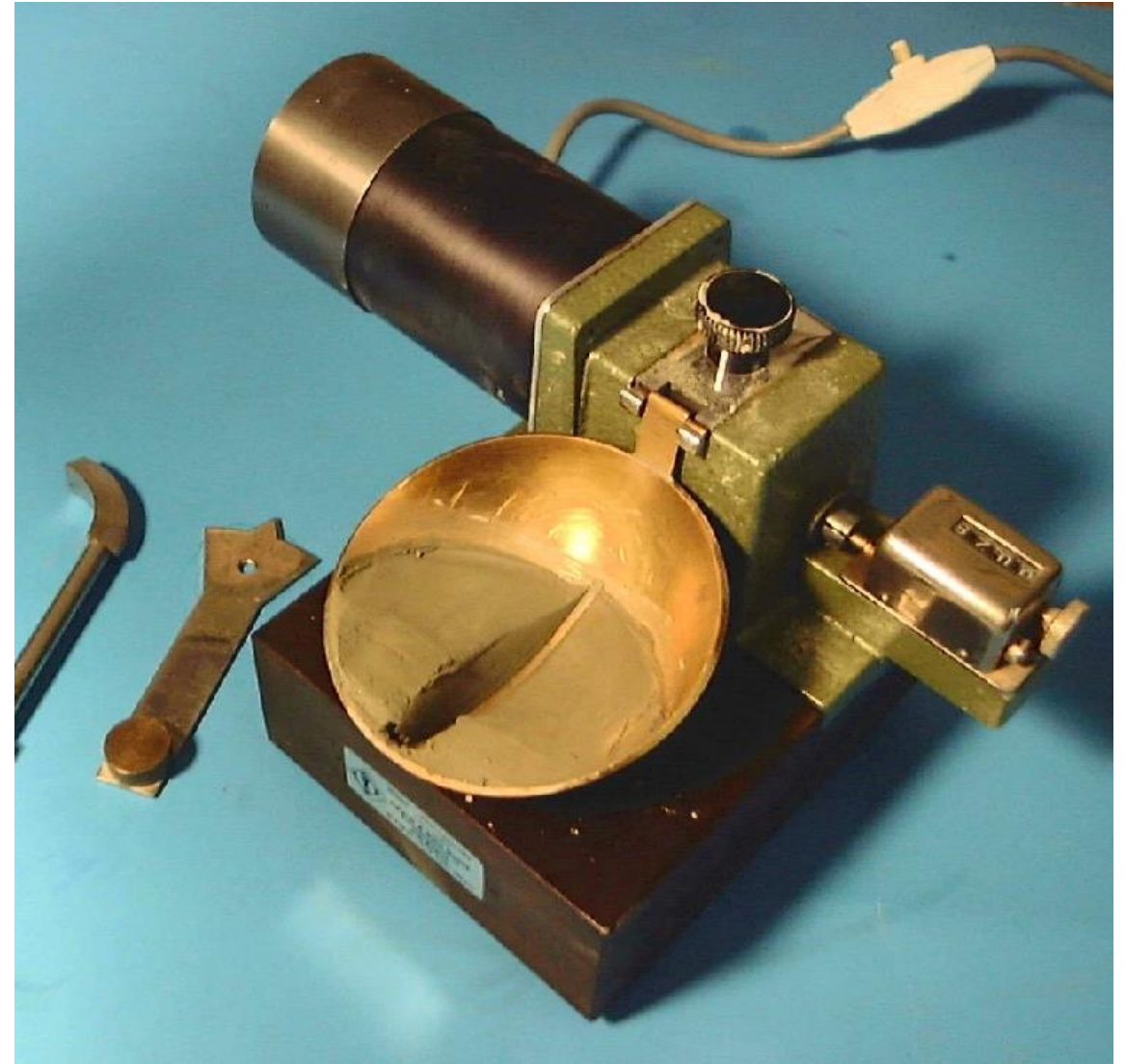
- El límite plástico se define como el contenido de agua al cual un rollo de suelo se agrieta cuando es cuidadosamente enrollado hasta un diámetro de 3.18 mm (1/8 pl.). Debe fragmentarse en segmentos de 3.0 - 10.0 mm (1/8 - 3/8 pl.) de longitud. (THORNBURN, 1992)
- En el límite plástico, definido por Atterberg, como la humedad para la cual se producen fisuras al enrollar cilindros de suelo. El enrollado debe hacerse en placas de vidrio y no sobre papel, ya que este aceleraría el proceso de secado de la muestra. En el caso de la determinación del límite plástico, si las tiras pueden enrollarse hasta un diámetro menor, entonces el suelo está muy mojado (por encima del límite plástico); si se agrieta antes de alcanzar los 3.0 mm (1/8 pl.) de diámetro, entonces se ha sobrepasado el límite plástico.



Límites de Atterberg o de Consistencia

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO, MÉTODO DE CASA GRANDE

- Este método de ensayo consiste en determinar el contenido de agua de un suelo, en el límite entre su comportamiento líquido y plástico, valiéndose de un dispositivo mecánico (Copa de Casagrande) en el que, con un determinado número de golpes, se establece la fluencia del suelo en condiciones normalizadas.



Ensayo
Límites de Atterberg
o de Consistencia



Bibliografía

- Rodríguez V. (2013). Mecánica de suelos. Recuperado de:
https://www.academia.edu/5251201/JUAN_CARLOS_RODRIGUEZ_VIL_LAMIL
- Juárez, Badillo – Rico Rodríguez. (1973). *Fundamentos de Mecánica de Suelos*. México.
- BOWLES, J.E. 1980. Manual de laboratorio de suelos en Ingeniería Civil, 2 ed. Colombia. Ed. Mc Graw Hill.
- POLANCO RODRIGUEZ, A. Manual de Prácticas de laboratorio de Mecánica de Suelos I.

***DETERMINACIÓN DE
LA DENSIDAD
MÁXIMA Y
HUMEDAD ÓPTIMA
DEL SUELO***



Resumen

- Existe dependencia del grado de compactación alcanzado por los suelos, con el contenido de humedad y la magnitud del trabajo mecánico aplicado. Los ensayos de compactación que permiten poner en evidencia la relación entre estas variables, son empíricos y su técnica está normalizada, para obtener resultados reproducibles que permitan fijar límites de referencia y juzgar así la eficiencia de un proceso de compactación en las obras, todo con el objetivo del mejoramiento de las propiedades de un suelo y obtener de tal manera un suelo estructurado, que posea mantenga un comportamiento mecánico adecuado a través de toda la vida útil de la obra.



Ensayo Proctor Estándar - Modificado

Se realiza para determinar la humedad óptima en la cual un suelo alcanza su máxima compacidad. La humedad es importante pues aumenta o disminuye su contenido en el suelo, esta puede alcanzar mayores o menores densidades del mismo tiempo.

Las normas aplicadas en esta práctica son la NTE INEN 695 para el muestreo, la AASHTOM92 para el tamizado de la subrasante, la AASHTO T265 para la humedad de la muestra, la AASHTO R47 para la muestra de suelo a ensayar, la AASHTO T 265 para determinar el contenido de humedad.

Ensayo Proctor Estándar y Modificado

- La compactación se lo puede realizar por el proctor estándar y el proctor modificado. En primer lugar, se lanza sobre el suelo natural existente, generalmente en camadas sucesivas, un terreno con granulometría adecuada; a seguir se modifica su humedad por medio de aeración o de adición de agua y, finalmente, se le transmite energía de compactación por el medio de golpes o de presión. Para esto se utilizan diversos tipos de máquinas, generalmente rodillos lisos, neumáticos, pie de cabra, vibratorios, etc., en función del tipo de suelo y, muchas veces, de su accesibilidad. (MAYTA, 2016)



Ensayo Proctor

Estándar y Modificado

- Los ensayos más importantes son el Proctor Normal o estándar y el Proctor modificado. En ambos análisis son usadas porciones de la muestra de suelo mezclándolas con cantidades distintas de agua, colocándolas en un molde y compactándolas con una masa, anotando las humedades y densidades secas correspondientes. En poder de estos parámetros, humedad/ densidad seca (humedad en %), se colocan los valores conseguidos en un gráfico cartesiano donde la abscisa corresponde a la humedad y la ordenada a la densidad seca. Es así posible diseñar una curva suave y conseguir el punto donde se produce un máximo al cual corresponda la densidad seca máxima y la humedad óptima. (MAYTA, 2016)



Diferencia Proctor Estándar y Modificado

- La diferencia básica entre el ensayo Proctor Normal y el Modificado es la energía de compactación usada. En el Normal se hace caer un peso de 2.5 kilogramos de una altura de 30 centímetros, compactando la tierra en 3 CAMADAS con 25 golpes y, El Modificado, un peso de 5 kilogramo de una altura de 45 centímetros, compactando la tierra en 5 camadas con 50 golpes. El ensayo de Proctor Modificado requiere una energía de compactación mayor que el ensayo Proctor Normal y recrea, por tanto, unos medios de compactación más potentes y enérgicos.





Ensayo
Proctor
Estándar y
Modificado

**ELABORACIÓN Y
SATURACIÓN
ESPECÍMENES PARA
ENSAYO DE PRUEBA DE
CAPACIDAD DE SOPORTE
CALIFORNIA**



RESUMEN

- El ensayo CBR se lo realiza con el fin de conocer la resistencia portante de un cierto terreno o suelo, ya que es fundamental en el diseño de pavimentos dado que responde ante las cargas de tránsito y depende de las propiedades que tenga el suelo a utilizarse, con la finalidad de complementar lo expuesto la materia; se detallara las normas en general que son aplicables, así también el desarrollo de dicho ensayo en laboratorio y como procesarlo en gabinete y finalmente como interpretarlo.
- Como se sabe el suelo o agregado que se usa para subrasante, sub-base de un pavimento tiene que cumplir estándares en cuanto a calidad para poder obtener un pavimento de calidad, en tal motivo y con fines educativos es que se realizó el ensayo de CBR para poder obtener la capacidad de soporte de nuestro suelo extraído en campo y ver si se puede utilizar para la conformación de sub-base, sub-rasante o base de un pavimento.



INTRODUCCIÓN

- Un profesional en construcciones civiles para ejecutar una obra civil, debe tomar en cuenta las condiciones y características de todos los aspectos que se encuentran en un proyecto, uno de los aspectos más importantes es el suelo y su capacidad de compactarse ya que sobre él se colocara el proyecto ya sea este una vía o un edificio etc.
- Además, se explicará las normas de
 - Reducción de Muestras AASHTO R 47
 - Proctor Modificado AASHTO T 180
 - Humedad AASHTO T 190
 - CBR AASHTO T 193.



Ensayo CBR

- **COMPACTACION EN SUELOS**

La importancia de la compactación de los suelos estriba en el aumento de la resistencia y disminución de capacidad de deformación que se obtienen al sujetar al suelo a técnicas convenientes que aumenten su peso específico seco, disminuyendo sus vacíos. Por lo general, los técnicos de compactación se aplican a rellenos artificiales, tales como cortinas de presas de tierra, diques, terraplenes para caminos y ferrocarriles, muelles, pavimentos, etc. Algunas veces se hace necesario compactar el terreno natural, como en el caso de cimentaciones, sobre arenas sueltas. (Juárez, 2005)



Ensayo CBR

- **ORIGEN DEL CBR**

Este método fue propuesto en 1929 por los ingenieros T. E. Stanton y O. J. Porter del departamento de carreteras de California, cuya muestra utilizada fue la Piedra Chancada Californiana.

Desde esa fecha tanto en Europa como en América, el método CBR se ha generalizado y es una forma de clasificación de un suelo para ser utilizado como subrasante o material de base en la construcción de carreteras. Durante la segunda guerra mundial, el cuerpo de ingenieros de los Estados Unidos adoptó este ensayo para utilizarlo en la construcción de aeropuertos. (Ramirez, 2015)



Ensayo CBR

- El número CBR se obtiene como la relación de la carga unitaria en Kg. /cm² (libras por pulgadas cuadrada, (psi)) necesaria para lograr una cierta profundidad de penetración del pistón (con un área de 19.4 centímetros cuadrados) dentro de la muestra compactada de suelo a un contenido de humedad y densidad dadas con respecto a la carga unitaria patrón requerida para obtener la misma profundidad de penetración en una muestra estándar de material triturado, en ecuación, esto se expresa:

$$CBR = \frac{\text{Carga unitaria de ensayo}}{\text{Carga unitaria patron}} * 100$$

Carga unitaria patron

El número CBR usualmente se basa en la relación de carga para una penetración de 2,54 mm (0,1"), sin embargo, si el valor del CBR para una penetración de 5.08 mm (0,2") es mayor, dicho valor debe aceptarse como valor final de CBR.



Ensayo CBR

- Los ensayos de CBR se hacen usualmente sobre muestras compactadas al contenido de humedad óptimo para el suelo específico, determinado utilizando el ensayo de compactación estándar. A continuación, utilizando los métodos 2 o 4 de las normas ASTM D698-70 O D1557-70 (para el molde de 15.5 cm de diámetro), se debe compactar muestras utilizando las siguientes energías de compactación

MÉTODO		GOLPES	CAPAS	PESO DEL MARTILLO N
D698	2 (suelos de grano fino)	56	3	24,5
	4 (suelos gruesos)	56	3	24,5
D1557	2 (suelos de grano fino)	56	5	44,5
	4 (suelos gruesos)	56	5	44,5



Ensayo CBR

- California Bearing Ratio es una prueba de penetración para comprobar las características mecánicas de un suelo.



CARACTERIZACIÓN DEL LIGANTE BITUMINOSO



RESUMEN

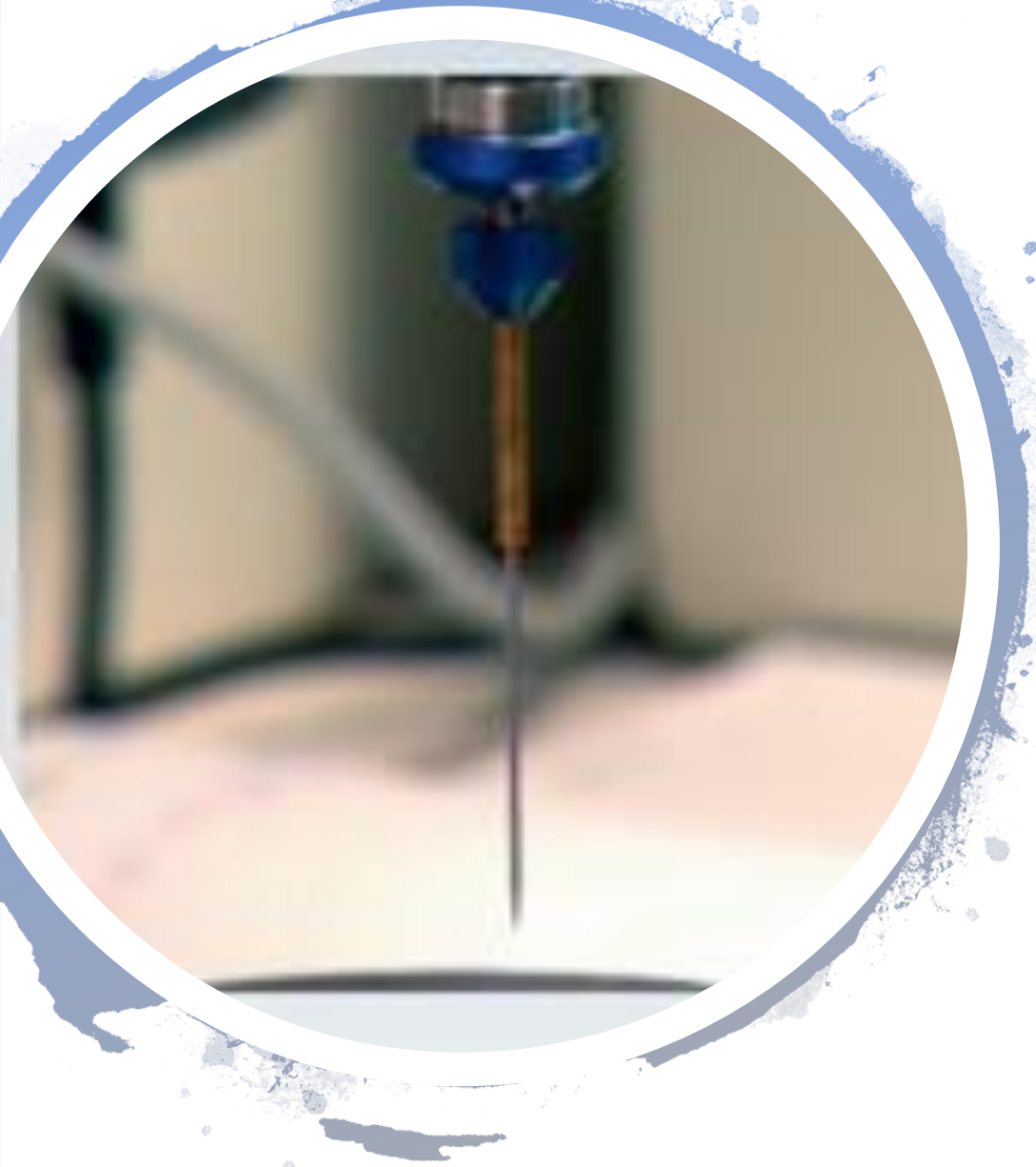
- El objeto del ensayo es determinar la dureza que tiene un material asfáltico, para ello se emplea equipo que lo conforman, un penetrómetro, una aguja normalizada, un cronometro y un recipiente con cemento asfáltico, el cual debe estar a una temperatura de referencia de 25°C , este último debe ser penetrado tres veces por un tiempo de cinco segundos, finalmente se debe clasificar el asfalto teniendo en cuenta los datos obtenidos.

INTRODUCCIÓN

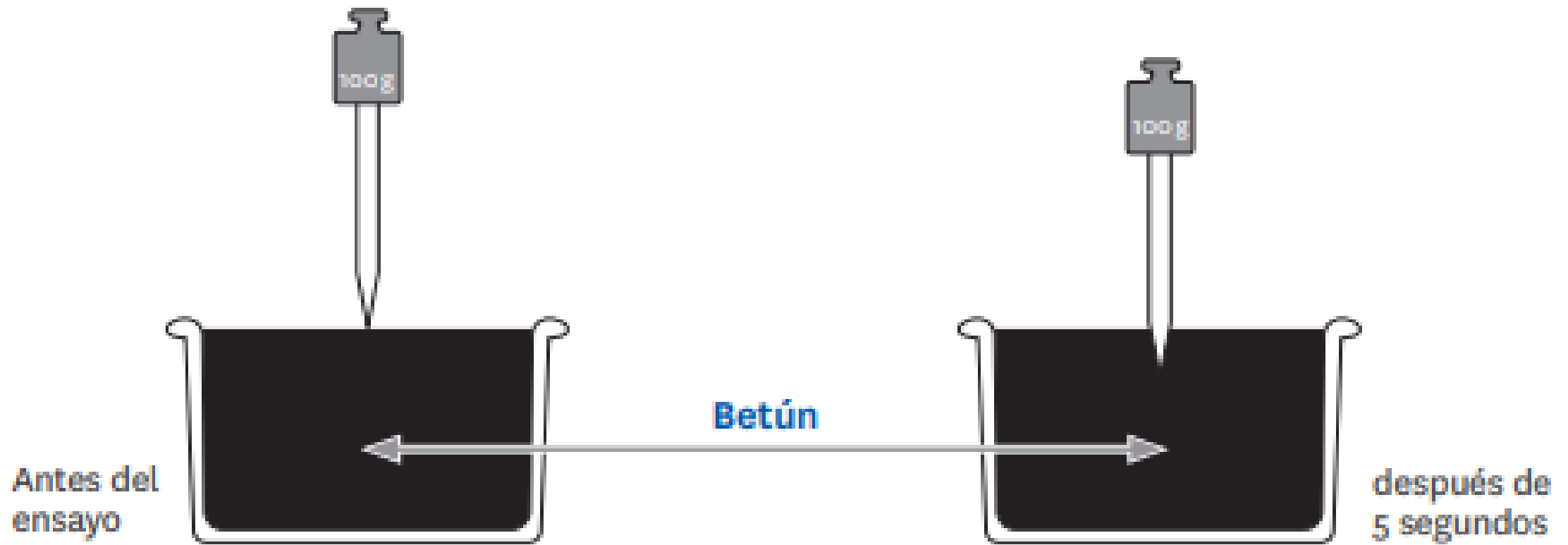
- El asfalto se presenta en una amplia variedad, para poder clasificarlo se debe someter a diferentes ensayos de laboratorio como el ensayo de penetración. Este ensayo permite determinar la dureza o consistencia que tiene el cemento asfáltico, midiendo la longitud expresada en décimas de milímetro hasta la cual una aguja normalizada penetra verticalmente en el material en condiciones definidas de carga, tiempo y temperatura.
- El ensayo ha sido normalizado por la Asociación Americana de Ensayos y Materiales (ASTM), bajo el código D5, y consiste en colocar una muestra del ligante en un recipiente de volumen normalizado hasta lograr la temperatura de referencia ($25^{\circ}\text{C} - 77^{\circ}\text{F}$), apoyar sobre la muestra la aguja y dejarla penetrar durante un tiempo determinado. La carga aplicada (aguja + pesa + vástago) es de 100 gramos, y el tiempo de aplicación de la misma es de 5 segundos.



ENSAYO PENETRÓMETRO



- El ensayo se realiza en un baño de agua, normalmente a 25°C; pueden utilizarse otras temperaturas, por ejemplo, 15°C o 5°C son temperaturas de ensayo frecuentes. La penetración con aguja es el método de ensayo más antiguo aplicado a betún y además se utiliza normalmente para clasificar el ligante.



ENSAYO PENETRÓMETRO

- Penetración con aguja: distancia en décimas de milímetro que una aguja estándar penetrará verticalmente en la muestra de material en unas condiciones determinadas de temperatura, carga y tiempo de aplicación de la carga.



ENSAYO PENETRÓMETRO

- Asegurarse de que el portaagujas y su guía están limpios y que el portaagujas se desliza libremente en su guía.
- Asegurarse de elegir la aguja apropiada cuando se miden valores altos de penetración.
- Asegurarse de que la temperatura de la muestra permanece constante durante el ensayo.
- Para establecer la posición cero, bajar la aguja lentamente hasta que su punta coincida con su imagen reflejada en la superficie de la muestra. No penetrar la superficie. En caso de que se penetre la superficie, cambiar la aguja y la posición de la muestra.
- Anotar la posición cero de la aguja, liberar entonces el portaagujas durante el período de tiempo especificado.
- Las agujas deben penetrar la superficie de la muestra en puntos como mínimo a 10 mm del borde del recipiente y como mínimo a 10 mm de distancia entre ellos.
- Si la penetración es mayor de $100 \frac{1}{10}$ mm, dejar las agujas en la muestra hasta que se hayan completado todos los ensayos.
- Asegurarse de que las tres determinaciones están en el máximo intervalo aceptable.
- El valor de penetración se expresa como la media aritmética de las determinaciones aceptables, en décimas de milímetro redondeadas al entero más cercano.

ENSAYO PENETRÓMETRO

- Es importante conocer la equivalencia tanto de grado de viscosidad o la de penetración como formas de clasificar el asfalto destinado para la construcción de pavimentos.



Bibliografía

- Ensayo de penetración en un ligamento asfáltico, Recuperado 06 de enero de 2020, https://www.academia.edu/32721313/METODO_DE_ENSAYO_DE_PENETRACION_ASTM_D5?auto=download
- Ensayo de penetración en un ligamento asfáltico recuperado el 06 de enero de 2020 de: <http://www.sitecal.com.bo/files/2.%20ENSAYO%20DE%20PENETRACION.pdf>
- CARACTERIZACIÓN DE LIGANTES ASFÁLTICOS, Recuperado el 06 de enero de 2020 de: https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/93934/04_miroRecasens_capitol3.pdf Salazar J. (2011). Guía para la realización de ensayos y clasificación de asfaltos según el Reglamento Técnico Centroamericano. España.

A photograph of a construction site under a blue sky with scattered clouds. In the foreground, there is a large pile of dark grey gravel. In the background, a yellow and black piece of heavy machinery, possibly a bulldozer or grader, is visible. Two people are standing near the machinery. The text is overlaid on a semi-transparent white circle on the right side of the image.

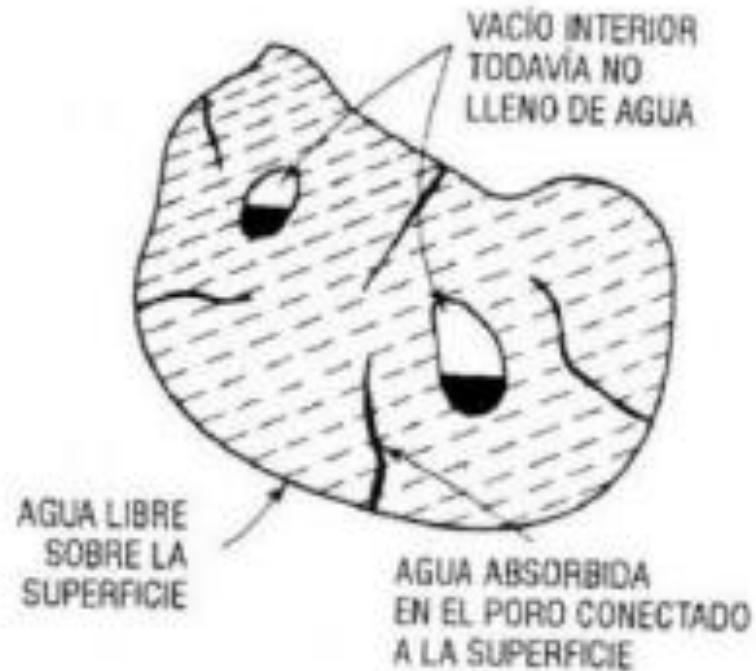
CARACTERIZACIÓN DE AGREGADOS PARA MEZCLAS ASFÁLTICAS

RESUMEN

- Cuando se obtiene el peso de un agregado o árido, se sabe que este hace relación entre el peso de una determinada cantidad del mismo material y el volumen determinado que ocupa el mismo. Siempre y cuando se tome en cuenta que el volumen incluye tanto las partículas del mismo como sus correspondientes orificios o vacíos inter granulares.
- Es importante conocer la forma en que el material ha sido acomodado porque a la horade pesarlo es fundamental saber si dentro del material hay espacios vacíos o sito talmente está compacto, esto ayuda a interpretar mejor los datos encontrados. Para esto se utilizan la ASTM C 128 AASHTO T 84 y ASTM C 127 AASHTO T 85.



AGREGADO FINO (AASHTO T84)



- Cuando se examina la aptitud física de los agregados, es conveniente conocer y valorar las características propias de cada material, entre las cuales podemos nombrar la densidad, el peso específico y la absorción. Para poder medir las características anteriores es importante entender que todos los agregados son porosos hasta cierto punto, lo que posibilita la entrada de agua en los espacios de los poros. Un agregado húmedo puede entonces tener agua tanto en su interior como en el exterior, como se muestra en la siguiente figura.

Peso Específico Árido Fino

- Seleccionamos por cuarteo 1000 gramos. olocamos el material en un recipiente metálico y secamos el material.
- Sumergimos el agregado durante 15 minutos en agua para saturación.
- Extendemos el material sobre la superficie de una bandeja metálica y comenzamos con el proceso de secado dirigiendo sobre el árido una corriente de aire mientras se agita el material con una espátula. Este procedimiento debe llevarse hasta un estado en que las partículas del material puedan fluir libremente, para fijar este punto se utiliza el molde cónico.
- Con un embudo se llena de material dentro del molde cónico, se apisona ligeramente con 25 golpes del pisón sin añadir material durante o después de la operación.



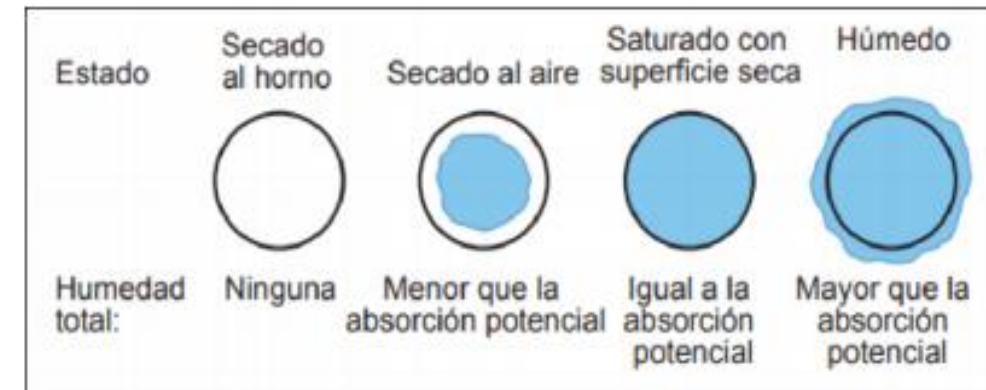
Peso Específico Árido Fino



- Se levanta verticalmente el molde, si la superficie conserva exceso de humedad el cono de árido fino mantiene su forma. En este caso continuar agitando y secando el material, hasta que al levantar el molde se produzca un desmoronamiento. Esto indica que el árido ha alcanzado una superficie seca.
- Con el material en SSS se introduce en el matraz aforado 500 gramos de árido y se llena con agua a 20° C, hasta la marca de 500 cc. Se rueda el matraz (proceso de rolado) sobre una superficie plana para eliminar las burbujas de aire. Si el Nivel de agua ha bajado, se ha liberado aire.
- Se vuelve a llenar agua hasta alcanzar la marca de 500cc. Se registra la cantidad de agua mediante la utilización de la bureta/pipeta. XI. Se determina el Peso total del agua que se ha introducido en el matraz. Posteriormente se saca el árido fino del matraz y se seca a temperatura constante a 100°C. Se deja enfriar y se registra el Peso seco.

AGREGADO GRUESO (AASHTO T85)

- Los conceptos teóricos de esta práctica son los mismos que los de la discusión teórica de la guía correspondiente a densidad, densidad relativa (gravedad específica) y absorción del agregado fino. Sin embargo, es importante recordar dependiendo del procedimiento utilizado, tanto la densidad (kg/m^3 (lb/pe^3)) como la densidad relativa o gravedad específica (adimensionales), son expresadas como secadas al horno (SH) o saturadas superficialmente secas (SSS). La densidad SH y la densidad relativa SH, son determinadas después de secar el agregado en horno. La densidad SSS, la densidad relativa SSS y la absorción son determinadas después de saturar el agregado en agua para un tiempo prescrito.



Peso Específico Árido Grueso

- Se selecciona por cuarteo 5 kilogramos de árido grueso según AASHTO T 248.
- Separamos todo el material que pasa el tamiz N°4.
- Se lava bien el árido y luego secamos el material lavado.
- Sumergimos en el agua el árido durante 15 minutos utilizando una charola metálica.
- Escurrimos toda el agua de la charola metálica y extender sobre una superficie plana y amplia el paño o franela.
- Trastornamos los áridos sobre el paño, secamos las partículas rodándolas sobre el paño absorbente hasta que se elimine la película de agua visible, aunque su superficie aparezca húmeda.





Peso Específico Árido Grueso

- Registramos el peso de la muestra en estado SSS.
- Colocamos la muestra en la cesta metálica y sumergimos al agua, la cesta metálica con la muestra.
- Conectamos la cesta metálica con la balanza y controlamos la temperatura del agua en 20°C.
- Seguido pesamos la muestra sumergida y registramos el peso sumergido en agua a 20°C.
- Después secamos la muestra en la estufa, dejamos enfriar y registramos el peso seco.

CLASIFICACIÓN DE LOS AGREGADOS

- La Granulometría, es la medición y graduación que se lleva a cabo de los granos de una formación sedimentaria, de los materiales sedimentarios, así como de los suelos, con fines de análisis, tanto de su origen como de sus propiedades mecánicas, y el cálculo de la abundancia de los correspondientes a cada uno de los tamaños previstos por una escala granulométrica.
- De acuerdo al tamaño que sea mayor o no del tamiz N° 4 (4 aberturas por pulgada lineal, con una abertura según norma de 4,75 mm), se clasifican los agregados en gruesos o finos. Es grueso cuando el 95% o más queda retenido sobre el tamiz N° 4 y es fino cuando el 95% como mínimo pasa por el tamiz N° 4.





Ensayo Peso Específico en Áridos

Bibliografía

- Guía de Práctica N°06 “PAV 06 - PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DE LOS AGREGADOS.”
- Norma Técnica Ecuatoriana INEN 856:2010, Inicio. Disponible en: <http://www.normalizacion.gob.ec/>
- Norma Técnica Ecuatoriana INEN 857:2010, Inicio. Disponible en: <http://www.normalizacion.gob.ec/>
- American Society for Testing and Materials, Norma ASTM C 29 – 09, Inicio. Disponible en: <http://www.astm.org/FAQ/index-spanish.html>.

**MEZCLA
ASFÁLTICA EN
CALIENTE**

RESUMEN

- Como parte del diseño de las mezclas asfálticas en caliente por el Método Marshall, se ejecuta la caracterización de agregados finos y gruesos, así como del ligante asfáltico, luego se procede a la mezcla de fracciones de agregados para cada fuente de material y se determina el contenido óptimo de asfalto; parte de este proceso es determinar los parámetros de estabilidad, fluencia, densidad y vacíos. Se fabrican las briquetas con el contenido óptimo de asfalto y la mezcla de agregados de las fuentes de material antes mencionadas, seguido de esto se realizan los ensayos de Modulo de Rigidez y estabilidad (Ensayo Marshall) para analizar la correlación entre estas variables.





Mezcla Asfáltica

- Las mezclas asfálticas son la combinación de agregados pétreos con ligante asfáltico, donde las partículas de agregado quedan cubiertas por una película de asfalto; son fabricadas en plantas fijas o móviles, después se transportan en volquetas al proyecto donde se colocan y compactan con el equipo idóneo que facilitan su ejecución. Se emplean en la construcción de bases, carpetas de rodadura y recapeo de vías existente. En las mezclas asfálticas, la proporción de agregados pétreos fino y grueso que las constituyen son de aproximadamente un 90%, un 5% de polvo mineral y el 5% de ligante asfáltico.

Clasificación

Se consideran varios parámetros de clasificación para establecer las diferencias entre distintas mezclas, debido a lo cual las clasificaciones son:

- a) Por fracciones de agregado pétreo empleado
 - Masilla asfáltica: Polvo mineral más ligante.
 - Mortero asfáltico: Agregado fino más masilla.
 - Concreto asfáltico: Agregado grueso más mortero.
 - Macadam asfáltico: Agregado grueso más ligante asfáltico.
- b) Por la temperatura de puesta en obra
 - Mezcla asfáltica en caliente: Fabricada con cemento asfáltico que se calienta a altas temperaturas (rango 150° grados centígrados), dependiendo de la viscosidad del ligante y así permitir que se mezcle con el material pétreo.





Clasificación

- b) Por la temperatura de puesta en obra
 - Mezcla asfáltica en frío: El ligante que se emplea comúnmente es la emulsión con asfalto fluidificado, ya que se caracteriza por su trabajabilidad a temperatura ambiente y el aumento de la viscosidad es muy lento.
- c) Por la proporción de vacíos de la mezcla asfáltica
 - Mezclas cerradas o densas: Proporción de vacíos no supera el 6%.
 - Mezclas semi-cerradas o semi-densas: Proporción de vacíos entre 6% y 10%.
 - Mezclas abiertas: Proporción de vacíos mayor al 12%.
 - Mezclas porosas o drenantes: Proporción de vacíos al 20%.

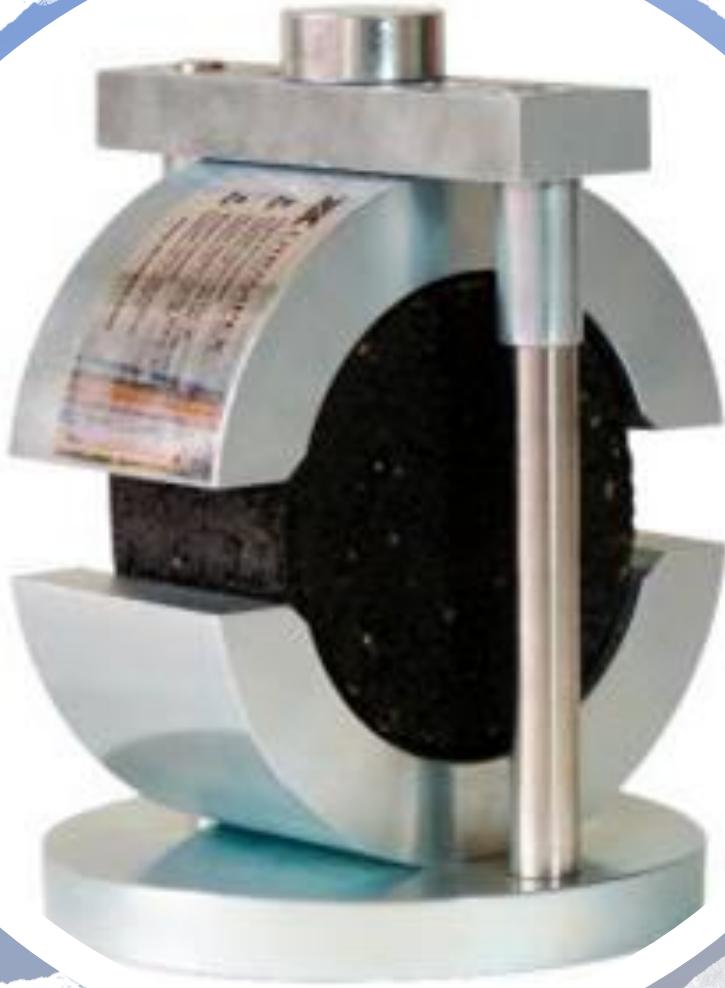
Métodos de Diseño de Mezclas Asfálticas en Caliente

- Para una mezcla asfáltica en caliente la combinación de cemento asfáltico y agregado pétreo son en proporciones exactas; y éstas determinan las propiedades físicas de la mezcla y el desempeño de la carpeta asfáltica una vez colocada.
 - Método Marshall



Método Marshall

- Esta técnica de diseño fue desarrollada por Bruce Marshall (1930) y la US Army Corps of Engineers mejoró y agregó ciertos aspectos; motivo por el cual fue normalizado como ASTM 1559 (AASHTO T 245). Actualmente el Método Marshall es uno de los más aplicados para un diseño adecuado de mezcla asfáltica en caliente que contenga agregado con tamaño máximo a 25mm (1"); éste experimento puede emplearse tanto para el diseño en laboratorio como para el control de calidad de la mezcla asfáltica en campo.



Método Marshall

- El Método Marshall es un experimento encaminado al diseño de una mezcla asfáltica en caliente apropiada a través del análisis de estabilidad, fluencia, densidad y vacíos.
- Previo a la ejecución de este método hay que considerar los siguientes aspectos:
 - Los materiales que se va a emplear (agregado pétreo y ligante asfáltico) deben cumplir con las normas establecidas en las Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes MOP- 001- F 2002, así como la combinación de agregados.
 - Determinar las densidades reales secas de todos los agregados y del asfalto para ser empleados en el análisis de huecos de la mezcla



Método Marshall



Con este método obtenemos el contenido de asfalto óptimo para mezclas asfálticas en caliente, y los parámetros que se estudian durante este procedimiento son:

- Estabilidad y fluencia Marshall: nos asegura que la mezcla no sufrirá deformación.
- Vacíos de aire de la Mezcla: inferiores al 3% tienden a producir inestabilidad y exudación, mayores al 5% producen mezclas permeables al aire y agua, por lo que son propensas a sufrir envejecimiento prematuro y posterior desintegración.
- Vacíos en el Agregado Mineral (VAM): controlar que existe suficiente espacio en el agregado para alojar el asfalto.
- Vacíos Llenos de Asfalto (VFA): asegurar la durabilidad de la mezcla.



Experimentación

- Para una briqueta, se prepara 1300 gr de agregado combinado (bache), mezclando material $\frac{3}{4}$ ", material $\frac{3}{8}$ ", arena y filler (cemento/cal). (Los porcentajes están en función del diseño teórico de la HMA).
- Una vez mezclados los áridos se lleva el bache al horno y se controla que alcancen la temperatura de mezclado establecida en el diseño para los áridos.
- Se encera la balanza de precisión 0.5gr., con la charola metálica, sobre una base de madera.
- Se coloca en el Horno el molde, la base del molde, el collar de compactación Marshall, y la Charola de mezclado. Se calienta el ligante bituminoso (Asfalto AC20), controlando que no tome más de 30 minutos en alcanzar los 140°C.



Experimentación

- Una vez encerrada la balanza se controla el peso del bache (áridos) y se añade el porcentaje teórico de asfalto, se controla el peso de la mezcla, y en qué caso de que el ligante se haya colocado en exceso, se retira este utilizando papel periódico.
- Este procedimiento no debe llevar más de dos minutos para evitar la pérdida de temperatura de los materiales.
- Durante este proceso se mezcla vigorosamente de manera que toda la mezcla mantenga uniformidad de masa y color.
- El batido debe ser realizado sobre una estufa encendida y evitar el sobrecalentamiento de la mezcla para que el ligante bituminoso no sufra cracking.



Experimentación

- Posterior se saca el molde del Horno se lo coloca sobre el pedestal Marshall se ajusta la abrazadera se coloca el papel filtro en la base del molde, se vierte la mezcla bituminosa y se procede a compactar con el número de golpes establecido en el diseño.
- Se afloja los seguros. Se gira el molde metálico con la muestra.
- Se ajusta la abrazadera y se vuelve a compactar con el número de golpes de diseño. Se retira el molde del compactador se lleva al gato hidráulico de extracción y de manera cuidadosa se extrae la briqueta conformada colocándola sobre una superficie recta y limpia para que enfrié.



Experimentación

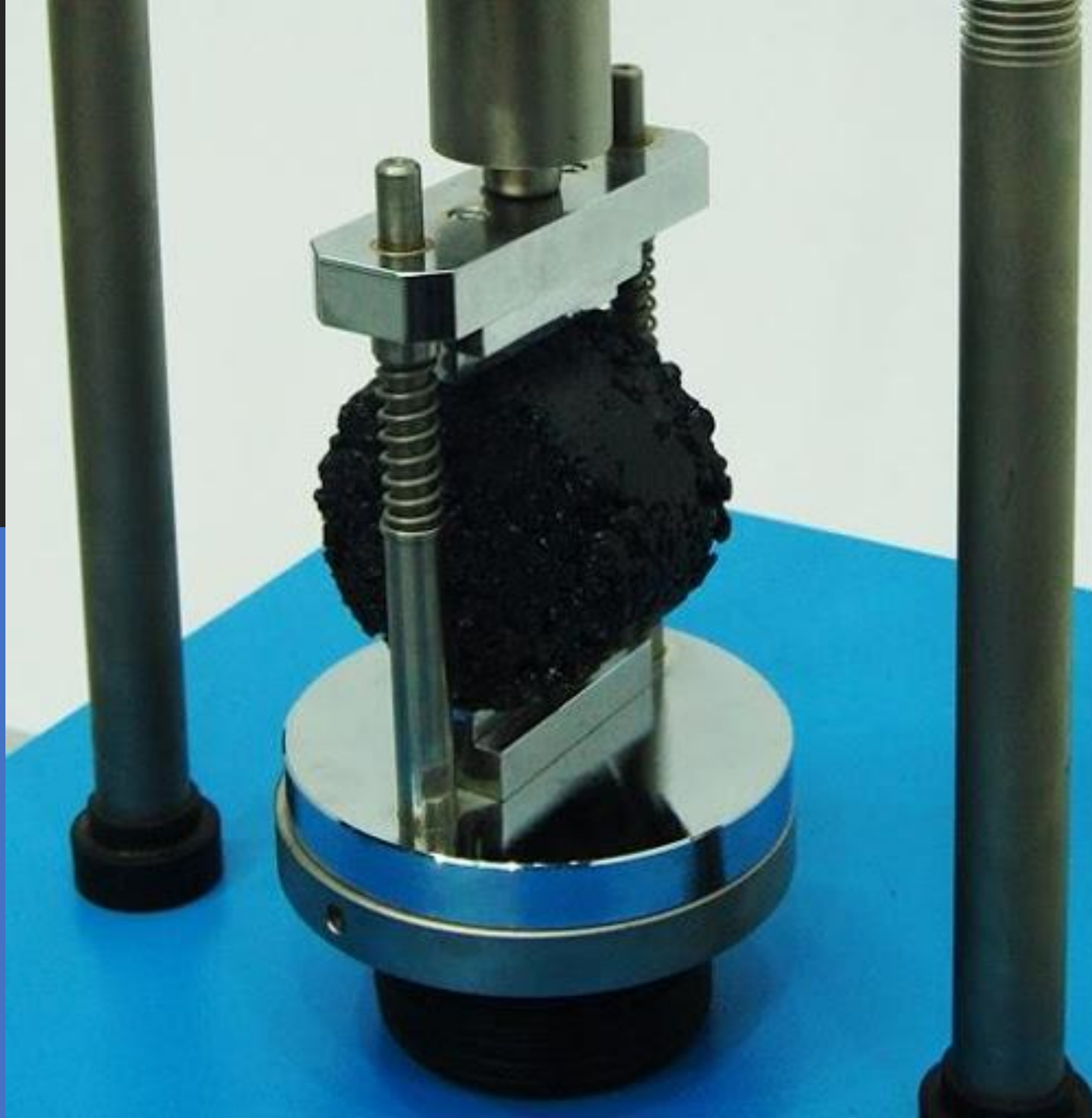
- Una vez fría se etiqueta la briqueta con una identificación y el porcentaje de ligante utilizado.
- Se repite este procedimiento dos veces más para el mismo porcentaje teórico de Asfalto. Al final de este proceso se obtienen tres briquetas correspondientes al porcentaje teórico de asfalto.
- El método Marshall indica que se deben elaborar HMA con dos contenidos de asfalto por encima y por debajo del % teórico, en variaciones de 0.5%, generando en total quince briquetas.



Experimentación

Bibliografía

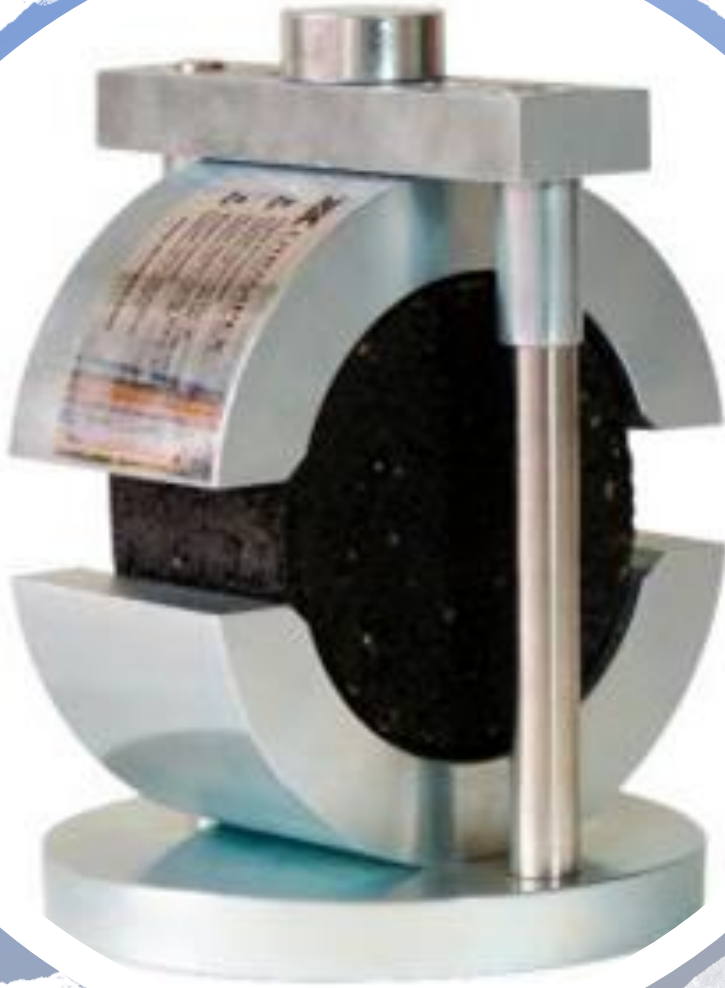
- Jaramillo, Gustavo, Curso Post-Universitario de Fiscalización en la Construcción de Carreteras Laboratorio de Carreteras. Ecuador, Ministerio de Obras Públicas, 1993.
- Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones, Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes MOP-001-F-2002. Ecuador, Ministerio de Obras Públicas, 2002.
- Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones, Inventario Nacional de Fuentes de Materiales de Construcción. Ecuador, Ministerio de Obras Públicas, 1986.
- Montejo, Alfonso, Ingeniería de Pavimentos. Bogotá, Pontificia Universidad Católica de Colombia, 2010.



DETERMINACIÓN
DE
ESTABILIDAD Y
FLUENCIA

RESUMEN

- Se fabrican las briquetas con el contenido óptimo de asfalto y la mezcla de agregados de las fuentes de material antes mencionadas, seguido de esto se realizan los ensayos de Modulo de Rigidez y estabilidad (Ensayo Marshall) para analizar la correlación entre estas variables. Con este estudio se pretende determinar las propiedades fundamentales de las mezclas, ya que puede sustituir gradualmente los parámetros empíricos (Marshall) y conseguir evaluar la mezcla asfáltica en caliente según su comportamiento mediante la obtención del módulo de rigidez.



Diseño de mezclas por el Método Marshall

El método Marshall es aplicable solo a mezclas en caliente con cementos asfálticos que contengan agregados con tamaño máximo igual o inferior a 25 mm. El método puede usarse tanto para el diseño en laboratorio como en el control de terreno. Previo a la ejecución del método se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

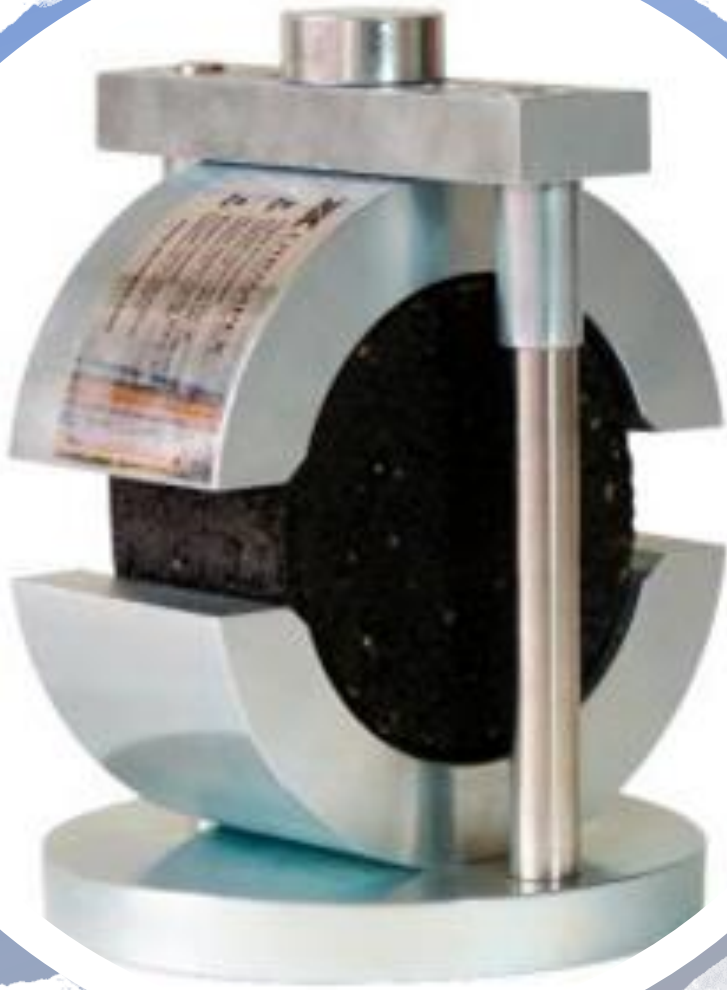
- Los materiales a usar deben cumplir con las especificaciones del proyecto
- La mezcla de agregados debe cumplir con las especificaciones granulométricas del proyecto
- Se deben determinar las densidades reales secas de todos los agregados y las del asfalto para ser usados en el análisis de huecos de la mezcla.



Diseño de mezclas por el Método Marshall

El método utiliza probetas normalizadas de 2½" de altura por 4" de diámetro. Estas se preparan de acuerdo a un procedimiento específico de calentamiento, mezclado y compactación. Las dos características principales del método de diseño son el análisis densidad-huecos y el ensayo de fluencia y estabilidad de las probetas.

La estabilidad de la probeta de ensaye es la carga máxima en Newton que esta alcanza a 60°C y la fluencia será la deformación, en décimas de milímetros, que ocurre desde el instante que se aplica la carga hasta lograr la carga máxima.



Experimentación

Se utiliza las briquetas previamente elaboradas en el ensayo previo según AASHTO T 85.

- Se mide la briqueta utilizando el calibrador para determinar su $\varnothing$ y altura. Se pesa en aire cada elemento.
- Se sumergen las probetas en un baño de agua a 25° C, durante un tiempo superior a veinte minutos e inferior a treinta minutos.
- Posterior a este lapso se pesa sumergida la briqueta y se registra el valor.
- Con la utilización de un paño húmedo se absorbe el agua superficial de manera que se obtiene una briqueta en estado SSS, inmediatamente se registra su peso.



Experimentación



- Con estas medidas se procede al cálculo del peso específico Bulk., según norma AASHTO T 85.
- Posteriormente se sumergen las briquetas en un baño de agua a 60°C , durante un tiempo superior a veinte minutos e inferior a treinta minutos.
- Se mantiene el horno a 60°C y se coloca la mordaza de la prensa Marshall para que alcance la misma temperatura del espécimen a ensayar.
- Se coloca el espécimen sobre un paño absorbente y se seca superficialmente.
- Se coloca la muestra en la mordaza, y luego se alinea la mordaza con la prensa Marshall.

Experimentación

- Se aplica entonces la carga a la probeta a una velocidad de deformación constante de (2"/minuto) hasta que se produce la rotura. Se registran los valores.
- El punto de rotura viene definido por la carga máxima obtenida.
- Los kilogramos necesarios para producir la rotura de la probeta a 60° C. es el valor de la estabilidad Marshall.
- De manera similar se registra el valor de la Fluencia (Deformación al momento de la Rotura del Espécimen).
- Después de la rotura, se lleva las briquetas ensayadas al horno calibrado a 60° C, para secarlas y después disgregarlas de manera que sus partículas estén lo más dispersas posibles (partículas rice).



Experimentación



- Se registra el peso en aire de una nueva muestra con partículas disgregadas.
- Se procede a colocar la muestra en el picnómetro y llenarlo con agua según AASHTO T 209. Se registra el peso.
- Después se coloca la muestra en el agitador mecánico conectado a la bomba de vacíos durante 15 minutos en sentido horario y 15 minutos en sentido anti horario para extraer el aire que contiene la muestra.
- Al terminar la agitación se pesa en aire el picnómetro y la muestra agitada. Para finalizar el ensayo se retira la muestra.
- Se llena el picnómetro con agua enrasando la superficie de manera que no quede aire y burbujas atrapadas y se registra el peso de picnómetro + agua. Con estos datos registrados se procede a gabinete para determinar la gravedad máxima teórica de la mezcla asfáltica según AASHTO T 85

Experimentación



Bibliografía

- Guía de Práctica N°06 “PAV 06 - PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DE LOS AGREGADOS.”
- Estabilidad y fluencia Disponible en:
https://www.academia.edu/22601938/ENSAYO_DE_ESTABILIDAD_Y_FLUENCIA_POR_EL_M%C3%89TODO_MARSHALL
- Norma Técnica Ecuatoriana INEN 857:2010, Inicio. Disponible en: <http://www.normalizacion.gob.ec/>