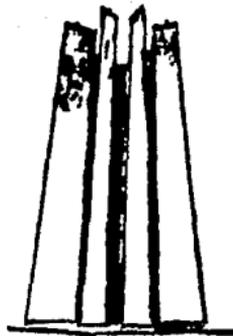


16  
29

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES

“ARAGON”



“MANUAL DE PRACTICAS DE  
LABORATORIO DE PAVIMENTOS”

T E S I S

Que para obtener el Titulo de:

INGENIERO CIVIL

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Presenta:

CELIA MARTINEZ RAYON



México, D. F. 1991



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

# I N D I C E

CAPITULO		PAGINA
I	INTRODUCCION	1
1.1	PREPARACION DE LA MUESTRA	19
1.2	ANEXO FOTOGRAFICO	25
II	PRUEBAS DE GRANULOMETRIA	
11.1	INTRODUCCION	27
11.2	OBJETIVO	30
11.3	EQUIPO	30
11.4	MATERIAL	31
11.5	DESARROLLO	31
11.6	ANEXO FOTOGRAFICO	39
11.7	CALCULOS	41
11.8	GRAFICA	43
11.9	CONCLUSIONES	44
III	PRUEBAS DE PLASTICIDAD	
	LIMITE LIQUIDO	
111.1	INTRODUCCION	45
111.2	OBJETIVO	47
111.3	EQUIPO	47
111.4	MATERIAL	48
111.5	DESARROLLO	48
111.6	CONCLUSIONES	52
	LIMITE PLASTICO	
111.7	INTRODUCCION	54
111.7.1	EQUIPO	54
111.7.2	MATERIAL	55
111.7.3	DESARROLLO	55

## CONTRACCION LINEAL

III.8	INTRODUCCION	59
III.8.1	EQUIPO	59
III.8.2	MATERIAL	60
III.8.3	DESARROLLO	60
III.8.4	CONCLUSIONES	63
III.8.5	DIAGRAMA	64
III.9	ANEXO FOTOGRAFICO	65
III.10	CALCULOS	67
III.11	GRAFICA	69

## CAPITULO IV

## PRUEBA PORTER ESTANDAR

IV.1	INTRODUCCION	70
IV.2	OBJETIVO	70
IV.3	EQUIPO	71
IV.4	MATERIAL	73
IV.5	DESARROLLO	73
IV.6	FIGURAS	83
IV.7	ANEXO FOTOGRAFICO	86
IV.8	CALCULOS	90
IV.9	GRAFICA	96
IV.10	CONCLUSIONES	98

## CAPITULO V

## PRUEBA DE VALOR CEMENTANTE

V.1	INTRODUCCION	99
V.2	OBJETIVO	99
V.3	EQUIPO	100
V.4	MATERIAL	101
V.5	DESARROLLO	101
V.6	FIGURA	104
V.7	ANEXO FOTOGRAFICO	105
V.8	CALCULOS	109
V.9	CONCLUSIONES	111

## CAPITULO VI

## PRUEBA PROCTOR

VI.1	INTRODUCCION	112
VI.2	OBJETIVO	116
VI.3	EQUIPO	117
VI.4	MATERIAL	118
VI.5	DESARROLLO	118
VI.6	FIGURAS	121
VI.7	ANEXO FOTOGRAFICO	125
VI.8	CALCULOS	127
VI.9	CONCLUSIONES	129

## CAPITULO VII

PRUEBA PORTER MODIFICADA A 100%, 95%  
Y 90% DE GRADO DE COMPACTACION

VII.1	INTRODUCCION	130
VII.2	OBJETIVO	131
VII.3	EQUIPO	131
VII.4	MATERIAL	133
VII.5	DESARROLLO	133
VII.6	FIGURA	138
VII.7	ANEXO FOTOGRAFICO	139
VII.8	CALCULOS	141
VII.8.1	GRAFICA	162
VII.9	CONCLUSIONES	163

## CAPITULO VIII

PRUEBA DEL CUERPO DE INGENIEROS PARA  
ENCENTRAR EL VRS DE PROYECTO

VIII.1	INTRODUCCION	164
VIII.2	OBJETIVO	164
VIII.3	EQUIPO	165
VIII.4	MATERIAL	167
VIII.5	DESARROLLO	167
VIII.6	FIGURAS	175
VIII.7	CALCULOS	177
VIII.8	CONCLUSIONES	182

## CAPITULO IX

PRUEBA DE COMPRESION SIMPLE SIN CONFINAR  
PARA OBTENER OPTIMOS DE ASFALTO

IX.1	INTRODUCCION	183
IX.2	OBJETIVO	186
IX.3	EQUIPO	186
IX.4	MATERIAL	188
IX.5	DESARROLLO	188
IX.6	FIGURAS	194
IX.7	ANEXO FOTOGRAFICO	196
IX.8	CALCULOS	198
IX.9	CONCLUSIONES	202

## CAPITULO X

## DESTILACION DE ASFALTOS

X.1	INTRODUCCION	203
X.2	OBJETIVO	203
X.3	EQUIPO	204
X.4	MATERIAL	206
X.5	DESARROLLO	206
X.6	FIGURA	210
X.7	ANEXO FOTOGRAFICO	211
X.8	CALCULOS	212
X.9	TABLA DE ESPECIFICACIONES	216

## CAPITULO XI

## VISCOSIDAD DE ASFALTOS

XI.1	INTRODUCCION	217
XI.2	OBJETIVO	21
XI.3	EQUIPO	218
XI.4	MATERIALES	220
XI.5	DESARROLLO	220
XI.6	DIBUJOS	223
XI.7	ANEXO FOTOGRAFICO	224
XI.8	CALCULOS	225
XI.9	TABLA DE ESPECIFICACIONES	226
XI.10	CONCLUSIONES	227

<b>CAPITULO</b>	<b>XII</b>		
		<b>PENETRACION DE ASFALTOS</b>	
	XII.1	INTRODUCCION	228
	XII.2	OBJETIVO	228
	XII.3	EQUIPO	228
	XII.4	MATERIAL	230
	XII.5	DESARROLLO	230
	XII.6	FIGURA	233
	XII.7	ANEXO FOTOGRAFICO	234
	XII.8	TABLA DE ESPECIFICACIONES	236
	XII.9	CALCULOS	237
	XII.10	CONCLUSIONES	239
 <b>CAPITULO</b>	 <b>XIII</b>		
		<b>PUNTO DE ENCENDIDO</b>	
	XIII.1	INTRODUCCION	240
	XIII.2	OBJETIVO	240
	XIII.3	EQUIPO	241
	XIII.4	MATERIAL	241
	XIII.5	DESARROLLO	242
	XIII.6	ANEXO FOTOGRAFICO	244
	XIII.7	CALCULOS	246
	XIII.8	TABLAS DE ESPECIFICACIONES*	247
	XIII.9	CONCLUSIONES	248
 <b>CAPITULO</b>	 <b>XIV</b>		
		<b>ASENTAMIENTO DE TRES DIAS</b>	
	XIV.1	INTRODUCCION	249
	XIV.2	OBJETIVO	249
	XIV.3	EQUIPO	249
	XIV.4	MATERIAL	251
	XIV.5	DESARROLLO	251
	XIV.6	ANEXO FOTOGRAFICO	253
	XIV.7	CALCULOS	254
	XIV.8	TABLA DE ESPECIFICACIONES	255
	XIV.9	CONCLUSIONES	256

		PAGINA
<b>CAPITULO</b>	<b>XV</b>	
	<b>CARGA DE LA PARTICULA</b>	
XV.1	INTRODUCCION	257
XV.2	OBJETIVO	257
XV.3	EQUIPO	257
XV.4	MATERIAL	258
XV.5	DESARROLLO	258
XV.6	ANEXO FOTOGRAFICO	261
XV.7	CALCULOS	262
XV.8	TABLAS DE ESPECIFICACIONES	263
XV.9	CONCLUSIONES	264
<b>CAPITULO</b>	<b>XVI</b>	
	<b>OBTENCION DE OPTIMOS DE ASFALTO POR EL METODO DE MARSHALL</b>	
XVI.1	INTRODUCCION	265
XVI.2	OBJETIVO	266
XVI.3	EQUIPO	266
XVI.4	MATERIAL	267
XVI.5	DESARROLLO	267
XVI.6	ANEXO FOTOGRAFICO	271
XVI.7	TABLA DE ESPECIFICACIONES	276
XVI.8	CONCLUSIONES	282
<b>BIBLIOGRAFIA</b>		<b>283</b>

## CAPITULO I

### INTRODUCCION

Una carpeta asfáltica es la parte superior de la estructura de un pavimento flexible, está constituida por la combinación de un material pétreo y un producto asfáltico; éste último sirve como aglutinante, manteniendo unidas las partículas de material pétreo y facilitando la transmisión de las cargas producidas por los vehículos a las capas inferiores. Es la capa de mayor calidad dentro de toda la estructuración de un pavimento y la más costosa.

El material pétreo, utilizado para la elaboración de carpetas, debe tener características de: granulometría, dureza, forma y no ser fácilmente intemperizable.

El material asfáltico puede ser cemento asfáltico, asfalto rebajado o emulsión asfáltica.

La proporción de asfalto que es necesario agregar para aglutinar el material pétreo, es función de las características físicas del agregado, de su gradación y del tipo de producto asfáltico que va a ser empleado. El contenido de asfalto que se considera como óptimo es aquel que produce la mejor combinación de resistencia estructural y durabilidad en la carpeta. El espesor de la película asfáltica, que cubre las partículas de agregado, nos indica qué tan durable es una carpeta, porque a mayor espesor de la película

corresponde una mayor resistencia al intemperismo y a la abrasión producida por los vehículos, pero sucede lo contrario con la resistencia estructural, pues, al ir aumentando el espesor de la película asfáltica, actúa principalmente como lubricante perdiendo considerablemente su poder ligante, se va perdiendo resistencia de la carpeta provocando deformaciones o desplazamientos perjudiciales al paso de los vehículos.

Las pruebas más importantes son descritas en este trabajo de tesis que aparecen en las especificaciones de las Normas de Construcción de la S.C.T.

- La finalidad del estudio en esta tesis es, precisamente, el análisis de los resultados obtenidos de cada prueba.

#### ELEMENTOS QUE CONSTITUYEN LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS.

Se han probado infinidad de materiales para la estructuración de un pavimento, con diferentes resultados; actualmente se ha determinado que los pavimentos asfálticos son los más cómodos para transitar en vehículos automotores, además que son resistentes a su peso y a los agentes del intemperismo (sin contar con los pavimentos rígidos que son más resistentes, pero que requieren de una gran inversión en su construcción), no por ésto se ha dejado de investigar para obtener mejores resultados en los pavimentos por mezclas asfálticas.

Una mezcla asfáltica fundamentalmente es el producto obtenido mediante la incorporación y distribución uniforme de un material asfáltico en uno pétreo.

Las investigaciones se llevan a cabo en los laboratorios de pavimentos y de mecánica de suelos del área de ingeniería civil.

El quehacer esencial del ingeniero civil es construir. Las características principales que deben tener las construcciones realizadas es la de la estabilidad y la economía.

Por lo que se refiere a los materiales usuales en la construcción podemos dividirlos en dos grupos :

1. Los procesados.- Dependiendo del grado de complejidad del proceso de elaboración se requerirá un control de calidad en base a las diversas pruebas en las cuales podrá obtenerse la resistencia del material.
2. Los naturales.- Con patrones similares se produce en el caso de los materiales naturales, con las limitaciones de cada caso particular, se han ideado pruebas especiales para definir los parámetros de resistencia.

#### ELEMENTOS QUE CONSTITUYEN LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS

Todas las mezclas asfálticas son una combinación de un material pétreo y un producto asfáltico. El material pétreo comunmente

usado en las mezclas asfálticas son: rocas, aglomerados, conglomerados y escoria triturados y/o cribados. El producto asfáltico puede ser el cemento asfáltico, asfaltos rebajados o emulsiones; los cuales dirven como aglutinante, manteniendo unidas las partículas de material pétreo y facilitando la transmisión de las cargas producidas por los vehículos,

#### EL ASFALTO.

Definición: Se llama asfalto o cemento asfáltico a determinadas sustancias de color oscuro que pueden ser líquidas, semisólidas o sólidas, compuestas esencialmente de hidrocarburos solubles en sulfuro de carbono en su mayor parte, y procedente de yacimientos naturales u obtenidos como residuo del tratamiento de determinados crudos de petróleo por destilación o extracción, cuyas propiedades físicas y químicas los hacen aptos para multitud de aplicaciones de diverso tipo.

Al asfalto se le conoce también como material bituminoso dado que contiene bitumen, que es un hidrocarburo soluble en bisulfuro de carbono (CS<sub>2</sub>). El asfalto contiene además de las moléculas de hidrocarburo, algunos átomos, tales como los de oxígeno, nitrógeno y azufre. Es pegajoso, lo cual hace que se adhiera a las partículas de agregado; es además impermeable y resistente a la mayoría de ácidos, álcalis y sales. Se dice que el asfalto es termoplástico porque se suaviza al ser calentado y endurece al enfriarse. Las

características enunciadas son las que hacen del asfalto un material tan útil en la pavimentación.

#### FUNCIONES DEL ASFALTO O CEMENTO ASFALTICO.

El asfalto es un material altamente impermeable, adherente y cohesivo; es capaz de resistir considerables esfuerzos instantáneos, aunque fluya siempre bajo la acción de cargas permanentes. Como aplicación de estas propiedades, el asfalto puede cumplir en la estructuración de caminos, las funciones siguientes :

1. Impermeabilizar la superficie del camino, evitando la penetración del agua de lluvia.
2. Impermeabilizar la masa de determinadas capas del pavimento haciéndolas poco sensibles a la humedad. Este es el caso en la construcción de bases asfálticas o de pavimentos asfálticos de gran espesor.
3. Dotar de cohesión a los materiales granulados empleados, carentes de ella. Se aplica esta propiedad en los mismos casos anteriores; es decir, en la construcción de bases o de pavimentos asfálticos de gran espesor. En ambos casos no solo se da a la masa de la capa una gran resistencia al desgranamiento, muy útil en capas de superficie; sino que también se le dota de

gran resistencia mecánica, que puede mejorar sensiblemente el valor portante del pavimento, permitiendo disminuir el espesor. En estos casos, en la estructura del camino se presenta un efecto de losa que le da propiedades intermedias entre la de los pavimentos flexibles propiamente dichos y la de los pavimentos rígidos.

Al producto obtenido como residuo de la destilación del petróleo crudo, a que se ha hecho referencia, a la temperatura ambiente es un material semisólido, negro, pegajoso, altamente viscoso y se le conoce como cemento asfáltico.

El cemento asfáltico puede hacer menos viscoso para su uso en la construcción por medio de los siguientes tres métodos :

1. Por medio de la aplicación de calor. En esta forma, después de las operaciones de construcción, el asfalto se enfría y regresa a su estado semisólido.
2. Disolviendo el asfalto en solventes adecuados. A los productos obtenidos se les conoce como asfaltos rebajados, en los cuales los solventes se evaporan una vez terminada la mezcla, dejando depositado el cemento asfáltico. A la separación del asfalto y solventes se le llama fraguado.

3. Emulsificando el asfalto con agua. El asfalto y el agua generalmente no pueden ser mezclados, pero se pueden mezclar moliendo el asfalto en un molino coloidal y agregándole agua y agentes emulsificantes. El producto resultante se le conoce como emulsión asfáltica. Durante el mezclado, el agua y el asfalto se separan, formando el asfalto una película continua que cubre a los agregados y los une, mientras que el agua se evapora. El proceso de la separación del agua y el asfalto se le conoce como rompimiento.

Los cementos asfálticos generalmente se aplican cuando se requiere la más alta calidad en la carpeta asfáltica, efectuando las mezclas en planta y en caliente. Teniendo cuidados extremos en su dosificación y elaboración. La mezcla asfáltica se debe mantener caliente también durante su transporte, tendido y compactación.

Los asfaltos rebajados se utilizan para mezclas en el lugar pero también pueden ser elaboradas en plantas centrales. Los agregados de preferencia deben de estar secos y se les puede calentar un poco para su mezclado con el asfalto rebajado. A estas mezclas se les designa como mezclas en frío, aún cuando el asfalto se caliente y se pudo haber precalentado un poco el agregado pétreo.

Tipos de asfaltos rebajados :

Cemento asfáltico con gasolinas ==) FR-0,1,2,364 (fraguado rápido)

Cemento asfáltico con kerosena ==) FM-0,1,2,364 (fraguado medio)

Cemento asfáltico con diesel ==) FL-0,1,2,364 (fraguado lento)

Mientras mayor sea el número que designa al asfalto rebajado, más cemento asfáltico contiene el producto. En México se fabrican principalmente FR-3 y FM-1.

Se llama emulsión a un sistema compuesto de dos líquidos inmiscibles de los que el uno se dispersa en el otro, en forma de gotas diminutas. Se le llama al primero fase dispersa y al segundo fase continua.

En las emulsiones asfálticas, las dos fases en presencia son agua y asfalto. Si se agitan asfalto fundido y agua caliente, se obtiene una emulsión inestable que solo dura lo que la agitación; tan pronto como cesa ésta, las partículas de asfalto se unen unas a otras, formando una masa continua separada del agua. Para lograr emulsiones estables es necesario introducir en el sistema un tercer componente, el emulgente, que se concentra en la capa interfacial de ambos componentes, modificando las propiedades del conjunto y haciendo estable la emulsión.

Se pueden producir diferentes tipos y grados de emulsiones asfálticas, de acuerdo con la manufactura de la emulsión y con el tipo de agentes emulsificantes utilizados.

De acuerdo con el tipo de agente emulsificante, las emulsiones se dividen en :

a) Emulsiones aniónicas; en las cuales los glóbulos de cemento asfáltico están cargados electro-negativamente, por lo que presentan afinidad por las superficies cargadas positivamente. Los emulgentes empleados normalmente en la fabricación de emulsiones aniónicas de asfalto, son oleatos o resيناتos de sosa o de potasa u otros jabones de tipo similar.

b) Emulsiones catiónicas; en las cuales los glóbulos de cemento asfáltico están cargados electro-positivamente, por lo que presentan afinidad por los cuerpos cargados negativamente. Los emulgentes más frecuentemente usados en la fabricación de emulsiones catiónicas son las sales cuaternarias de amonio.

De acuerdo con la manufactura y variaciones en los materiales las emulsiones asfálticas se dividen en :

	ANIONICAS	CATIONICAS
Respimiento rápido	RR	CRR
Respimiento medio	RM	CRM
Respimiento lento	RL	CRL

Debido a que las partículas de cemento asfáltico, en una emulsión tienen cargas semejantes, éstas se repelen unas a otras, hasta que la emulsión es depositada sobre las partículas de suelo o de agregado. En este momento, los glóbulos asfálticos coalescen o se unen debido a la neutralización de las cargas electrostáticas o vaporación del agua. A la coalescencia de los glóbulos se le llama rompimiento rápido o medio (RR o RM), presentándose en estos casos una separación de fases entre el asfalto y el agua.

En el caso de emulsiones de rompimiento lento (RL), resulta más apropiado visualizar esta acción como una evaporación gradual del agua en la emulsión. La manera y la velocidad con la cual la emulsión rompe, depende en gran parte de la cantidad y proporciones del agente emulsificante utilizado en la preparación, así como de la cantidad de agua empleada.

Existe otro tipo de emulsión en la cual la fase continua es el asfalto y la dispersa es el agua; a este tipo de emulsiones se les denomina emulsiones asfálticas invertidas y pueden ser aniónicas o catiónicas.

El empleo de las emulsiones está sujeto principalmente al tipo de agregados que se utilicen en una mezcla asfáltica. Para determinar el tipo de emulsión a utilizar, generalmente se toma en cuenta a la cantidad de sílice y a la cantidad de óxidos alcalinos.

Es de hacerse notar que debido a que las partículas de las emulsiones aniónicas son cargadas electronegativamente, la emulsión rompe con la adición de un agregado positivo o de bajo contenido de sílice, por lo cual este tipo de emulsiones resultan adecuadas para materiales calizos.

Una cosa semejante puede decirse para el caso de mezclas de agregado silíceo con emulsiones catiónicas.

Por otro lado conviene tener presente que las emulsiones catiónicas presentan una muy buena adherencia con los agregados silíceos y la reacción de rompimiento puede considerarse como de naturaleza química, mientras que si se utiliza emulsión aniónica ésta rompería por evaporación del agua, lo cual puede hacer que el rompimiento sea muy lento. En el caso de la emulsión catiónica el rompimiento sería más rápido.

La calidad de la mezcla obtenida con asfaltos rebajados o emulsiones asfálticas es inferior a la obtenida con cementos asfálticos, por lo cual en caminos de primer orden o en aeropuertos se debe utilizar solamente cementos asfálticos.

El asfalto de mayor penetración y los asfaltos rebajados viscosos (FH) deben emplearse en tiempo cálido, al que debería limitarse en general la ejecución de riegos asfálticos. Si es necesario por cualquier motivo regar fuera de temporada, deberá emplearse productos asfálticos tanto más fluidos (PL) cuanto más baja sea la tempe-

ratura. Las emulsiones pueden usarse en todo tiempo, salvo cuando existe peligro de heladas, que romperían la emulsión.

#### OBTENCION DE LOS MATERIALES PETREOS.

Roca y conglomerados : En la cantera las rocas sólidas son reducidas por explosión y llevadas a una planta trituradora, en donde son reducidas por completo en series de trituración, al mismo tiempo que son tamizadas para separar el agregado de tamaño no deseado. Es algunas veces necesario remover pizarra, terrones de arcilla, vegetación y otras materias reprobable, a mano o con aditamentos, a la vez que el agregado está siendo procesado. Necesariamente el agregado es lavado para remover el polvo y barro.

Los aglomerados: como la grava y la arena, pueden ser obtenidos en depósitos naturales o directamente de un lecho de río. Entonces sólo son tamizados a un tamaño apropiado y lavados para remover la suciedad; si se tiene demasiados tamaños grandes pueden ser triturados, antes de las primeras operaciones, para mejorar su granulometría y hacerlos aptos para usarlos en carpetas asfálticas. La arena casi siempre está presente en los depósitos de la grava y se separa como parte de los procesos de fabricación. Las "arenas lavadas" producidas por la grava son algunas veces usadas en las carpetas asfálticas; sin embargo, se usan más comunente las arenas de río o de campo (mina) en su estado natural.

La escoria: de la explotación de hornos, es un subproducto en la fabricación del hierro; es un material que consiste esencialmente de silicatos y aluminosilicatos de cal, la cual flota sobre el hierro fundido en las explotaciones de horno. Es fundida fuera a intervalos y reducida al tamaño apropiado, una y otra por templanza de el material fundido, por agua o por trituramiento del material con aire enfriado.

En México se han llegado a utilizar materiales de origen marino, como las conchas de ostión y en menor escala abulón, caracol marino (desde coralillo hasta caracol grande), y algunos depósitos de coral. No son muy abundantes y su existencia es muy limitada, se localiza principalmente en las costas del Golfo, en las depresiones lacustres y en las depresiones cercanas a las costas. Hay zonas como Campeche y las lagunas a lo largo de la costa de Tamaulipas, donde existen grandes depósitos. Por su alta capacidad a compresión se usa en aeropuertos, en pistas, calles de rodaje y plataformas; en carreteras como superficie de rodamiento y como base en todas las capas de pavimento. Para su uso específico en carreteras el único tratamiento al que se somete es el de secado, aunque a veces requiere de trituración.

Desventajas : Debido a su estructura cavernosa, tiene un alto grado de absorción, en un momento requiere de mucha agua, cuando se usa sola, para la compactación y mucho asfalto cuando se usa en mezcla

asfáltica. No tiene afinidad con el asfalto, por lo que hay que agregarle un aditivo para cambiar la carga eléctrica de la superficie de las partículas y pueda tener adherencia con el asfalto. Tiene dos dimensiones grandes y otra muy pequeña, respecto a las otras dos. Es de color muy claro, siendo esto un inconveniente en carreteras, por el reflejo que producen, pero ya mezclados con el asfalto se reduce dicho reflejo. Presenta una buena resistencia al intemperismo, aunque en las mezclas asfálticas el agua y el intemperismo provocan el desprendimiento del asfalto de la concha; como es higroscópica (tiende a estar húmeda) absorbe agua y ésta repele al asfalto, por lo que se recomienda proteger la mezcla asfáltica con un riego de sello.

Ventajas : Tiene una alta capacidad a compresión y presenta una resistencia alta al esfuerzo cortante en sentido normal a los planos en que se acomodan. La forma en que se acomodan las partículas es foliada (en forma de láminas, por capas). En general, el costo de estos materiales de origen marino es más bajo que el de los materiales usuales, siempre y cuando no se les tenga que someter a ningún tratamiento, pero aún en el caso de que tengan que triturarse; el material es blando, por lo que la eficiencia de las trituradoras es más alta y resulta más económico que las gravas tradicionales.

Comparando dos mezclas asfálticas, una hecha con material pétreo y otra hecha con concha, con el mismo sistema de mezcla en el lugar es más trabajable la fabricada con la concha. También es más trabajable cuando se usa en base, sub-base o subrasante.

Las propiedades físicas que presenta la concha de ostión son :

Peso volumétrico suelto = 1200 kg/M<sup>3</sup>

Peso volumétrico seco máximo = 1800 kg/M<sup>3</sup>

Densidad de 1.8 a 1.9 es deleznable (facilidad de separarse en capas); presenta una plasticidad nula con un índice plástico de casi cero, por lo que no va a sufrir cambios volumétricos cuando cambien las condiciones de humedad.

También se utiliza en la fabricación de tabique, block hueco y concretos aligerados debido a que es un material muy ligero; además de que el coral y el caracol se utilizan en acabados, sobre todo en fachadas y aplanados.

#### PRUEBAS DE CLASIFICACION.

Según el tipo de carpeta asfáltica que se necesite, en función del tránsito diario promedio durante la vida útil de la obra, se tienen pruebas para los agregados pétreos relativas a granulometría, plasticidad, desgaste, forma de la partícula, afinidad con el asfalto e intemperismo. En cuanto a las mezclas asfálticas se necesitan requisitos de resistencia, estabilidad, flujo, etc.

Los requisitos que deben cumplir los materiales pétreos, se señalan en el tomo VIII de las Normas de Construcción de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

#### GRANULOMETRIA.

La granulometría de un agregado denota la distribución de tamaño de las partículas y está determinada por el paso del material a través de una serie de mallas con aberturas más pequeñas progresivamente y pesando el material retenido en cada una de ellas para posteriormente graficarlas.

Las mallas de tamaño más grande, comunmente empleadas son, en pulgadas : 2 1/2, 2, 1 1/2, 1, 3/4, 5/8, 1/2 y 3/8. Las mallas de tamaño más pequeño son las número : 4, 10, 20, 40, 80 y 200; sin embargo, hay una tendencia hacia el uso de otros tamaños de mallas después de la número 4. Las mallas de tamaño más pequeño adoptadas por la ASTM, el Instituto de Asfaltos y varios de los departamentos de los Estados Camineros de U.S.A., son los números: 8, 16, 30, 50, 100 y 200.

En México, la Secretaría de Comunicaciones y Transportes en las Normas de Construcción, especifica las siguientes mallas para mezclas asfálticas, en pulgadas : 1, 3/4, 1/2, 3/8 y 1/4; y los números : 4, 10, 20, 40, 60, 100 y 200. Para tratamientos superficiales y macadam, en pulgadas : 3, 2 1/2, 2, 1 1/2, 1, 3/4, 1/2, 1/8 y 1/4; y los números : 4, 8, 10 y 40.

La conversión de una serie de mallas a otras puede ser interpolada, después de estar trazando una granulometría sobre una gráfica de agregados estándar.

En las mallas de tamaño más grande el número designa el tamaño de la abertura. Los números que designan a las mallas más pequeñas (4 a 200) indican el número de huecos por pulgada contenida en la malla.

Existen tres formas para representar la granulometría de un agregado: (1) El porcentaje (total) acumulado retenido; (2) El porcentaje total que pasa y ; (3) El porcentaje retenido individual en cada malla.

Los materiales se clasifican por su granulometría en :

	grandes	de 2 mts. a 75 cm.
fragmentos de roca	medianos	de 75 cm. a 25 cm.
	chicos	de 25 cm. a 7.5 cm.

Los materiales utilizados en carreteras son desde los fragmentos de roca medianos a suelos.

	gravas	de 7.5 cm. a retenido en la malla núm. 4
suelos	arenas	de retenido en malla 4 a retenido en malla 200
	arcillas y limos	de la malla 200 en adelante (todo lo que pase)

Si una de las granulometrías no es la requerida, se debe mezclar con otro material que tenga los granos que necesita la primera.

## AFINIDAD ENTRE EL MATERIAL PÉTREO Y EL ASFALTO.

Las fallas encontradas en los pavimentos asfálticos debidas a falta de adherencia entre el agregado pétreo y el asfalto, obedecen, en la mayor parte de los casos, a la introducción de agua en la carpeta asfáltica. Si la superficie de las partículas del agregado pétreo, presenta mayor afinidad al agua, que el asfalto, se les denomina agregados "hidrófilos"; por lo que el agua es atraída a la superficie de la partícula, desalojando la película de asfalto, quedando destruida la adherencia, existente entre ambos materiales, que es necesaria para dar estabilidad a una carpeta. Obviamente este tipo de agregados no es adecuado para las mezclas asfálticas, a menos que se les de algún tratamiento (desde lavar la partícula del agregado, para que se le caiga el polvo; hasta el empleo de agentes químicos: sulfuros); los agregados de este tipo son usualmente silíceos; un ejemplo típico es la cuarcita.

A los materiales pétreos que presentan mayor afinidad por el asfalto que por el agua se les llama "hidrófobos" y son básicamente por naturaleza calcáreos; ejemplos típicos son el basalto, la piedra caliza y la dolomita.

El grado de afinidad entre el agregado pétreo y la película asfáltica que lo cubre, puede ser determinado.

## I.1 PREPARACION DE LA MUESTRA

La preparación de una muestra llevada al laboratorio comprende las operaciones siguientes :

- A) Secado
- B) Disgregación
- C) Cuarteo

Debe secarse la muestra para eliminar el agua que contiene a un grado tal que permita su fácil disgregación y manejo, exponiéndola al sol, extendiendo todo el material sobre una superficie limpia y tersa; o bien, en charolas de lámina, en un horno a temperatura baja, cuarenta grados Celsius a sesenta grados Celsius ( $40^{\circ}$  a  $60^{\circ}$  C). En ambos casos, es conveniente revolver periódicamente el material para lograr un secado más rápido y uniforme, hasta bajar su humedad a un grado tal, que permita la fácil disgregación y manejo de la muestra. Cuando la muestra llegue al laboratorio con una humedad que permita su disgregación, no será necesario someterla al proceso de secado que anteriormente se indicó. Debe ponerse especial atención en que el secado de la muestra no se haga a temperatura elevada, porque podría dar lugar a una alteración de ciertas características del material, como son la cohesión, la plasticidad, etc.

Lo cual conducirá a la obtención de resultados erróneos en las pruebas a que se vaya a sujetar el material posteriormente. En el caso de materiales finos de elevada plasticidad, el secado total provoca la formación de grumos muy difíciles de disgregar, que dificultan el lavado de la muestra a través de la malla num. 200 y que inclusive, pueden originar resultados erróneos respecto al material que sea retenido en dicha malla.

Con respecto a la operación de disgregación, se considerarán tres (3) aspectos :

A) La disgregación de la muestra tiene por objeto hacer la separación de las diferentes partículas de material que constituyen la muestra, para que ésta pueda ser mezclada y cuarteada posteriormente, para obtener porciones representativas de la misma y efectuar en ellas las diferentes pruebas a que vaya a ser sometido el material. En materiales no cohesivos esta separación es fácil de hacer. No así en el caso de materiales granulares cementados o en el caso de rocas alteradas, en donde el material va reduciéndose de tamaño a medida que avanza el proceso de disgregación hasta quedar frecuentemente reducido a polvo.

La disgregación de la muestra deberá llevarse hasta un grado mínimo de disgregación que deba exigirse durante la construcción de la estructura de que se trate, para lograr un empleo correcto del material propuesto.

B) Para efectuar la disgregación de la muestra, se utilizará un mazo de madera de forma prismática cuadrangular, con las siguientes dimensiones: Altura quince (15) centímetros y base nueve punto cinco (9.5) centímetros por lado, debiendo tener el mango en la cara opuesta a la base. El peso del mazo será de un (1) kilogramo, aproximadamente. Deberá estar forrado en su base con cuero o baqueta, sujeta a los lados del mazo por medio de clavos y cinchos metálicos. La disgregación se hará en una charola de lámina.

C) La disgregación del material deberá hacerse en la charola de lámina, la cual será colocada sobre una mesa con cubierta de madera y el mazo deberá golpear verticalmente sobre el material, desde una altura no mayor de veinte (20) centímetros.

Primeramente deberá cribarse todo el material a través de la malla núm. 4. El material retenido se cribará nuevamente por la malla de cincuenta punto ocho (50.8) milímetros de abertura (2") y la fracción retenida en dicha malla deberá golpearse con el mazo, hasta obtener partículas que ya no sean disgregables. El material así tratado se cribará nuevamente por la malla de cincuenta punto ocho (50.8) milímetros (2") juntándose el material que pasa la malla con el obtenido en la primera operación de cribado a través de la malla de veinticinco punto cuatro (25.4) milímetros (1")<sub>2</sub>, disgregando el retenido y procediendo como en el caso anterior.

Se repetirá el procedimiento empleando la malla de nueve punto cincuenta y dos (9.52) milímetros (3/8") y la malla núm. 4. Se combinarán finalmente todos los productos obtenidos en estas operaciones para constituir la muestra que va a ser mezclada y cuarteada en la siguiente etapa de preparación de la muestra.

De la muestra ya disgregada, deberán cortarse las diferentes porciones necesarias para verificar las pruebas. Dichas porciones deberán ser todas ellas representativas de la muestra original. Es conveniente hacer hincapié en la importancia tan grande que tiene el hecho de que las porciones de la muestra sean verdaderamente representativas de ella, ya que de otra manera se obtendrían resultados erróneos que conducirían a un falso conocimiento del material que va a ser ensayado. Se seguirán los siguientes procedimientos generales de cuarteo, de acuerdo con la cantidad de muestra disponible :

- A) En muestras de veinte (20) kilogramos o mayores, la muestra total deberá revolverse con una pala, traspaleando de un lugar a otro unas cuatro (4) veces todo el material, hasta conseguir que presente un aspecto homogéneo. Se procederá después a formar un cono, colocando con la pala el material en el vértice de éste y permitiéndole que, por sí mismo, busque su acomodo, procurando a la vez que la distribución se haga uniformemente.

Con la pala, que deberá ser de las de forma rectangular, se formará un cono truncado, encajando la pala en forma radial y haciéndola girar con centro en el eje del cono a fin de ir desalojando el material hacia la periferia. Una vez obtenido un cono truncado de quince (15) a veinte (20) centímetros de altura, se procederá a dividirlo en cuadrante usando una regla de longitud conveniente. Se combinará el material de dos (2) cuadrantes opuestos y se repetirá el proceso anterior en caso necesario, para obtener una muestra con peso de diez (10) kilogramos, aproximadamente.

- B) En muestras de veinte (20) kilogramos o menores, podrá emplearse un hule de forma cuadrada, de uno punto veinte (1.20) metros por lado o bien, un partidor de muestra como el que aparece en la fotografía siguiente.

El material se mezclará tomando los extremos opuestos del hule y haciéndolo rodar sin que resbale. Se repetirá la misma operación con el otro par de extremos opuestos del hule y se continuará la operación de mezclado, hasta obtener una muestra de asbesto homogéneo, la cual se cuarteará formando un cono truncado, dividiéndolo en cuadrantes, etc.

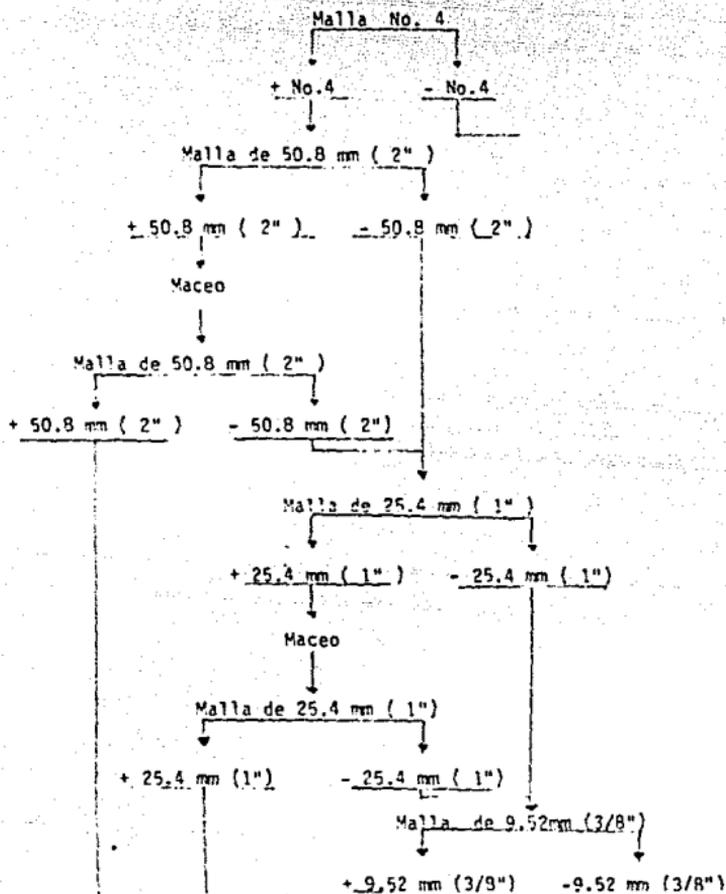
Para cuartear la muestra con el partidor se utilizan recipientes de lámina que tengan la misma longitud que el partidor.

El material se hará pasar por éste, en forma tal que cubra todas sus divisiones, para ser separado en dos (2) porciones que se recogerán en los recipientes, repitiéndose la misma operación.

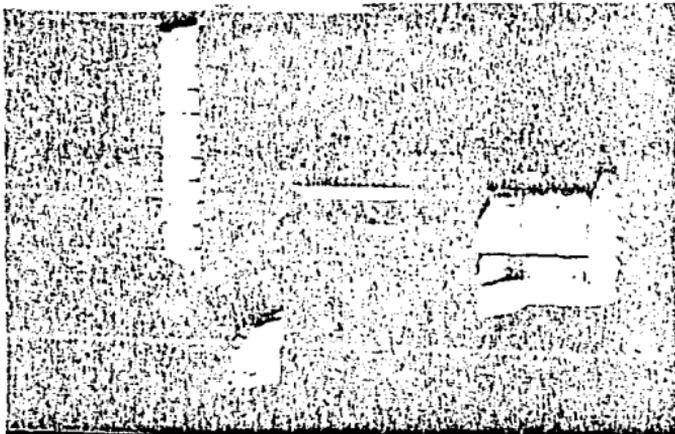
- C) Cuando se trate de muestras pequeñas que generalmente se envasan en bolsas de papel, deberán vaciarse éstas sobre una superficie limpia. No debe tomarse el material vaciando directamente de la bolsa, pues ello conducirá a una clasificación del mismo.

CUADRO ESQUEMATICO DE DISGREGACION DE LA MUESTRA.

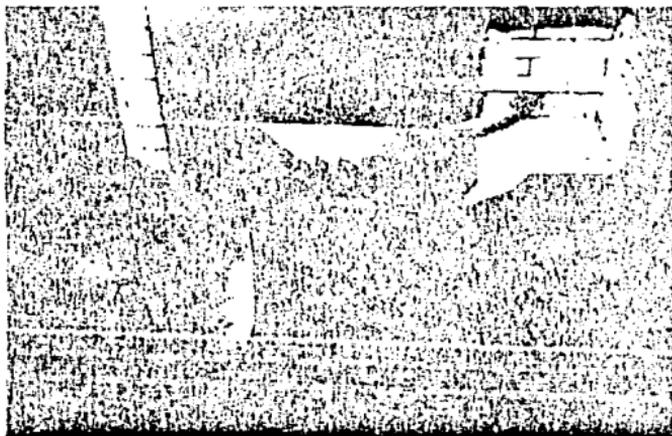
Muestra secada al sol o en horno a 40 ° C - 50° C



1.2 ANEXO FOTOGRAFICO.



Cuartheador para la separación de la muestra.



El cribado en una malla deberá suspenderse cuando se estime que el peso del material que pasa dicha malla durante un (1) minuto no es mayor de un (1) gramo. Se verificará si las partículas que queden retenidas y que tengan forma de laja o forma de aguja pueden pasar a través de cada malla, sin forzarlas, acomodándolas con la mano - según su dimensión menor, y las que queden atoradas en las tramas, deberán incorporarse a la porción retenida en la malla correspondiente.

Se pesan los materiales retenidos en cada una de las mallas, y se anotan los pesos respectivos como  $W_1$ , en gramos.

La fracción que pasa la malla Núm. 4.74, se cuarteo siguiendo el - procedimiento, y se toma el equivalente a un peso de doscientos - (200) gramos de material seco; dicho peso se determinará previamente, aplicando la siguiente fórmula:

$$W_h = 200 (1 + W_2)$$

En donde:

$W_h$  es el peso de la muestra húmeda equivalente a doscientos (200) gramos de material seco.

$W_2$  es el contenido de agua del material que pasa la malla Núm. 4.74, expresado en forma decimal.

Se coloca esta muestra en el vaso metálico y se agregan quinientos - (500) centímetros cúbicos de agua, aproximadamente, dejándose en repn

so durante doce (12) horas, como mínimo.

Transcurrido este lapso, se lava la muestra a través de la malla - Núm. 0.075. El lavado se hará agitando el contenido del vaso con la varilla durante quince (15) segundos, moviéndola en forma de ocho (8) y dejando reposar dicho contenido durante treinta (30) segundos. Inmediatamente después se decanta la suspensión sobre la malla Núm. 0.074. Para facilitar el paso de las partículas finas a través de la malla, deberá aplicarse sobre ésta un chorro de agua a baja presión.

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

A continuación se regresa al vaso metálico el material que se haya retenido en la malla Núm. 30, tuzizando un poco de agua, la que se decantará del vaso al final de la operación, cuidando que no haya arrastre de partículas.

Se seca el material en el mismo vaso metálico, dejándolo en el horno un lapso no menor de dieciseis (16) horas, a una temperatura de ciento cinco más menos cinco grados centígrados ( $105 \pm 5^{\circ}\text{C}$ ), hasta peso constante; a continuación se saca la muestra del horno y se deja enfriar en el desecador de cristal hasta que tenga una temperatura cercana al ambiente.

Se superponen las mallas a partir de la charola de fondo, en el siguiente orden, Núms. 0.074, 0.149, 0.420, 0.840 y 2.0 Se vierte el

materias sobre la malla Núm. 31, y se efectúa la operación de cribado, imprimiendo al juego de mallas un movimiento vertical y de rotación horizontal, durante cinco (5) minutos: en esta operación es conveniente emplear el agitador mecánico.

Se quita la tapa, se separa la malla Núm. 2.0 y se agita sobre una charola, hasta que se estime que el peso del material que pasa dicha malla durante un (1) minuto, no sea mayor de un (1) grano. Se vierte sobre la malla Núm. 0.89 el material que paso la malla restante. Las partículas que hayan quedado atoradas deberán regresarse a las porciones retenidas correspondientes, cepillando las mallas por el revés.

A continuación se pesan los materiales retenidos en cada una de las mallas y se anotan los pesos respectivos como  $W_j$ , en gramos.

La composición granulométrica se calculará como se indica a continuación:

Los pesos  $W_i$ , de las porciones retenidas en cada una de las mallas Núms. 50.8, 25.4, 12.7, 9.52 y 4.70, se expresarán en por ciento del peso de la muestra seca  $W_d$ , anotándolos como porcentajes retenidos parciales y designándolos como "i". El peso de la muestra seca se determinará por medio de la siguiente fórmula:

$$W_d = W_{d1} + W_{dw} = W_{m1} + \frac{W_{m2}}{1 + \frac{W_{m2}}{W_{d1}}}$$

En donde:

$W_d$  es el peso de la muestra representativa del material seco, indicado.

$W_{d1}$  es el peso de la fracción retenida en la malla Núm. 4.74, de la muestra seca, en gramos, o sea la suma de los pesos  $W_1$ ,  $W_{d1}$ , se considera igual a  $W_{m1}$ , en virtud de no haberse tomado en cuenta la humedad de la fracción gruesa.

$W_{d2}$  es el peso de la fracción que pasa la malla Núm. 4.76, de la muestra original considerada seca, en gramos.

$W_{m2}$  es el peso de la fracción que pasa la malla Núm. 4.76, de la muestra húmeda, en gramos.

$w_2$  es la humedad de la porción que pasa la malla Núm. 4.76, expresada en fracción decimal.

Los valores de los retenidos parciales "1" en por ciento, se registran considerándolos hasta la primera decimal. La suma de los pesos  $W_1$ , más el de la fracción  $W_{d2}$ , será igual a  $W_d$ , y la suma de estos pesos, expresados en por ciento, será de cien (100), aproximadamente, cuando este valor no se obtenga, podrán efectuarse ajustes en forma proporcional para lograrlo.

El retenido parcial en por ciento correspondiente a la malla Núm. 50.8, deberá restarse de cien (100), para calcular el porcentaje de

partículas que pasan dicha malla.

Después deberán hacerse sustracciones sucesivas, restando del valor inmediato anterior obtenido, el por ciento parcial retenido en la malla que le sigue en abertura inferior, con lo cual se irán calculando los porcentajes que pasan en cada una de las mallas, hasta llegar a la malla Núm. 4.76.

A continuación deberán dividirse los pesos  $W_j$ , en gramos, retenidos en cada una de las mallas Núms. 2.0, 0.840, 0.420, 0.149 y 0.074, entre el peso de doscientos (200) gramos de la muestra seca, después de lo cual deberán multiplicarse los cocientes anteriores por el porcentaje que pasa la malla Núm. 4.76, para obtener los porcentajes retenidos parciales "j", aproximándolos hasta la primera decimal. La suma de los pesos  $W_j$ , restada de doscientos (200) gramos, dará el peso del material que pasa la malla Núm. 0.074, el que deberá expresarse también en por ciento respecto al peso total  $W_d$ , de la muestra seca. Estos porcentajes se calcularán empleando la fórmula siguiente:

$$j = \frac{W_j}{200} \left( 100 \frac{W_{d2}}{W_d} \right) = \frac{W_{d2}}{2W_d} W_j$$

En donde:

j es el retenido parcial en cada malla desde la Núm. 2.0 a la Núm. 0.074 y el que pasa la malla Núm. 0.074, en por ciento del peso total de la muestra.

$W_j$  es el peso del material seco retenido parcialmente en cada malla y el de la fracción que pasa la malla Núm. 0.074, - del material seco, en gramos.

200 es el peso en gramos de la muestra seca, obtenida del material que pasa la malla Núm. 4.76.

100  $\frac{W_d2}{W_d}$  es la fracción que pasa la malla Núm. 4.76 en por ciento.

$W_d2$  es el peso de la fracción que pasa la malla Núm. 4.76 de la muestra seca, en gramos.

$W_d$  es el peso de la porción representativa del material seco, - indicada en gramos.

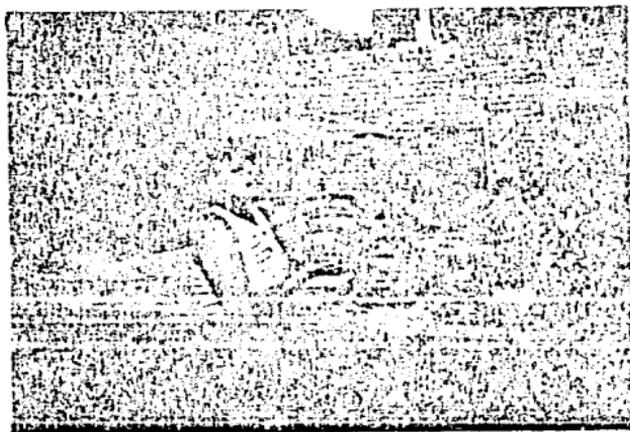
Se calculan en forma análoga ala citada, los valores correspondientes a los porcentajes que pasan las mallas Núms. 2.0, 0.840, 0.420, 0.149 y 0.074.

La proporción que se utilizó de material para las pruebas de agregados pétreos fue la siguiente:

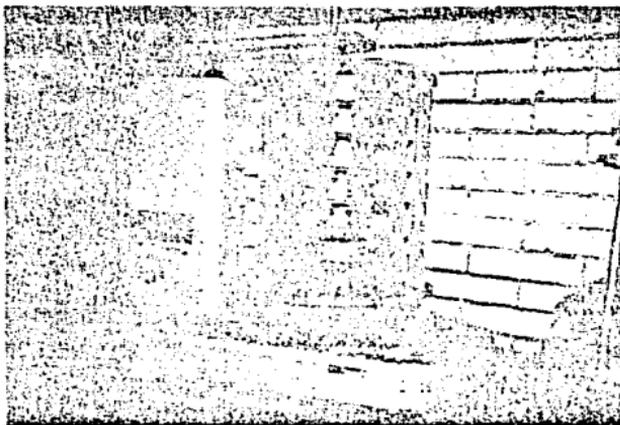
Grava	4%	Grava	4%
Arena	1%	Arena	1%
Arcilla	5%	Tepetate	5%



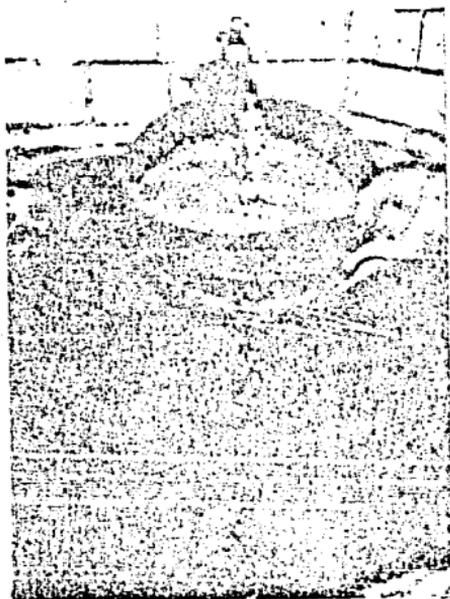
EQUIPO UTILIZADO EN LA  
PRACTICA



PROCEDIMIENTO DEL CRIBADO EN FORMA MANUAL.



PROCEDIMIENTO DEL BRIDADO EN FORMA MECANICA  
CON AYUDA DEL RO - TAP.



LAVADO DEL  
MATERIAL.



11.7 CALCULOS

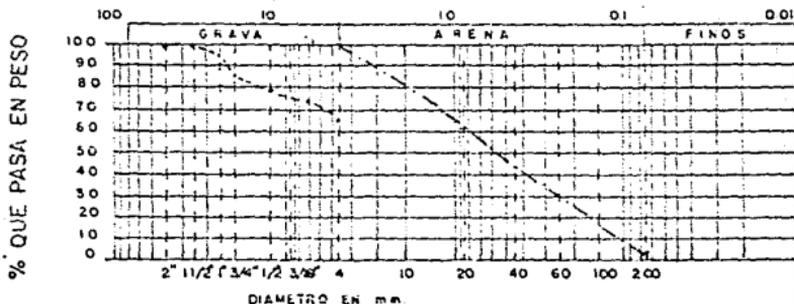
GRANULOMETRIA POR MALLAS



OBRA		PESO DE LA MUESTRA	10 kg grava, 300gr arena.
LOCALIZACION		RECIPIENTE No.	
ENSAYE No.		PESO RECP. $\pm$ SUELO HUMEDO (gr)	
MUESTRA No.		PESO RECP. $\pm$ SUELO SECO (gr)	
DESCRIPCION	Arena - Grava - Tepetate	PESO AGUA (gr)	
FECHA	Junio 7 1962	PESO MUESTRA (gr)	
OPERADOR	Celia Martinez Rayón	PESO MUESTRA SECA gr	
CALCULO	Celia Martinez Rayón	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	

Malla No.	Abertura mm	Peso suelo	Por ciento	Malla No.	Abertura mm	Peso suelo	Por ciento
		retenido gr	ret. parcial %			retenido gr	ret. parcial %
2"	---	---	100	10	57.8	19.2666	33.7334
1 1/2"	---	---	100	20	51.9	16.3	83.7
1"	195.2	3.952	96.048	40	56.8	18.03	81.97
3/4"	200.15	9.0915	80.9085	60	39.5	13.2	86.8
1/2"	713.2	7.132	92.868	100	42.8	14.2666	85.7334
3/8"	452.3	4.523	95.477	200	17.2	12.4	87.6
1/4"	---	---	---	Pasa No 200	10.9	3.63	96.37
No. 4	951.2	9.512	90.488	Suma	300	100%	0
Pasa No 4	6569.95	55.6895					
Suma	10.000	100.0	100%				

CLASIFICACION SISTEMA UNIFICADO



CLASIFICACION SUCS.

OBSERVACIONES

VER TABLA DE COMPOSICION GRANULOMETRICA



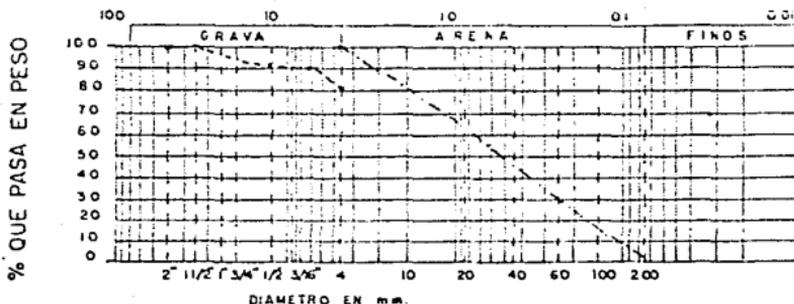
# GRANULOMETRIA POR MALLAS



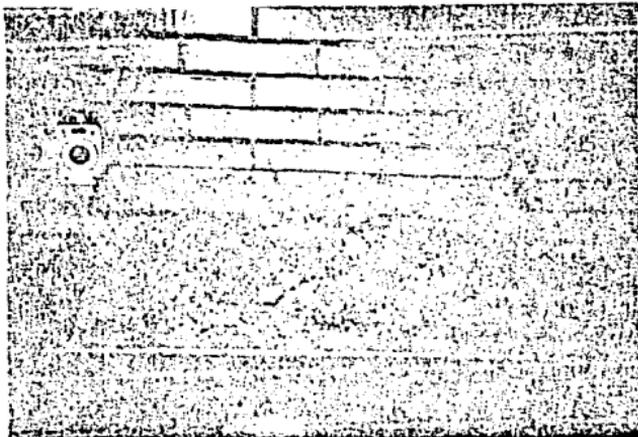
OBRA _____				PESO DE LA MUESTRA <u>Grava 10kg, 300gr Arena</u>			
LOCALIZACION _____				RECIPIENTE No. _____			
ENSAYE No. _____		SONDEO No. _____		PESO RECP. $\pm$ SUELO HUMEDO (gr) _____		PESO RECP. $\pm$ SUELO SECO (gr) _____	
MUESTRA No. _____ PROF. _____				PESO AGUA (gr) _____			
DESCRIPCION <u>Grava - Grava - Arcilla</u>				PES. RECIP. (gr) _____			
FECHA <u>Junio / 1955</u>				PESO MUESTRA SECA gr _____			
OPERADOR <u>Celia Martínez Sívola</u>				CONTENIDO DE HUMEDAD (%) _____			
CALCULO <u>Celia Martínez Sívola</u>				CONTENIDO DE HUMEDAD (%) _____			

Malla No.	Abertura mm	Peso suelo	Por ciento	Por ciento	Malla No.	Abertura mm	Peso suelo	Por ciento	Por ciento
		retenido gr	ret. porci. %	ret. porci. %			retenido gr	ret. porci. %	ret. porci. %
2"	-----	-----	-----	100	10	50.5	18.96	18.966	81.034
1 1/2"	-----	-----	-----	100	20	44.5	14.83	33.79	66.204
1"	102.9	1.029	1.029	28.27	40	39.9	19.968	63.76	36.240
3/4"	75.4	1.654	2.927	67.207	60	47.5	15.933	69.59	30.409
1/2"	47.6	4.176	7.159	92.841	100	45.4	15.266	84.73	15.266
3/8"	238.1	2.381	9.54	90.46	200	14.5	11.6	96.44	3.557
1/4"	-----	-----	-----	-----	Pasa No 200	10.5	2.52	-----	-----
No. 4	748	7.48	17.02	82.98	Suma	300	100%	100%	0%
Pasa No. 4	8256	82.56	-----	-----					
Suma	10.000	100%	100%	0%					

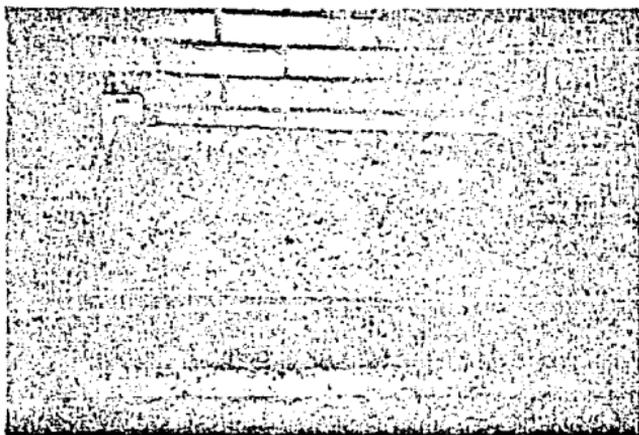
## CLASIFICACION SISTEMA UNIFICADO



CLASIFICACION SUCS. VER GRAFICA DE COMPOSICION GRANULOMETRICA  
OBSERVACIONES \_\_\_\_\_



Preparación de la muestra No. 1  
Arena - Grava - Tapetate.



Preparación de la muestra No.2  
Arena - Grava - Arcilla .

## GRANULOMETRIA

## 11.1 INTRODUCCION.

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

La sucesión de tamaños obtenidos mediante el empleo de mallas, da una idea de la composición granulométrica únicamente en dos (2) dimensiones, por lo que las curvas resultantes sólo serán representativas de materiales constituidos por partículas de forma equidimensional; si las partículas de un material tienen forma laminar o aspicular, es decir, de lascas o agujas, respectivamente, los resultados que se obtengan no serán representativos de los tamaños reales del material y, en consecuencia, de su comportamiento. Asimismo, la curva granulométrica no dará una idea correcta de la sucesión de tamaños en los materiales con partículas de pesos específicos muy diferentes, en cuyo caso será necesario efectuar la corrección correspondiente, para transformar los porcentajes obtenidos en función de pesos, a porcentajes en función de volúmenes.

Las características granulométricas de un suelo influyen en la mayor o menor facilidad para lograr una compactación adecuada y tienen importancia en su comportamiento mecánico, principalmente en

los suelos gruesos. Generalmente, la mayor estabilidad de un suelo se alcanza cuando la cantidad de vacíos es mínima y para que esta condición pueda lograrse, se requiere que el material tenga una sucesión adecuada de tamaños que permita - que los huecos resultantes del acomodo de las partículas mayores, sean ocupados por partículas menores y que a su vez, los huecos que dejan estas últimas sean ocupados por partículas más finas y así sucesivamente.

La prueba tiene dos (2) variantes, el análisis granulométrico estándar y el análisis granulométrico simplificado.

El análisis granulométrico estándar consiste esencialmente - en separar y clasificar por tamaños las partículas que componen el suelo, utilizando el procedimiento de cribado, es decir, haciendo pasar el material a través de un juego de mallas de aberturas cuadradas que comprende de la Núm. 75.0 a la Núm. 0.074.

La granulometría de un agregado denota la distribución de tamaño de las partículas y esta determinada por el paso del material a través de una serie de mallas con aberturas más pequeñas progresivamente y pesando el material retenido en cada una de ellas para posteriormente graficarlas.

Las mallas de tamaño más grande, comúnmente empleadas son, en pulgadas: 2 1/2, 2, 1 1/2, 1, 3/4, 5/8, 1/2 y 3/8. Las mallas de tamaño más pequeño son las números: 4, 10, 20, 40, 80 y 200;

sin embargo hay una tendencia hacia el uso de otros tamaños de mallas después de la número 4. Las mallas de tamaño pequeño adoptadas por la ASTM, el Instituto de Asfaltos y varios de los departamentos de los Estados Camineros de U.S.A., son los números: 8, 16, 30, 50, 100 y - 200.

En México, la Secretaría de Comunicaciones y Transportes en las Normas de Construcción, especifica las siguientes mallas para mezclas asfálticas, en pulgadas: 1, 3/4, 1/2, 3/8 y 1/4; y los números: 4, 10 - 20, 40, 60, 100 y 200. Para tratamientos superficiales y macadam, en pulgadas: 3, 2 1/2, 2, 1 1/2, 1, 3/4, 1/2, 3/8 y 1/4; y los números: 4, 8, 10 y 40.

La conversión de una serie de mallas a otras puede ser interpolada, después de estar trazando una granulometría, sobre una gráfica de agregados estándar.

En las mallas de tamaño más grande el número designa el tamaño de la abertura. Los números que designan a las mallas más pequeñas (4 a -- 200) indican el número de huecos por pulgada contenida en la malla.

Existen tres formas para representar la granulometría de un agregado: (1) el por ciento (total) acumulado retenido; (2) El por ciento total que pasa, y; (3) El por ciento retenido individual en cada malla.

Los materiales se clasifican por su granulometría en:

Fragmentos de roca grandes de 2 mts. a 75 cm.  
medianos de 75 cm. a 25 cm.  
chicos de 25 cm. a 7.5 cm.

Los materiales utilizados en carreteras son desde los fragmentos de roca medianos a suelos.

gravas de 7.5 cm. a retenido en la malla núm. 4.  
Suelos arenas de retenido en malla 4 a retenido en la malla 200.  
arcillas y limos de la malla 200 en adelante (todo lo que pase)

Si una de las granulometrías no es la requerida, se debe mezclar con otro material que tenga los granos que necesita la primera.

## II.2 OBJETIVO.

Obtener la granulometría en una muestra de material (tepetate, arcilla) y su curva granulométrica.

## II.3 EQUIPO.

El equipo y materiales necesarios son los siguientes:

Balanza de veinte (20) kilogramos de capacidad y cinco (5) gramos de aproximación.

Balanza de dos (2) kilogramos de capacidad y cero punto un (0.1) gramo de aproximación.

Charolas de lámina.

Cucharón de lámina.

Cepillo de cerdas.

Cepillo de alambre delgado.

Desecador de cristal.

Juego de mallas de las siguientes designaciones: Núms. 76.2, 50.8  
25.4, 12.7, 9.52, 4.70, 2.00, 0.840, 0.420, 0.149 y 9.074.

Tapa y fondo para el juego de mallas.

Vaso de aluminio de un (1) litro.

Agitador mecánico de tipo Ro-tap.

#### 11.4 MATERIAL.

Grava

Arena

Tepetate

Arcilla

#### 11.5 DESARROLLO.

La preparación de la muestra deberá hacerse como sigue:

De cada muestra obtenida como se indica, se obtiene por cuarteto una porción representativa con peso aproximado de quince (15) kilogramos, el cual se determina y se anota como Wm, con aproximación de un (1) - gramo.

Una vez preparada la muestra, se criba el material por la malla Núm. 4.70, para separarlo en dos (2) fracciones, se determina el peso de ellas, se anota como  $w_{m1}$ , el peso de la fracción retenida en la malla Núm. 4.74 y como  $w_{m2}$ , el de la fracción que pasa esta malla, ambos con aproximación de un (1) gramo.

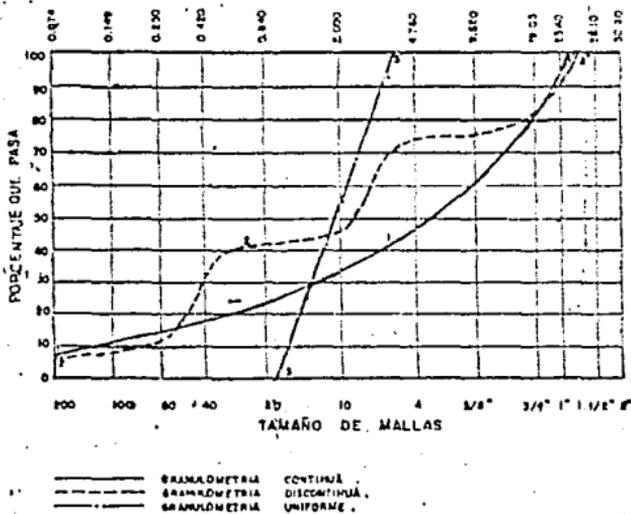
Se corrige el peso de la fracción que pasa la malla Núm. 474, determinando su contenido de agua de acuerdo con el procedimiento indicado, y se anota la humedad obtenida como  $w_2$ . Generalmente no es necesario determinar la humedad  $w_1$ , de la fracción retenida en la malla Núm. 4.74, secada al sol, debido a que este valor es relativamente pequeño y puede desprejarse sin introducir errores de importancia.

La prueba se desarrollará como sigue:

Se criba en forma manual el material retenido en la malla Núm. 4.76, a través de las mallas Núms. 76.2, 50.0, 25.8, 12.7, 9.52 y 4.74, comenzando por la mayor abertura y siguiendo el orden el que se indica. Para efectuar esta operación deberá imprimirse a las mallas un movimiento vertical y de rotación horizontal, para mantener al material en constante movimiento y permitir que los tamaños menores pasen a través de las aberturas correspondientes. El volumen de material que se coloque en cada malla, deberá ser menor que la capacidad de la misma, con el fin de evitar pérdidas y facilitar el cribado. El paso de las partículas a través de las aberturas de las mallas deberá efectuarse libremente.

## II.8 GRAFICA

### GRAFICA DE COMPOSICION GRANULOMETRICA



## 11.9 CONCLUSIONES.

Las causas más frecuentes de error al efectuar esta prueba son las siguientes:

Que se produzcan pérdidas de materiales por manipulaciones descuidadas durante las operaciones de cribado, lavado, secado y pesado.

Que se usen mallas con aberturas diferentes de las especificadas, debido a construcción defectuosa, desgaste y deformación o ruptura de los alambres de las tramas.

Que permanezcan partículas de material atoradas en las tramas de las mallas y no se consideren en el peso del material retenido.

PRUEBAS DE PLASTICIDAD  
(Límites de ATTERBERG)

## III.1 INTRODUCCION.

Los métodos de prueba a que se refiere, tienen por objeto conocer las características de plasticidad de la porción de suelo que pasa la malla Núm. 0.420, cuyos resultados se utilizan principalmente para la identificación y clasificación de los suelos.

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

De acuerdo con su contenido de agua, los suelos pueden presentar algunos de los siguientes cinco (5) estados de consistencia:

Estado líquido, cuando manifiestan las propiedades de una suspensión.

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

Estado plástico, en el cual los suelos presentan las propiedades de plasticidad señaladas.

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

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

Las fronteras entre los estados de consistencia, fueron establecidas por Atterberg bajo el nombre general de límites de consistencia.

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

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

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

A la diferencia aritmética entre el límite líquido y el límite plástico, se le denomina índice plástico.

La contracción lineal de un suelo es la reducción del volumen del mismo, medida en una de sus dimensiones y expresada como porcentaje de la dimensión original, cuando la humedad se reduce desde la correspondiente al límite líquido hasta la del límite de contracción.

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

Para la determinación de límite líquido de un suelo por el método estándar, se emplea el procedimiento de Casagrande, según el cual se define como límite líquido el contenido de agua de la fracción del suelo que pasa la malla Núm. 0.420, cuando al ser colocada en la copa de Casagrande y efectuar en ella una ranura trapecial de dimensiones especificadas, los bordes inferiores de la misma se ponen en contacto en una longitud de trece punto cero (13.0) milímetros, después de golpear la copa veinticinco (25) veces, dejándola caer contra una superficie dura de características especiales, desde una altura de un (1) centímetro, a la velocidad de dos (2) golpes por segundo. En el método estándar el límite líquido se determina gráficamente mediante la curva de fluidez, la que se obtiene uniendo los puntos que presentan los contenidos de agua correspondientes a diversos números de golpes, para los cuales la ranura se cierra en la longitud especificada.

### III.2 OBJETIVO

Conocer los rangos de comportamiento plástico, líquido en un suelo, así mismo la contracción lineal que se presenta por medio de los límites de consistencia y la prueba de contracción lineal.

### III.3 EQUIPO.

Cápsula de porcelana de doce (12) centímetros de diámetro.

Espátula de hoja de acero flexible de siete punto cinco (7.5) centímetros de longitud y dos (2) centímetros de ancho, con punta redonda.

Cuentagotas.

Copa de Casagrande calibrada para una altura de caída de un (1) centímetro, provista de ranuradores, uno plano y otro curvo.

Vidrios de reloj.

Balanza de doscientos (200) gramos de capacidad y cero punto - cero un (0.01) gramo de aproximación.

Horno con termostato que mantenga una temperatura constante de ciento cinco más menos cinco grados centígrados ( $105 \pm 5^{\circ}\text{C}$ ).

Desecador de cristal conteniendo cloruro de calcio anhidro.

Vaso o recipiente con capacidad de cero punto cinco (0.5) litros.

Paño absorbente.

#### III.4 MATERIAL.

Material que pasa la malla No. 40.

Arena - Tepetate

Arena - Arcilla

#### III.5 DESARROLLO.

En la preparación de la muestra para determinar los límites de -- plasticidad y la contracción lineal, se emplean doscientos cincuenta (250) gramos de material previamente cribado por la malla Núm. 0.420, los cuales se toman de una porción representativa obtenida

La muestra se coloca en un recipiente apropiado, se le agrega agua en la cantidad necesaria para que tome el aspecto de material saturado y se deja en reposo durante veinticuatro (24) horas aproximadamente, en un lugar fresco, cubriendo el recipiente con un paño que se mantendrá húmedo a fin de reducir al mínimo la pérdida de agua por evaporación.

La prueba se efectuará en la forma siguiente:

Se toma una porción de ciento cincuenta (150) gramos, aproximadamente, de la muestra preparada, se coloca en la cápsula de porcelana y se procede a homogeneizar la humedad con la espátula.

Logrado lo anterior se coloca en la copa de Casagrande, previamente calibrada, una cantidad suficiente de material para que una vez extendido por medio de la espátula se tenga un espesor de ocho (8) a diez (10) milímetros en la parte central de la muestra colocada. Para extender el material se procede del centro hacia los lados, sin aplicarle una presión excesiva y con el mínimo de pasadas de la espátula.

Se efectúa una ranura en la parte central del material que contiene la copa, con una pasada firme del ranurador, manteniéndolo siempre normal a la superficie interior de la copa como se indica. La localización, forma y dimensiones que debe tener la ranura en su parte central se ilustran en la figura siguiente. En el caso de materiales arenosos en que es probable que deslicen sobre la copa cuando se use el ranurador curvo, podrán darse hasta seis (6) pasadas profundizan-

do paulatinamente la ranura, de manera que solamente en la última pasada el ranurador toque el fondo de la copa.

Se accione la manivela del aparato para hacer la copa, a razón de dos (2) golpes por segundo y se registra el número de golpes necesarios para lograr que los bordes inferiores de la ranura se pongan en contacto en una longitud de trece (13) milímetros.

Una vez logrado lo anterior se toman con la espátula aproximadamente diez (10) gramos de material de la porción cerrada de la ranura y se colocan en un vidrio de reloj. para proceder de inmediato a determinar su contenido de agua.

A continuación y una vez que se ha tomado la muestra para la determinación de la humedad, se regresa a la cápsula de mezclado el material que contiene la copa, se lavan y secan tanto la copa como el ranurador.

En seguida se agrega agua con el cuentagotas al material contenido en la cápsula, se homogeneiza con la espátula y se realizan las etapas descritas anteriormente, para obtener cuatro (4) series de valores, incrementando siempre el contenido de agua para cada proceso.

La cantidad de agua que se adicione al material deberá ser en tal forma que las cuatro (4) determinaciones efectuadas, queden comprendidas entre diez (10) y treinta y cinco (35) golpes, siendo necesario obtener dos (2) valores arriba y dos (2) abajo de veinticinco (25) golpes.

Para consistencias menores de diez (10) golpes es difícil identi-

car el momento de cierre de la ranura en la longitud especificada; por otra parte, para más de treinta y cinco (35) golpes, se dificulta la ejecución de la prueba.

Se dibujan los puntos correspondientes a cada determinación en un papel semilogarítmico cuyas abscisas representan en escala logarítmica, el número de golpes y las ordenadas, en escala aritmética, los respectivos contenidos de agua. A continuación se traza la línea recta que pase lo más cerca posible de cuando menos tres (3) de los puntos obtenidos; la línea así trazada se denomina curva de fluidez, cuya ordenada correspondiente a veinticinco (25) golpes, se reporta como el límite líquido del suelo, expresado como contenido de agua en por ciento y redondeado al número entero más cercano.

#### III.6 CONCLUSIONES.

Que al efectuar la prueba la ranura se cierre debido al deslizamiento del suelo sobre la copa y no al flujo provocado por los golpes.

Desajuste en el aparato de Casagrande. Se debe verificar antes -- de cada prueba que la altura de caída de la copa sea de un (1) - centímetro, utilizando para ello el mango calibrado del ranurador que tiene precisamente esa dimensión. Si la altura de caída es diferente de la especificada, debe corregirse el aparato ajustando los tornillos de que está provisto para tal fin. Asimismo, se debe verificar que las dimensiones del ranurador sean las especificadas.

Desgaste de la base del aparato, achatamiento de la copa o fallas atribuibles a defectos del aparato. Cuando estos defectos son de cierta consideración se debe verificar la precisión del aparato - haciendo pruebas comparativas con otras copas de Casagrande en - buenas condiciones.

Pérdida de agua por evaporación en la muestra, debido a que la - prueba no se realice en lugares frescos y exentos de corriente de aire.

Que la cantidad de material colocado en la copa sea insuficiente para tener un espesor mínimo de ocho (8) milímetros en el centro de la ranura. Para evitar lo anterior es conveniente poner material en cantidad ligeramente excedida y eliminar el sobrante al enrasarlo con la espátula.

La presencia de burbujas de aire ante el material y la copa, originadas por una mala colocación de aquél, que hace que fluya con mayor facilidad, traduciéndose en un límite líquido menor que el real.

Que la caída de la copa no se efectúe a una velocidad uniforme de dos (2) golpes por segundo.

Que la forma, dimensiones y ubicación de la ranura sean diferentes de las especificadas, lo cual puede deberse a defectos del ranurador o al manejo inadecuado de éste al practicar la ranura en una posición incorrecta.

Que la copa y el ranurador no estén limpios antes de cada determinación.

Que se incorpore material seco para reducir la humedad de la muestra de prueba, o bien que no se efectúe un amasado correcto de ésta.

## LIMITE PLASTICO

III.7 El límite plástico de un suelo se define como el mínimo contenido de agua de la fracción que pasa la malla Núm. 0.420, para que se pueda formar con ella cilindros de tres (3) milímetros, sin que se rompan o desmoronen.

### III.7.1 EQUIPO.

El equipo y materiales necesarios son los siguientes:

Cápsula de porcelana de doce (12) centímetros de diámetro.

Espátula de hoja de acero flexible de siete punto cinco (7.5) centímetros de longitud y dos (2) centímetros de ancho, con punta redonda.

Placa de vidrio con dimensiones mínimas aproximadas de cuarenta (40) por cuarenta (40) centímetros de lado y cero punto seis (0.6) centímetros de espesor.

Balanza de doscientos (200) gramos de capacidad y cero punto cero punto cero un (0.01) gramo de aproximación.

Alambre de acero, de tres (3) milímetros de diámetro y diez (10) centímetros de longitud.

Vidrios de rejuj.

Horno con termostato que mantenga una temperatura constante de ciento cinco más menos cinco grados centígrados ( $105 \pm 5^{\circ}\text{C}$ ).

### III.7.2 MATERIAL.

Arena - Tepetate, Arena - Arcilla

### III.7.3 DESARROLLO.

La prueba de desarrollo en la forma siguiente:

Se toma una muestra del material preparado de acuerdo con lo indicado, a la cual se le da la forma de una pequeña esfera de aproximadamente doce (12) milímetros de diámetro, que deberá moldearse con los dedos para que pierda la humedad y se forme un cilindro - manipulándola sobre la palma de la mano, aplicando con los dedos la presión necesaria para tal objeto.

A continuación se rola el cilindro con los dedos de la mano sobre la placa de vidrio, dándole la presión requerida para reducir su diámetro hasta que éste sea uniforme en toda su longitud y ligeramente mayor de (3) milímetros. La velocidad de rolado debe ser de sesenta (60) a ochenta (80) ciclos por minuto, entendiéndose por ciclo de un movimiento completo de la mano hacia adelante y hacia atrás, hasta volver a la posición de partida.

Si al alcanzar dicho diámetro de tres (3) milímetros, el cilindro no se rompe en varias secciones simultáneamente, su humedad es superior a la del límite plástico. En este caso se debe juntar to-

do el material y formarse nuevamente una pequeña esfera, manipulándola con los dedos para facilitar la pérdida de agua y lograr una distribución uniforme de la misma.

Se repiten todas las operaciones, hasta que el cilindro se rompa en varios segmentos precisamente en el momento de alcanzar el diámetro de tres (3) milímetros; dicho diámetro se verificará comparándolo con el alambre de referencia.

En seguida se colocan en un vidrio de reloj todos los fragmentos en que se haya dividido el cilindro y se efectúa la determinación de humedad correspondiente.

Para mayor seguridad en los resultados de la prueba, se deben llevar a cabo por lo menos tres (3) determinaciones sucesivas del límite plástico, en cada muestra.

Los suelos con los que no es posible formar cilindros del diámetro especificado, con ningún contenido de agua, se consideran como no plástico.

Se reporta como límite plástico del suelo, el promedio de las humedades que concuerden entre sí; dicho promedio se redondea al número entero más cercano.

Las causas más frecuentes de error en esta prueba son las siguientes:

Imprecisión en las operaciones de pesado. Como la cantidad de mues

tra que se toma para determinar el contenido de agua es muy pequeña, cualquier error en este sentido influirá notablemente, por lo que de derán extremarse las precauciones para lograr pesadas correctas.

Agregar material seco para la reducir el contenido de agua de la mues tra. La reducción de agua deberá lograrse manipulando la muestra en la forma indicada, para no perder la homogeneidad alcanzada durante la - preparación de la misma.

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

Que la placa de vidrio no se encuentre limpia antes de cada determina- ción, ya que ésto dificulta o impide la formación del cilindro.

Que al alcanzar el cilindro el diámetro de tres (3) milímetros, el ope- rador lo rompa en forma deliberada, modificando la presión, la veloci- dad de rolado o ambas cosas.

Que para la determinación de la humedad no se tomen todos los fragmen- tos en que se dividió el cilindro al alcanzar el límite plástico.

El índice plástico de un suelo mide el intervalo de variación de la hu- medad dentro del cual el suelo presenta una consistencia plástica, los límites líquido y plástico corresponden a las fronteras superior e in-

ferior de dicha consistencia, respectivamente.

El índice plástico, definido como la diferencia aritmética entre los límites líquido y plástico, se calcula mediante la fórmula siguiente:

$$IP = LL - LP$$

En donde:

IP es el índice plástico del suelo, en por ciento.

LL es el límite líquido del suelo, en por ciento.

LP es el límite plástico del suelo, en por ciento.

Se reporta como índice plástico la diferencia calculada según se indicó.

Cuando el suelo sea muy arenoso y no pueda determinarse el límite plástico, se reportan el límite plástico y el índice plástico como NP (no plástico).

Cuando el límite plástico sea igual o mayor que el límite líquido, se reporta el índice plástico como NP.

## CONTRACCION LINEAL

III.8 La contracción lineal de un suelo se define como la reducción en la mayor dimensión de un espécimen de forma prismática rectangular, elaborado con la fracción de suelo que pasa la malla Núm. 0.420, cuando su humedad disminuye desde la correspondiente al límite líquido hasta la del límite de contracción, expresada dicha reducción como un porcentaje de la longitud inicial del espécimen.

### III.8.1 EQUIPO.

El equipo y materiales necesarios para la prueba son los siguientes:

Cápsula de porcelana de doce (12) centímetros de diámetro.

Espátula de hoja de acero flexible de siete punto cinco (7.5) centímetros de longitud y dos (2) centímetros de ancho.

Moldes de lámina galvanizada del Núm. 16, con sección de dos (2) centímetros y de diez (10) centímetros de longitud.

Calibrador con vernier del tipo Máuser.

Horno con termostato que mantengan una temperatura constante de ciento cinco más o menos cinco grados centígrados ( $105 \pm 5^{\circ}\text{C}$ ).

Grasa grafitada.

### III.8.2 MATERIAL.

Arena - Tepetate

Arena - Arcilla

### III.8.3. DESARROLLO.

Para esta determinación se utilizará una muestra preparada, o bien se aprovechará el material húmedo que haya sobrado de la determinación del límite líquido.

La prueba se efectúa en la forma siguiente:

Se agrega a la muestra agua o material menos húmedo tomado de la porción preparada, hasta lograr que la humedad sea la correspondiente a la del límite líquido, lo cual se verifica empleando la copa de Casagrande y cumpliendo con la condición de que la ranura se cierre en una longitud de trece (13) milímetros precisamente a los veinticinco (25) golpes.

Con el material preparado en las condiciones indicadas se procede a llenar el molde de prueba, al cual se le habrá aplicado previamente una capa delgada de grasa en su interior para evitar que el material se adhiera a sus paredes. El llenado, del molde se efectúa en tres (3) capas, utilizando la espátula y golpeándolo después de la colocación de cada capa contra una superficie dura; para ésto último, deberá tomarse el molde -

por sus extremos, procurando siempre que el impacto lo reciba en toda su base, lo cual se logra conservando paralelismo entre dicha base y la superficie sobre la cual se golpea. En cada caso las operaciones de golpeo deberán prolongarse lo suficiente para lograr la expulsión del aire contenido en la muestra colocada, lo que se pone de manifiesto cuando ya no aparecen burbujas en su superficie.

A continuación se enrasa el material en el molde utilizando la espátula y se deja orear a la sombra hasta que cambie ligeramente su color, después de lo cual se pone a secar en el horno por un período de dieciocho (18) horas, aproximadamente, a una temperatura de ciento cinco más menos cinco grados centígrados ( $105 \pm 5^{\circ}\text{C}$ ).

Se extrae del horno el molde con el espécimen, se deja enfriar a la temperatura ambiente y a continuación se saca la barra del molde.

Finalmente, se mide con el calibrador la longitud media de la barra del material seco y la longitud interior del molde, con aproximación de cero punto cero un (0.01) centímetro.

La contracción lineal se calcula de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$CL = \frac{L_i - L_f}{L_i} \times 100$$

En donde:

CL es la contracción lineal aproximada al décimo más cercano, en por ciento.

L<sub>i</sub> es la longitud inicial de la barra de suelo húmedo, que corresponde a la longitud interior del molde, en centímetros.

L<sub>f</sub> es la longitud media de la barra de suelo seco, en centímetros.

### III. 8.4 CONCLUSIONES.

Las causas más frecuentes de error en esta prueba son las siguientes:

Engrasado deficiente del interior del molde, lo que ocasiona que el espécimen se rompa al contraerse.

La forma incorrecta de golpear el molde, lo que puede ocasionar deficiencias de acomodo en el material, como la que ocurriría si para golpear el molde se sujeta sólo por uno de sus extremos, originando concentraciones de material en alguno de éstos.

No dar el número necesario de golpes a la barra para eliminar el aire contenido en el material.

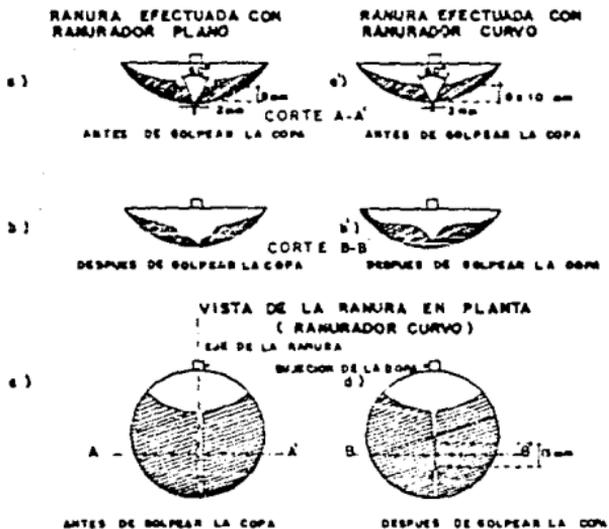
Exponer el espécimen al sol o introducirlo en el horno inmediatamente después de elaborado, originando con ello que se agriete o deforme, principalmente cuando se trata de materiales muy plásticos.

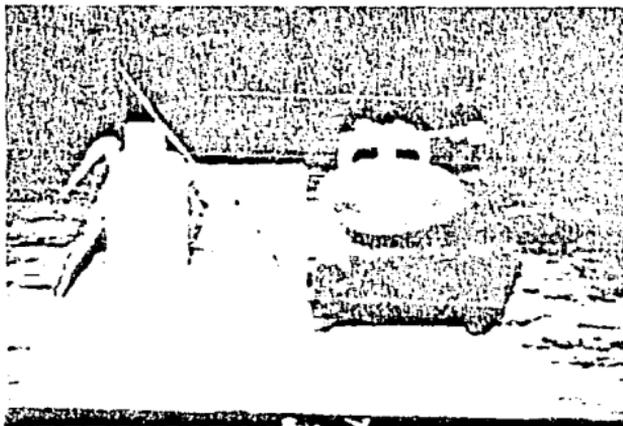
Medir incorrectamente la longitud final de la barra, sobre todo cuando se rompa o arquee excesivamente.

## III.6.5 DIAGRAMA

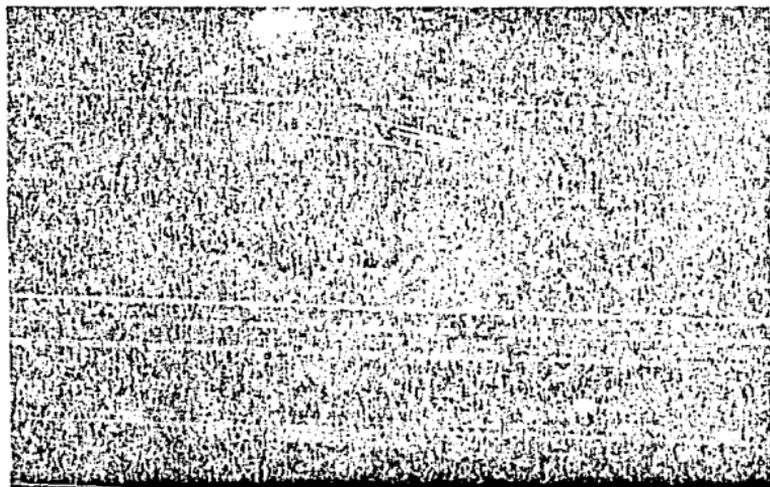
### FORMA Y DIMENSIONES DE LAS RANURAS

#### VISTAS DE LAS RANURAS EN SECCION

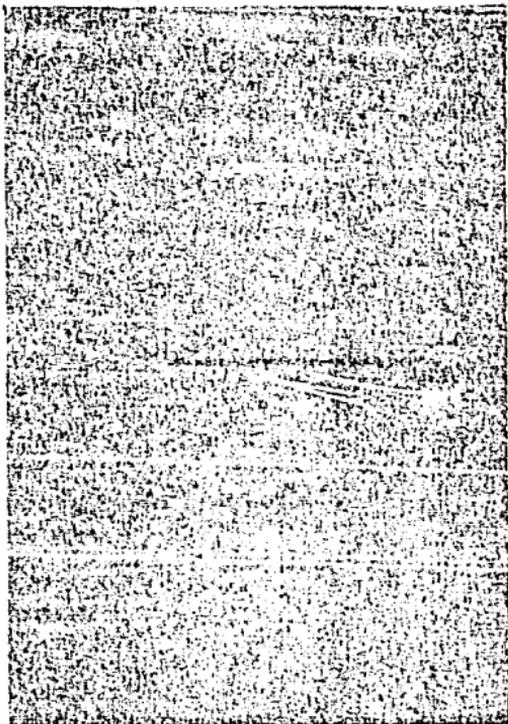




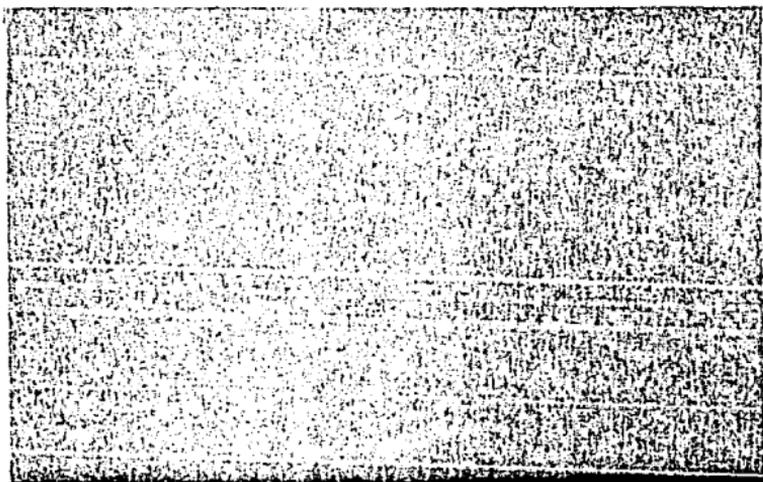
EQUIPO PARA REALIZAR LA PRUEBA.



EN ESTA FOTOGRAFIA SE APRECIA LA OBTENCION DEL LIMITE LIQUIDO.



EN LA SIGUIENTE  
FOTOGRAFIA SE  
MUESTRA EL RE-  
SULTADO DEL -  
LIMITE PLASTICO.



SE PUEDE OBSERVAR EL RESULTADO DE LA PRUEBA DE CONTRACCION LINEAL.



## III.10 CALCULOS

## LIMITES DE PLASTICIDAD Y HUMEDAD NATURAL



ESTUDIO POR EFECTUAR <u>LIMITES DE PLASTICIDAD</u>	ENSAYE No <u>1</u>
LOCALIZACION <u>ENEP " ARAGON "</u>	FECHA DE INICIACION <u>JULIO /1989</u>
CALCULO <u>DELIA MARTINEZ RAYON</u>	FECHA DE TERMINACION _____

## LIMITE LIQUIDO

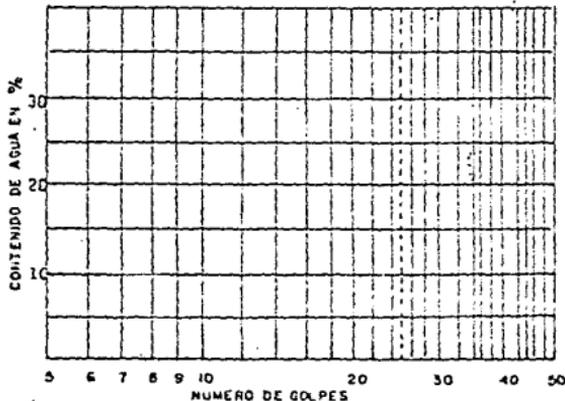
PRUEA No	CAPSULA No	No DE GOLPES	PESO CAPSULA		PESO DEL AGUA	PESO DE LA CAPSULA		PESO DEL CONTENIDO DE AGUA (Lw)
			LA + SUELO HUMEDO	LA + SUELO SECO		LA + SUELO	SUELO SECO	
1	1	25	19.28	15.94	3.34	5.28	10.71	31.18

## LIMITE PLASTICO

1	1	71.4	69	2.4	60	9	21.05
---	---	------	----	-----	----	---	-------

## HUMEDAD NATURAL

		31.18					
		21.05					
		52.23					



$$w = \frac{25.12}{100} \%$$

$$LL = \frac{31.18}{100} \%$$

$$LP = \frac{21.05}{100} \%$$

$$IP = \frac{10.13}{100} \%$$

$$CR = \frac{LL - w}{IP} = 0.495$$

$$F_w = \frac{10.13}{100} \%$$

$$T_w = \frac{IP}{F_w} = 2.077$$

CLASIF. SUCS. Cl.

ZONA II

CONTRACCION LINEAL

$$LI = \frac{4.96}{100}$$

$$LP = \frac{9.68}{100}$$

$$CL = \frac{2.81}{100}$$

OBSERVACIONES: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_



## LIMITES DE PLASTICIDAD Y HUMEDAD NATURAL



ESTUDIO POR EFECTUAR LIMITES DE PLASTICIDAD

ENSAYE No. 1

LOCALIZACION ENEP " ARAGON "

FECHA DE INICIACION 30/10/1989

CALCULO CELIA MARTINEZ RAYON

FECHA DE TERMINACION \_\_\_\_\_

### LIMITE LIQUIDO

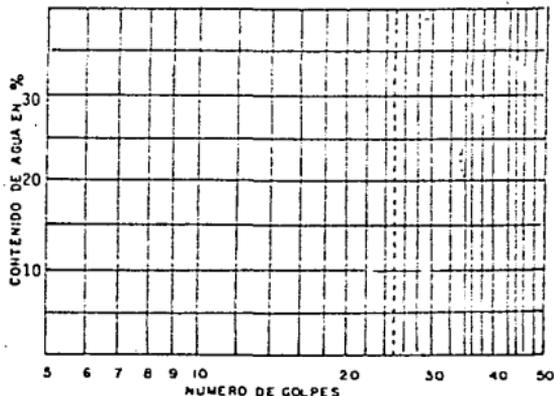
PRUEBA No	CAPSULA No	No DE GOLPES	PESO CAPSULA		PESO DEL AGUA	PESO DE LA CAPSULA		CONTENIDO DE AGUA (%)
			LA + SUELO HUMEDO	LA + SUELO SECO		SUELO	SUELO	
1	1	25	116.0	101.8	15.1	16.0	84.0	15.1

### LIMITE PLASTICO

2	1		74.0	73.6	1.3	60	13.6	8.72
---	---	--	------	------	-----	----	------	------

### HUMEDAD NATURAL

		15.1						
		9.72						
		23.82						



$w = 11.91$  %

$LL = 15.01$  %

$LP = 8.72$  %

$IP = 6.29$  %

$CR = \frac{LL - w}{IP} = 0.493$

$F_w = 6.38$  %

$T_w = \frac{IP}{F_w} = 0.98589$

CLASIF. SUCS. C-1  
ZONA II

CONTRACCION LINEAL

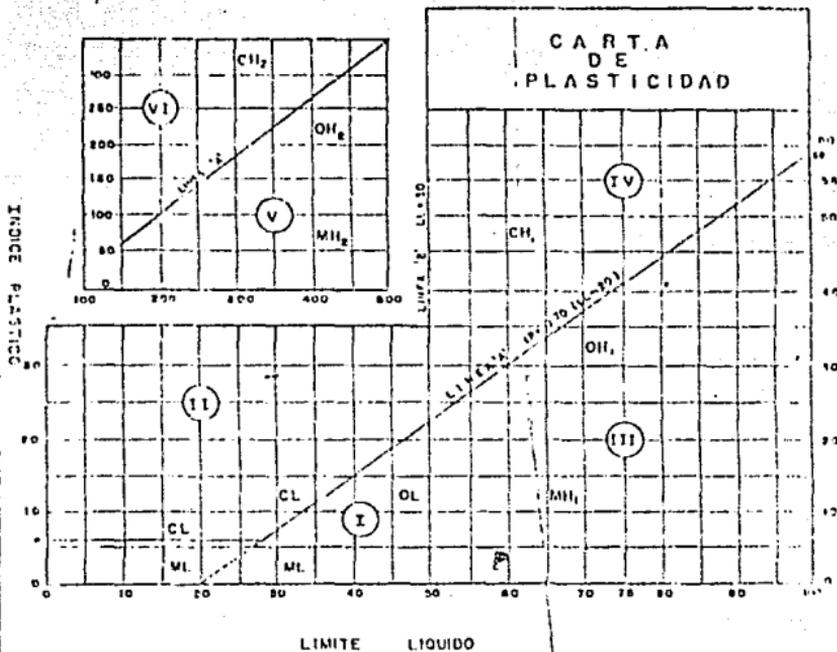
$LI = 9.93$

$LF = 9.94$

$CL = 1$  %

OBSERVACIONES: EL TERRETE SE DESMORONA AL MENOR CONTACTO CON LA MAYO YA QUE SUS PARTICULAS CONTIENEN POCA COHESION.

III.11 GRAFICA



## PORTER STANDAR

## IV.1 INTRODUCCION.

En esta practica se describe la prueba Porter de compactación por carga estática que sirve para determinar el peso específico seco máximo y la humedad óptima en suelos con partículas gruesas, que se emplean en la construcción de terracerías, pudiendo efectuarse también en arenas y en materiales finos cuyo índice plástico sea menor de seis (6). El método consiste en preparar especímenes con material que pasa la malla Núm. 25.0, agregándoles diferentes cantidades de agua y compactándolos con carga estática. La principal aplicación de este procedimiento es la elaboración de especímenes de suelo para determinar el valor relativo de soporte y también - se utiliza en la determinación del grado de compactación en los - casos en que el proyecto así lo indique.

## IV.2 OBJETIVO.

Obtener el peso volumétrico seco Máximo (PUSM), la humedad óptima (W) la Expansión (E) y el valor Relativo de Soporte (URS) mediante la prueba de Porter Standar.

#### IV.3 EQUIPO.

El equipo necesario para realizar esta prueba es el siguiente:

Molde cilíndrico de compactación de ciento cincuenta y siete punto cinco (157.5) milímetros de diámetro interior y de ciento veintisiete punto cinco (127.5) milímetros de altura, provisto de collarín y una base con dispositivo para sujetar el cilindro.

Máquina de compresión con capacidad mínima de treinta (30) toneladas y aproximación de cien (100) kilogramos.

Varilla metálica de diecinueve (19) milímetros de diámetro y trescientos (300) milímetros de longitud, con punta de bala.

Placa circular para compactar, con diámetro de ciento cincuenta y cuatro punto cinco (154.5) milímetros, con dispositivo para sujetarla en la cabeza de aplicación de la carga.

Malla Núm. 25.0.

Malla Núm 4.75.

Balanza con capacidad mínima de veinte (20) kilogramos y aproximación de cinco (5) gramos.

Calibrador con vernier tipo Mäuser.

Máquina de compresión con capacidad mínima de tres (3) toneladas y aproximación de diez (10) kilogramos, provista de un (1) pistón de penetración, de acero, con diámetro de cuatro punto noventa y cinco (4.95) centímetros y sección de diecinueve punto treinta y cinco (19.35) centímetros cuadrados.

Tanque de saturación con altura mínima de treinta (30) centímetros.

Placa metálica circular de quince punto cuatro (15.4) centímetros de diámetro con perforaciones y un (1) vástago al centro para apoyar el extensómetro.

Dos (2) placas circulares de carga con diámetro de quince punto cuatro (15.4) centímetros, teniendo un orificio central de cinco punto cuatro (5.4) centímetros de diámetro y un peso de tres (3) kilogramos, cada una.

Extensómetro con carrera de dos punto cincuenta y cuatro (2.54) centímetros y aproximación de cero punto cero un (0.01) milímetro, provisto de una (1) abrazadera para acoplarlo al cilindro de penetración.

Calibrador con vernier tipo Máuser con aproximación de cero punto un (0.1) milímetro.

Cronómetro o reloj.

Trípode metálico para sostener el extensómetro.

Malla Núm. 4.74.

#### IV.4 MATERIAL.

Grava - Arena - Tepetate

Grava - Arena - Arcilla

Arena - Tepetate

Arena - Arcilla

#### IV.5 DESARROLLO.

La preparación de la muestra se efectúa como se indica a continuación:

De una muestra obtenida y preparada, teniendo cuidado de secar el material únicamente lo necesario para facilitar su disgregación, se toma y criba una cantidad suficiente para obtener una porción de dieciseis (16) kilogramos de material que pasa la malla Núm. 25.0.

Se divide mediante cuarteo la porción que pase por la malla Núm. 25.0, en cuatro (4) partes con pesos aproximadamente iguales.

La prueba se efectúa en la forma siguiente:

Se toma una de las cuatro (4) partes del material y se le incorpora la cantidad de agua necesaria, para que una vez repartida uniformemente, presente una consistencia tal que, al ser comprimido en la palma de la mano, la humedezca muy ligeramente. Para favorecer lo anterior en algunos casos será necesario dejar el material húmedo un cierto tiempo en reposo, cubierto con una lona húmeda.

Se coloca el material humedecido, dentro del molde con su collarín instalado, en tres (3) capas del mismo espesor aproximadamente y se le da a cada una de ellas veinticinco (25) golpes con la varilla metálica, distribuyéndolos uniformemente.

Al terminar la colocación de la última capa, se toma el molde que contiene el material, se coloca en la máquina de compresión y se compacta aplicando lentamente carga uniforme, hasta alcanzar en un lapso de cinco (5) minutos la presión de ciento cuarenta punto seis (140.6) kilogramos por centímetro cuadrado, equivalente a una carga de veintiseis punto cinco (26.5) toneladas, aproximadamente; se mantiene esta carga durante un (1) minuto y se hace la descarga en el siguiente minuto. Al llegar a la carga máxima se observa la base del molde y si está ligeramente humedecida, el material tiene la humedad óptima de compactación y ha alcanzado su peso específico o volumétrico máximo.

Si al llegar a la carga máxima, no se humedece la base del molde, la humedad con que se preparó la muestra es inferior a la óptima y por lo tanto, se toma otra porción representativa del material y se le adiciona una cantidad de agua igual a la del espécimen anterior, más ochenta (80) centímetros cúbicos; se mezcla uniformemente y se repiten en ésta los pasos descritos. Se preparan los especímenes que sean necesarios, hasta lograr que en uno de ellos se observe el inicio del humedecimiento de la base del molde con la carga máxima, lo cual generalmente se consigue con menos de cuatro (4) especímenes.

Si antes de llegar a la carga máxima se humedece la base del molde por haberse iniciado al expulsión de agua, la humedad con que se preparó la muestra es superior a la óptima y en este caso se procede, con la diferencia de que en lugar de adicionar ochenta (80) - centímetros cúbicos de agua, se disminuyen estos ochenta (80) centímetros cúbicos en cada nueva porción representativa del material hasta lograr que en una de ellas, con la carga máxima, se observe el inicio del humedecimiento de la base del molde.

Terminada la compactación del espécimen preparado con la humedad óptima, se retira el molde de la máquina de compresión y se determina la altura del espécimen, restando de la altura del molde, la altura entre la cara superior del espécimen y el borde superior - del molde; se registra este valor en centímetros, con aproximación de cero punto un (0.1) milímetro.

Se pesa el molde de compactación que contiene el espécimen compactando y se anota dicho peso  $W_i$ , en kilogramos, con aproximación de cinco (5) gramos.

Se saca el espécimen del cilindro, se corta longitudinalmente y de la parte central se obtiene una muestra representativa, se le determina su contenido de agua,  $w_o$ , el cual se anota en la hoja de registro.

Los cálculos y reportes en esta prueba son los siguientes:

El volumen del espécimen compactado con la humedad óptima se calcula por medio de la siguiente fórmula:

$$V = \frac{A_m \times h_e}{1000}$$

En donde:

V es el volumen del espécimen, en decímetros cúbicos.

A<sub>m</sub> es el área de la sección transversal del cilindro de compactación, en centímetros.

h<sub>e</sub> es la altura del espécimen, en centímetros.

El peso específico húmedo se calcula por medio de la siguiente fórmula:

$$\gamma_m = \frac{W_i - W_t}{V} \times 1000$$

En donde:

γ<sub>m</sub> es el peso específico del espécimen húmedo, en kilogramos.

W<sub>i</sub> es el peso del espécimen húmedo más el peso del molde de compactación, en kilogramos.

$W_t$  es el peso del molde de compactación, en kilogramos.

$V$  es el volumen del espécimen, en decímetros cúbicos.

El peso específico seco máximo,  $\gamma_{dm\acute{a}x}$ , se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$\gamma_{dm\acute{a}x} = \frac{\gamma_m}{100 + w_0} \times 100$$

En donde:

$\gamma_{dm\acute{a}x}$  es el peso específico máximo del espécimen en estado seco, en kilogramos, por metro cúbico.

$\gamma_m$  es el peso específico del espécimen húmedo, en kilogramos por metro cúbico.

$w_0$  es la humedad óptima del espécimen, en por ciento.

Se reporta el peso específico seco máximo  $\gamma_{dm\acute{a}x}$ , en kilogramos por metro cúbico y la humedad óptima  $w_0$ , en por ciento, como valores correspondientes al material ensayado.

La preparación de la muestra se efectúa en la forma siguiente:

De una muestra obtenida y preparada, teniendo cuidado de secar el material únicamente lo necesario para facilitar su disgregación, se

toma por cuarteo una porción suficiente para obtener aproximadamente dieciséis (16) kilogramos de material que pase la malla Núm. 25.0 y se pesa dicha porción con aproximación de cinco (5) gramos.

A continuación se criba por la malla Núm. 25.0, se pesa el retenido con aproximación de diez (10) gramos y se determina el porcentaje de éste con respecto al total de la porción.

Si dicho por ciento excede de quince (15), se incorpora a la porción que pasa la malla mencionada, una cantidad con peso igual a la del citado retenido, utilizando material de la fracción que pasa la malla Núm. 25.0 y se retiene en la Núm. 4.74, tomando este último de otra muestra obtenida y preparada.

Se elimina el retenido en la malla Núm. 25.0 y se forman las muestras de prueba, dividiendo la porción obtenida en partes de cuatro (4) kilogramos, aproximadamente, mediante cuarteo.

La prueba se efectúa en la forma siguiente:

Utilizando las muestras de prueba preparadas, se elabora un espécimen con la humedad óptima del material y se le determina su altura  $h_c$  en milímetros, con aproximación de un (1) milímetro.

Se colocan en la parte superior del espécimen, en el orden en que se indica, una (1) o dos (2) hojas de papel filtro, la placa perforada -

y las dos (2) placas de carga; enseguida se introduce al tanque de saturación el molde conteniendo el espécimen, procurando que este último queda totalmente cubierto por el agua, con un tirante aproximado de dos (2) centímetros sobre el borde superior del molde.

Inmediatamente después, con el objeto de determinar la expansión del espécimen por saturación, se monta el trípode sobre los bordes del molde y se le instala el extensómetro apoyándolo sobre el vástago de la placa perforada. Se toma la lectura inicial del extensómetro, anotándola como 1, en milímetros, con aproximación de cero punto cero un (0.01) milímetro; se verifica cada veinticuatro (24) horas la lectura del extensómetro y cuando en dos (2) lecturas sucesivas se observe que no hay diferencia, se anota su valor lectura final del extensómetro 2, en milímetros, con aproximación de cero punto cero un (0.01) milímetro y se retiran del tanque de saturación el trípode con el extensómetro y el molde con el espécimen. El periodo de saturación generalmente varía de tres (3) a cinco (5) días.

Cuando no se requiera mucha aproximación en la determinación de la expansión, se podrán hacer las mediciones del incremento de altura que experimente el espécimen, utilizando un calibrador de vernier, con aproximación de cero punto un (0.1) milímetro, debiendo hacerse lecturas en diferentes puntos para promediar el valor obtenido.

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

A continuación se coloca el molde que contiene el espécimen y las placas en posición horizontal y se deja así durante tres (3) minutos, a la sombra, para que escurra el agua. Inmediatamente después se retiran las placas y el papel filtro, y se vuelven a colocar únicamente las dos (2) placas de carga.

Se instalan en la prensa el extensómetro y el molde con el espécimen y las placas de carga, introduciendo el cilindro de penetración, montado en el vástago de la prensa, a través de los orificios de las placas, - hasta tocar la superficie de la muestra; se aplica una carga inicial no mayor de diez (10) kilogramos e inmediatamente después, sin retirar la carga, se ajusta el extensómetro para registrar el desplazamiento vertical del cilindro de penetración.

Se aplica carga para que el pistón penetre en el espécimen con una velocidad uniforme aproximadamente de uno punto veintisiete (1.27) milímetros por minuto, anotando las cargas necesarias para obtener cada una - de las penetraciones indicadas, con aproximación de diez (10) kilogramos.

Inmediatamente después de efectuada la penetración, se obtiene una muestra de la parte superior del espécimen, hasta dos punto cinco (2.5) centímetros de profundidad y se determina el contenido de agua.

Se representa gráficamente los valores determinados, como sigue:

En un sistema de ejes coordenados se marcan los puntos correspondientes a las penetraciones y cargas antes mencionadas, las primeras en el eje

de las abscisas y las segundas en el eje de las ordenadas, y uniendo dichos puntos se dibuja la curva correspondiente, la cual no deberá presentar cambios bruscos de pendiente y en general será de la forma de las que se muestran con líneas llenas, si la curva es defectuosa como la dibujada con línea interrumpida, la prueba no estuvo bien efectuada y deberá repetirse con una porción nueva de material.

En los casos en que la curva dibujada presente en su iniciación concavidad hacia arriba, se efectúa la corrección correspondiente trazando un tangente en el punto de máxima pendiente, punto A, hasta cortar el eje de las abscisas en el punto que se designa como B, el cual se tomará como nuevo origen y a partir de él se marca el punto C, correspondiente a la penetración de dos punto cincuenta y cuatro (2.54) milímetros la ordenada CC', representa la carga corregida para dicha penetración, en kilogramos.

Se registra la carga correspondiente a la penetración de dos punto cincuenta y cuatro (2.54) milímetros, C2.54, con aproximación de diez (10) kilogramos; en el caso mencionado, este valor corresponderá a la carga corregida.

En esta prueba se calcula y reporta lo siguiente:

El valor relativo de soporte de la muestra, con la siguiente fórmula:

$$VRS = \frac{C2.54}{1360} \times 100$$

En donde:

VRS es el valor relativo de soporte de la muestra, referido a la carga estándar de penetración de mil trescientos sesenta (1360) kilogramos, en por ciento.

C<sub>2.54</sub> es la carga correspondiente a la penetración de dos punto cincuenta y cuatro (2,54) milímetros, en kilogramos.

La expansión de la muestra, por medio de la fórmula siguiente:

$$E = \frac{l_f - l_i}{h_e} \times 100$$

En donde:

E es el expansión de la muestra, en por ciento.

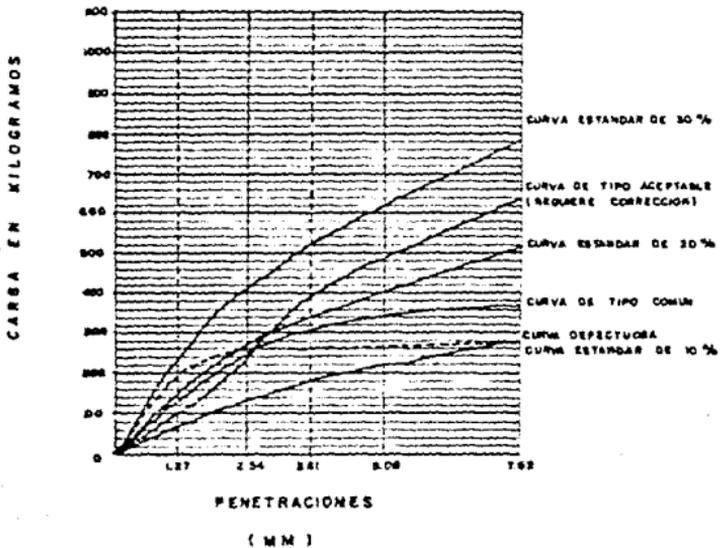
l<sub>f</sub> es la lectura del extensómetro al finalizar la saturación, en milímetros.

l<sub>i</sub> es la lectura del extensómetro al iniciarse la saturación, en milímetros.

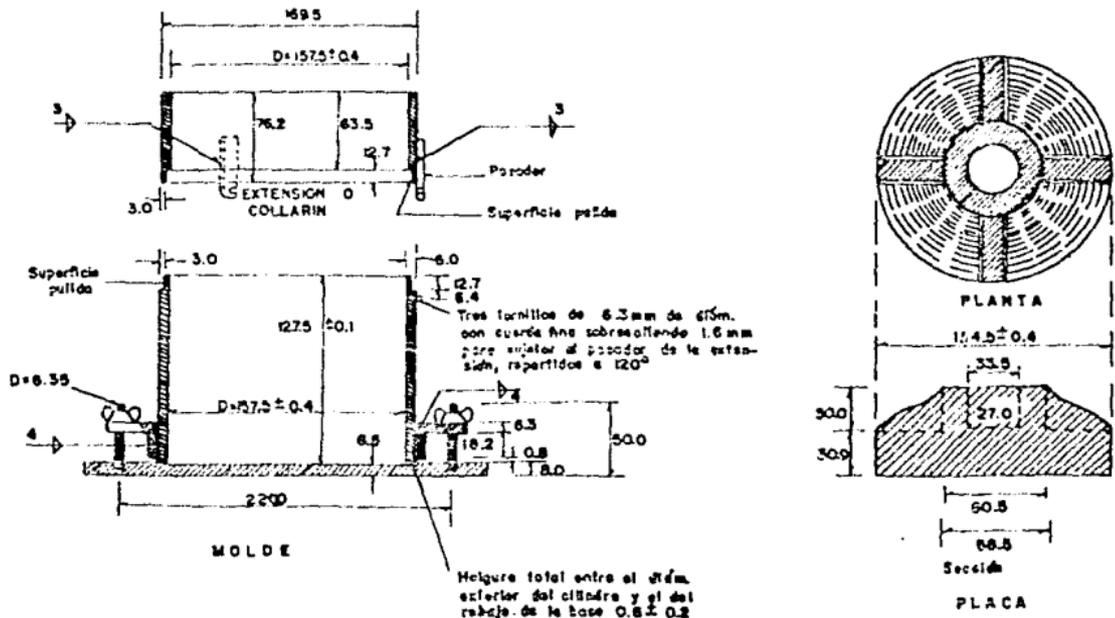
h<sub>e</sub> es la altura inicial del espécimen, en milímetros.

IV.6 FIGURAS

FORMA DE LAS CURVAS CARGA - PENETRACION



# MOLDE CILINDRICO Y PLACA PARA LA PRUEBA DE COMPACTACION ESTATICA

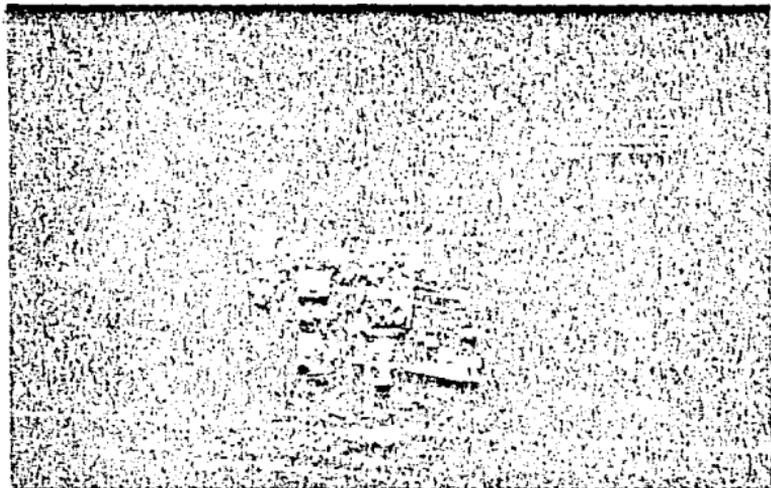


**MATERIAL:** Acero estructural.  
**SOLDADURA:** Electrodo de 3.2 mm

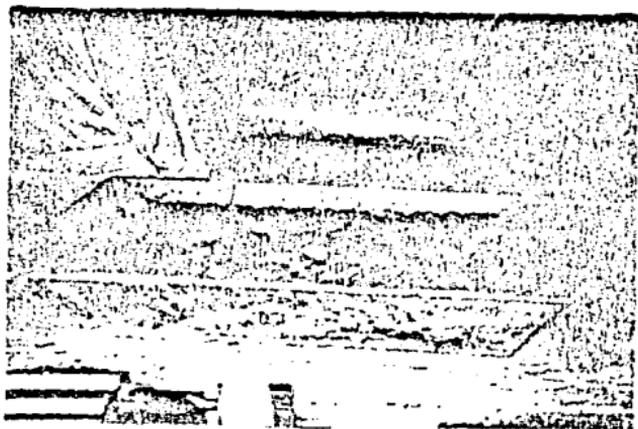
**NOTA:** Las sujeciones del molde y collarin ilustrados, podrán sustituirse por otras que desempeñen funciones similares

Las cotecciones están en milímetros





EQUIPO UTILIZADO EN LA ELABORACION DE LA PRUEBA.



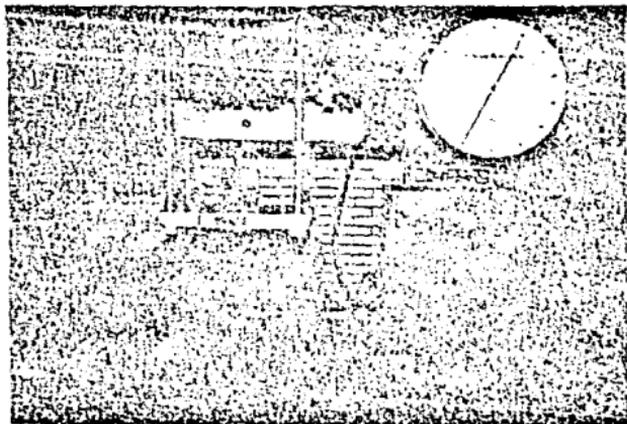
PREPARACION DE LA MUESTRA.



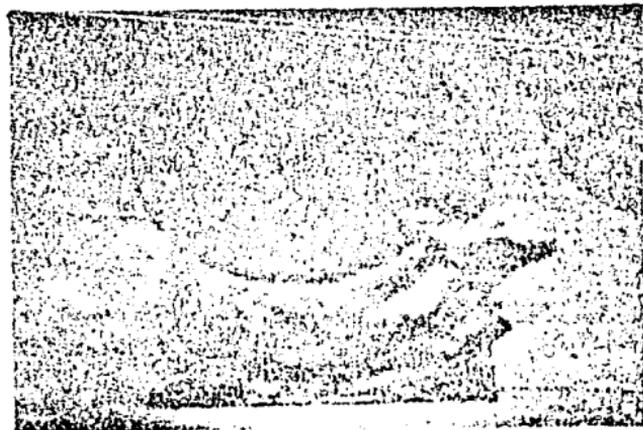
ELABORACION DEL  
ESPECIMEN.



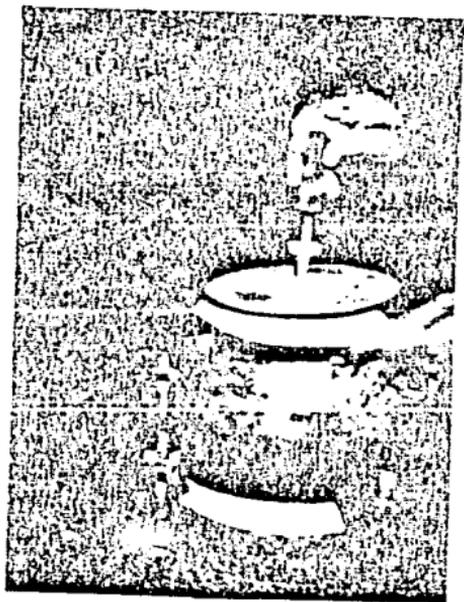
ACABADO DEL ESPECIMEN.



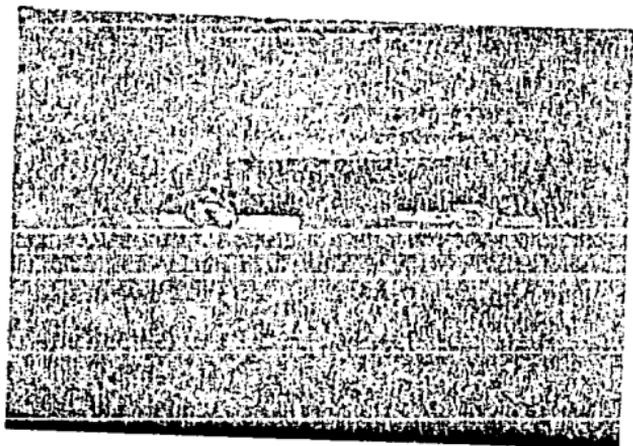
COMPACTACION Y PENETRACION EN LA MAQUINA UNIVERSAL  
DEL ESPECIMEN



ESPECIMEN OBTENIDO.



ACOMODO DEL EQUIPO  
EN EL ESPECIMEN  
PARA POSTERIORMENTE  
SUMERGIRLO EN AGUA.



ESPECIMEN SATURADO EN AGUA PARA CONOCER LA EXPANSION DEL  
MATERIAL



## IV.8 CALCULOS



## PESO ESPECIFICO SECO MAXIMO PORTER Y DEL V.R.S. ESTANDAR

OBRA:	FECHA: AGOSTO / 1989.
LOCALIZACION: ENPE "A R A G O N"	OPERADOR: CELIA MARTINEZ RAYON
SONDEO NUM: _____	ENSAYE NUM: _____
MUESTRA NUM: 1	PROF: _____
DESCRIPCION: ARCILLA (CORRECCION)	CALCULO: CELIA MARTINEZ RAYON.

ENSAJE N°	1								
EQUIPO	1								
PESO SECO	5.000								
PESO HUMEDO (W=)	4.000								
AGUA AGREGADA	520								
ALTURA DEL MOLDE	12.71								
ALTURA FALTANTE	2.03								
ALTURA DEL MATERIAL	10.68								
AREA DEL MOLDE	191.86								
VOLUMEN DE MATERIAL (V <sub>m</sub> )	2049.06								
P.E.S.M. (7 <sub>m</sub> = $\frac{W}{V_m}$ )	1952.11								
P.E.S.M. (7 <sub>m</sub> )	1587.85								
HUMEDAD OPTIMA	22.94								
V.R.S.	19.11								
V.R.S. CORREGIDO	58.09								

## PENETRACION

1.27 mm.	410								
2.54 mm.	790								
3.81 mm.	1010								
5.08 mm.	1190								
7.62 mm.	1420								
10.16 mm.	1520								
12.70 mm.	1700								

## EXPANSION

FECHA									
LECTURA INICIAL	4.02								
LECTURA FINAL	3.72								
DIFERENCIA	0.3								
EXPANSION S	2.8099								



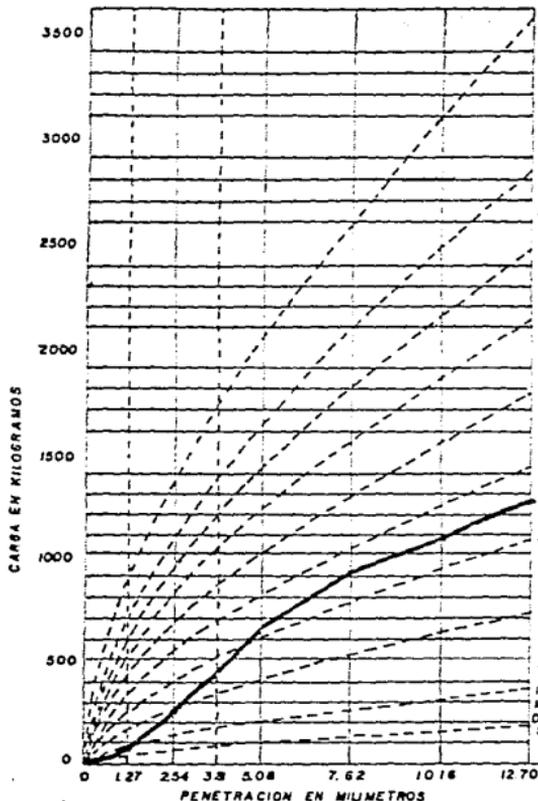
# PRUEBA DE VALOR RELATIVO DE SOPORTE



ENSAYE No. 1

OPERADOR CELIA MARTINEZ RAYON

FECHA AGOSTO/1989.



PORTER SATURADA	
100 % P SECO	5000
P HUMEDO	4000
BASE Agua Agregada	500
DE Altura Molds	12.71
BUENA CALIDAD Altura Fallante	2.03
80 % Altura del Mol.	10.68
BASE Area	191.86
70 % Volumen	2049.86
DE P V. H.	1952.11
REGULAR P V. S.	1587.85
60 % CALIDAD H O	22.94
SUBBASE DE % Esp	2.8089
40 % BUENA CALIDAD % V. R. S.	19.11
30 % MUY BUENA	1.27 - 75
BUENA	2.54 - 260
20 % REGULAR A BUENA	3.81 - 450
10 % MALA A DUDOSA	5.08 - 650
5 % MUY MALA	7.62 - 910
	10.16 - 1095
	12.70 - 1285
	MOLDE No 3
	Extensión No 1
	Letra I = 1.02
	Letra F = 3.72

a - TARA + SUELO HUMEDO	461.6	
b - TARA + SUELO SECO	355.72	
c - TARA	91.6	
d - CONTENIDO DE AGUA a-b	105.93	
e - SUELO SECO b-c	264.12	
f - % DE HUMEDAD e/a	22.94	



PESO ESPECIFICO SECO MAXIMO PORTER Y DEL V.R.S. ESTANDAR

OBRA: _____	FECHA: AGOSTO / 1999,
LOCALIZACION: ENEP ARAGON	OPERADOR: CELIA MARTINEZ RAYON
SONDEO NUM _____	ENSAYE NUM _____
MUESTRA NUM _____	PROF: _____
DESCRIPCION: ARCILLA	CALCULO: CELIA MARTINEZ RAYON

ENSAYE N°	1				
EQUIPO	1				
PESO SECO	5000				
PESO HUMEDO (W <sub>m</sub> )	4000				
AGUA ADELGADA	520				
ALTURA DEL MOLDE	12.71				
ALBURA FALTANTE	2.03				
ALTURA DEL MATERIAL	10.68				
AREA DEL MOLDE	191.86				
VOLUMEN DE MATERIAL (V <sub>m</sub> )	2049.05				
P.E.M.A. (γ = $\frac{W_m}{V_m}$ )	1952.11				
P.E.L.M. (γ <sub>L</sub> )	1567.95				
HUMEDAD OPTIMA	22.94				
V.R.S.	19.11				

PENETRACION

1.27 mm.	75				
2.54 mm.	260				
3.81 mm.	450				
5.08 mm.	650				
7.62 mm.	910				
10.16 mm.	1095				
12.70 mm.	1285				

EXPANSION

FECHA	4.00				
LECTURA INICIAL	3.72				
LECTURA FINAL	0.3				
DIFERENCIA	2.8089				
EXPANSION %					



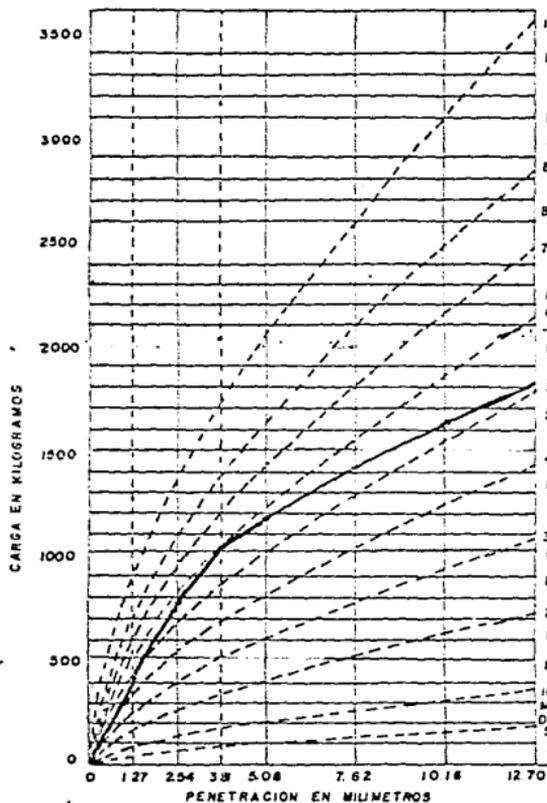
# PRUEBA DE VALOR RELATIVO DE SOPORTE



ENSAYE

OPERADOR CELIA MARTINEZ RAYON

FECHA AGOSTO/1989.



**PORTER SATURADA**

P SECO	5000
P HUMEDO	4000
AguA Agregada	520
Altura Molde	12.71
Altura Fallante	2.03
Altura del Mat.	10.68
Area	191.68
Volu-men	2049.86
P V. H.	1952.11
P V. S.	1587.85
H O.	22.94
% Esp	2.8085
% V. R. S.	58.09
1.27	410
2.54	790
3.81	1010
5.08	1190
7.62	1300
10.15	1580
12.70	1780
MOLDE No	3
Estension No	1
Lectura I =	4.02
Lectura F =	3.72

a - TARA + SUELO HUMEDO	361.5
b - TARA + SUELO SECO	355.72
c - TARA	91.6
d - CONTENIDO DE AGUA a-b	105.98
e - SUELO SECO b-c	264.12
f - % DE HUMEDAD d/e	22.94



## PESO ESPECIFICO SECO MAXIMO PORTER Y DEL V.R.S. ESTANDAR

OBRA:	_____		FECHA:	AGOSTO / 1989.	
LOCALIZACION:	ENEP	" AREGON "	OPERADOR:	CELIA MARTINEZ RAYON.	
SONDEO NUM:	5	ENSAYE NUM	_____		
MUESTRA NUM:	2	PROF:	_____		
DESCRIPCION:	TEPETATE.				

ENSAYE N°	1				
EQUIPO	1				
PIED SECO	5000				
PESO HUMEDO (MM)	4000				
AGUA AGREGADA	400				
ALTURA DEL MOLDE	12.75				
ALTURA FALTANTE	2.33				
ALTURA DEL MATERIAL	10.42				
AREA DEL MOLDE	194.209				
VOLUMEN DE MATERIAL (V <sub>M</sub> )	2024.05				
P.E.M. (T <sub>m</sub> = $\frac{W_M}{V_M}$ )	1976.226				
P.E.S. (T <sub>EP</sub> )	1713.84				
HUMEDAD OPTIMA	15.31				
V.R.S.	104.04				

## PENETRACION

1.27 mm.	495				
2.54 mm.	1415				
3.81 mm.	2155				
5.08 mm.	2795				
6.35 mm.	3900				
10.16 mm.	4850				
12.70 mm.					

## EXPANSION

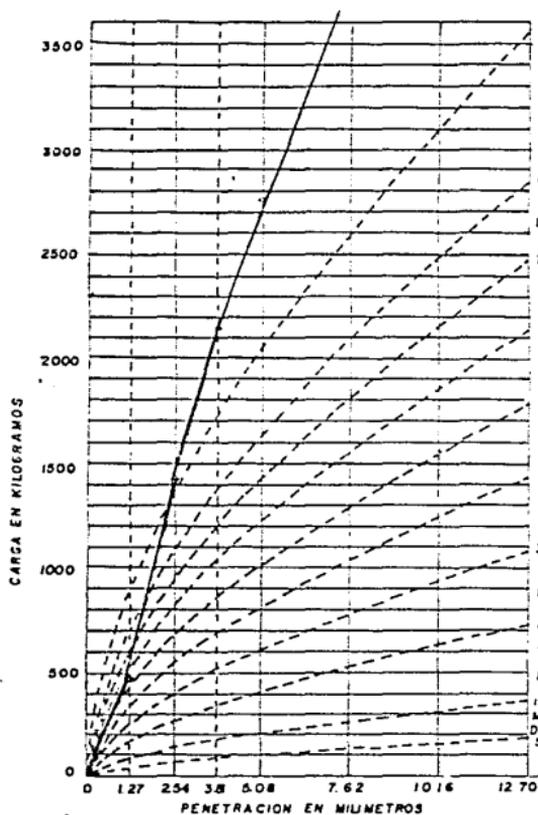
FECHA					
LECTURA INICIAL	4.34				
LECTURA FINAL	4.22				
DIFERENCIA	0.12				
EXPANSION S	1.123				



# PRUEBA DE VALOR RELATIVO DE SOPORTE



ENSAJE 2 OPERADOR CELIA MARTINEZ RAYON FECHA AGOSTO/1989.

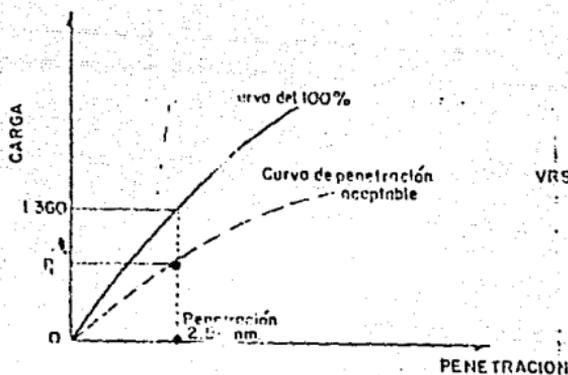


<b>PORTER SATURADA</b>	
P SECO	5000
P HUMEDO	4600
Agua Agregada	400
DE	Altura Moida 2.75
BUENA CALIDAD	Altura Faltante 2.328
80 %	Altura del Mat 10.422
BASE	Area 194.209
70 %	Volumen 2024.0462
DE REGULAR	P V. H. 1975.226
60 %	P V S. 1713.84
CALIDAD	H O. 15.31
50 %	% Exp 1.1514
SUBBASE DE BUENA CALIDAD	% V. R. S. 104.04
40 %	1.27 - 495
30 %	2.54 - 1415
MUY BUENA	3.81 - 2155
20 %	5.08 - 2795
REGULAR A BUENA	7.62 - 3900
10 %	10.16 - 4850
MALA A DUDOSA	12.70
5 %	M.O. DE No 1
MUY MALA	Extensión No 1
	Lectura I = 4.34
	Lectura F = 4.22

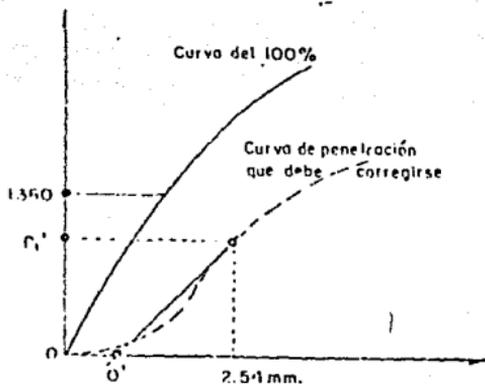
a - TARA + SUELO HUMEDO	286.4	
b - TARA + SUELO SECO	335.72	
c - TARA	84.4	
d - CONTENIDO DE AGUA a-b	49.60	
e - SUELO SECO b-c	251.32	
f - % DE HUMEDAD d/e	15.31	

IV.9 GRAFICA

6.- CALCULO DEL VRS



$$VRS = \frac{P_1}{1360} \times 100$$



$$VRS = \frac{P_1'}{1360} \times 100$$

## OBSERVACIONES.

Se debe tomar en cuenta el peso del material ya que después de la compactación el material puede quedar adherido a la placa de compactación.

El material empleado en las pruebas tiene diferentes variaciones dependiendo del ambiente climatológico.

Ya que interviene la humedad ambiental en el material estudiado puesto que varía la cantidad de agua. dicha humedad ambiental se dice que tiene un 10 % de que aumente o disminuya la humedad.

En los materiales arcillosos hay mayor expansión.

#### IV.9 CONCLUSIONES.

Las causas más frecuentes de error en esta prueba, son las siguientes:

Que la distribución del agua en el material no sea uniforme.

Que la carga de compactación no se aplique en la forma especificada.

Que para fines de estimación de la humedad óptima se considere como humedecimiento de la base del molde, un exceso de agua libre expulsada al aplicar la carga de compactación.

Que no se sustituya adecuadamente en la muestra el material retenido en la malla Núm. 25.0.

Que se exceda el tiempo de escurrimiento del agua en el espécimen saturado.

Que la aplicación de la carga de penetración no se efectúe a la velocidad especificada.

## CAPITULO V

### PRUEBA DE VALOR CEMENTANTE

#### V.1 INTRODUCCION.

La determinación del valor cementante de un suelo tiene por objeto conocer sus características de acuanamiento y cementación. Propiedades que incluyen en la facilidad de compactación y que le permiten conservar su estabilidad en estado seco. Esta prueba se efectúa sobre la fracción del suelo que pasa la malla Núm. 4.74 y su valor es una función de la forma y acomodo de las partículas, de la plasticidad de los finos y de otros fenómenos fisicoquímicos. Es conveniente que en todos los casos, los suelos que forman la estructura del pavimento tengan un cierto valor cementante; sin embargo, cuando se trate de mejorar el valor cementante de un material, no se le deben adicionar finos plásticos que afecten su buen comportamiento. Por lo que siempre debe juzgarse el valor cementante de un material relacionándolo con sus características de plasticidad.

#### V.2 OBJETIVO.

Conocer el aglutinamiento propio del material. Dicho aglutinamiento se obtiene por la prueba de valor cementante.

### V.3 EQUIPO.

El equipo necesario para efectuar esta prueba es el siguiente:

Tres moldes de lámina galvanizada del Núm 12, de ciento uno punto seis (101.6) milímetros de altura y de sección comparada, con dimensiones interiores de setenta y seis punto dos (76.2) milímetros por lado. Cada molde deberá tener bisagras en dos (2) aristas opuestas, una de las cuales estará provista de un pasador removible que permita abrirlo.

Placa de compactación de acero de forma cuadrada de setenta y cinco (75) milímetros por lado y siete punto nueve (7.9) milímetros de espesor, con un vástago central de forma cilíndrica de diecinueve (19) milímetros de diámetro y cincuenta punto ocho (50.8) milímetros de altura.

Pisón metálico con peso de novecientos ocho (908) gramos y superficie circular de apisonado con diámetro de diecinueve punto cero (19.0) milímetros, acoplado a una guía metálica tubular para dar una altura de caída libre de cuarenta y cinco (45) centímetros.

Balanza de cinco (5) kilogramos de capacidad y cinco (5) gramos de aproximación.

Malla Núm. 4.74.

Probeta de mil (1000) centímetros cúbicos de capacidad con gra-

duaciones a cada diez (10) centímetros cúbicos.

Probeta de cien (100) centímetros cúbicos de capacidad con graduaciones a cada centímetro cúbico.

Charolas rectangulares de lámina galvanizada.

Cucharón de lámina galvanizada.

Máquina de compresión con capacidad mínima de dos mil quinientos (2,500) kilogramos, que permita hacer lecturas cuando menos a cada diez (10) kilogramos de aplicación de la carga.

Horno con termostato que mantenga una temperatura de ciento cinco más menos cinco grados centígrados ( $105 \pm 5^{\circ}\text{C}$ ).

#### V.4 MATERIAL.

Arena y Tepetate

Arena y Arcilla

(material que pasa la malla Núm. 40)

#### V.5 DESARROLLO.

La prueba se efectúa en la forma siguiente:

Cuarteo la porción necesaria para obtener aproximadamente tres (3) kilogramos de material que pase la malla Núm. 4.76.

Se agrega agua en cantidad suficiente para que el material alcance su humedad óptima de compactación, determinada de acuerdo con alguno de los métodos descritos, y se mezcla perfectamente hasta lograr una distribución uniforme del agua.

Se pasan tres (3) porciones iguales de material en cantidad suficiente para fabricar en los moldes el mismo número de especímenes de forma sensiblemente cúbica.

Se pone sobre un apoyo firme uno de los moldes previamente engrasado; se coloca en dicho molde una porción de material en tres (3) capas y se compacta cada una de éstas mediante quince (15) golpes del pisón, con una altura de caída libre de cuarenta y cinco (45) centímetros. Se repite el procedimiento anterior en las dos (2) porciones de material restantes, para obtener los tres (3) especímenes de prueba.

Se colocan los moldes que contienen los especímenes dentro del horno a una temperatura de cuarenta grados centígrados (40°C), y se conservan en estas condiciones hasta que la humedad se reduzca lo suficiente para permitir la remoción de los moldes, sin dañar los especímenes. En algunos casos la naturaleza del material compactado permite remover el molde inmediatamente después de elaborado el espécimen.

Se sacan los especímenes de los moldes y se mantienen en el horno a una temperatura de ciento cinco más o menos cinco grados centígrados ( $105 \pm 5^\circ\text{C}$ ), hasta lograr que se sequen. El período de secado

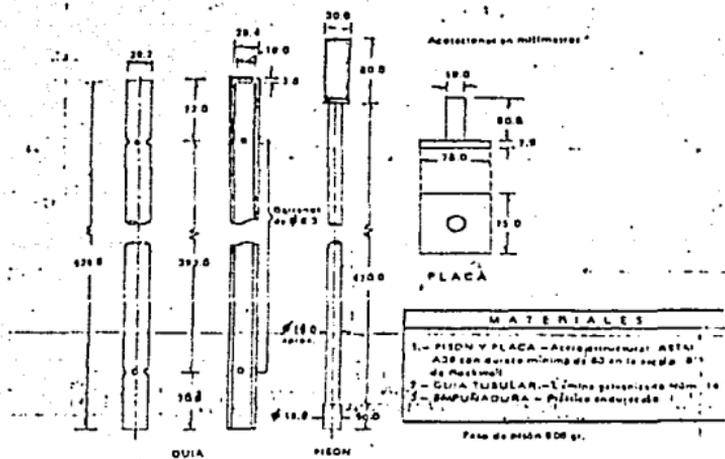
puede variar de dieciséis (16) a veinticuatro (24) horas.

Se extraen los especímenes del horno y se dejan enfriar a la temperatura del medio ambiente.

Se coloca uno de los especímenes del grupo en la máquina de compresión y, conservando la posición original en la que fue compactado, - se le colocan placas de cartón sobre sus caras superior e inferior o bien se cabecean con azufre dichas caras, procurando dejarlas sensiblemente paralelas; se procede a aplicarle carga en forma lenta y uniforme, hasta que el espécimen se rompa y se registra en kilogramos la carga máxima que resistió. A continuación se repite este procedimiento en cada uno de los especímenes restantes.

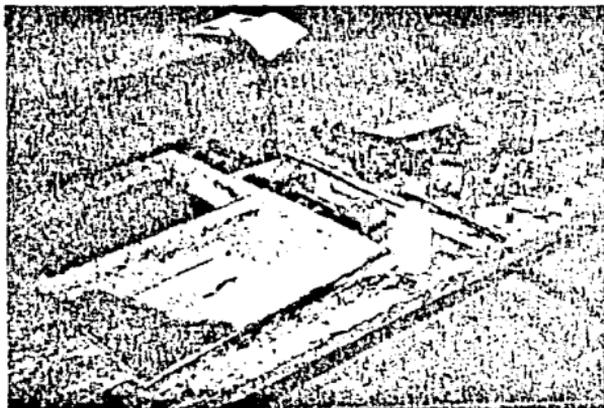
Se calcula la resistencia a la compresión sin confinar en cada uno de los especímenes, dividiendo su carga máxima de ruptura entre el área de su sección promedio. Se reporta como valor cementante el promedio de las resistencias a la compresión sin confinar obtenidas en los tres (3) especímenes, expresándolo en kilogramos por centímetro cuadrado, con aproximación de cero punto uno (0.1). Si uno de los valores obtenidos discrepa notablemente de los otros dos, se desechará para el cálculo siempre que todos cumplan las especificaciones respectivas; en caso de que uno de los valores no cumpla con lo especificado, se repetirá la prueba y se reportará como valor cementante el promedio de los valores congruentes de ambos grupos de especímenes.

V.6 FIGURA

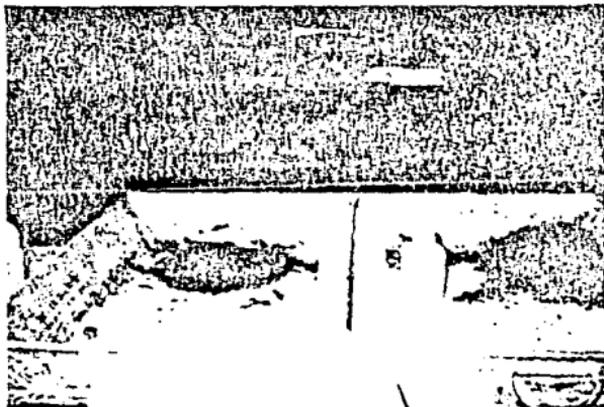


Pistón y placa de compactación para valor cementante.

V.7 ANEXO FOTOGRAFICO.



EQUIPO UTILIZADO PARA LA REALIZACION DE LA PRUEBA.



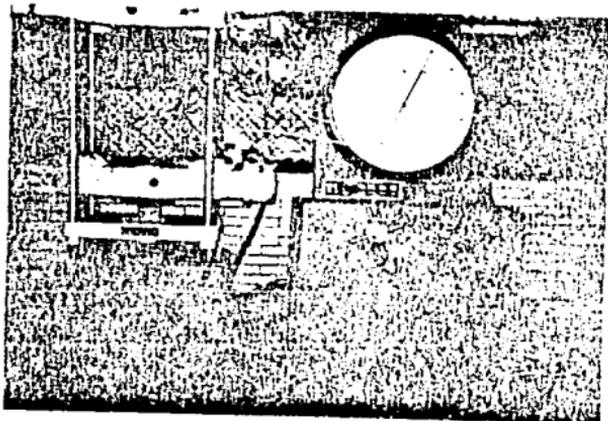
PREPARACION DE LA MUESTRA .



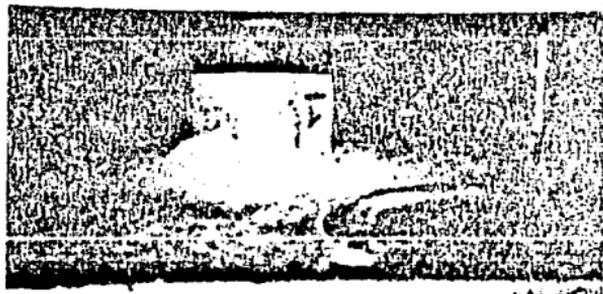
ELABORACION DE  
LOS ESPECIMENES



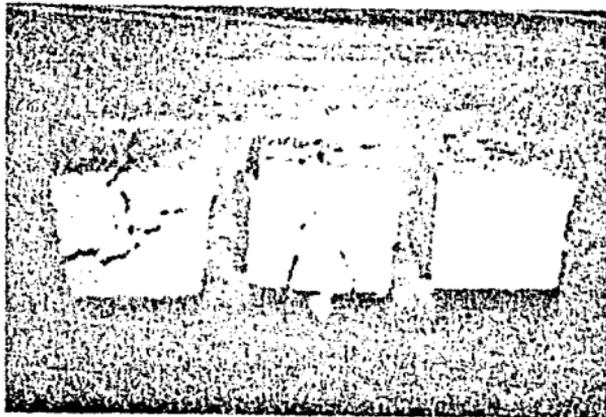
DESPUES DE SER SACADOS DEL HORNO LOS ESPECIMENES  
SE DECIMBRAN.



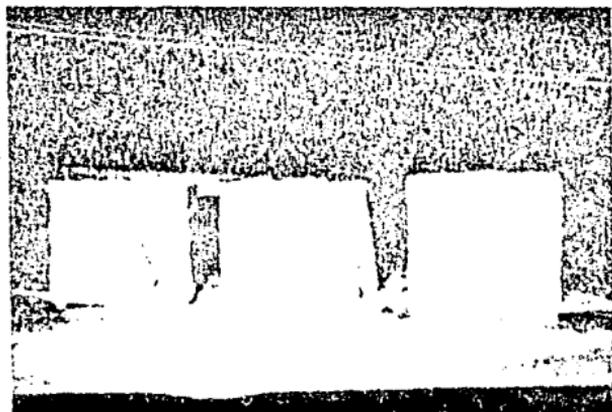
COMPRESION DE LOS ESPECIMENES.



COMPRESION DEL ESPECIMEN FALLANDO.



ESPECIMENES FALLADOS.





V.8 CALCULOS



## VALOR CEMENTANTE

OBRA _____	ENSAYE No" 2 ( TEPETAJE ) _____
LOCALIZACION <u>ENEP " ARAGON "</u>	FECHA DE INICIACION <u>OCTUBRE / 1989</u>
CALCULO <u>CELIA MARTINEZ RAYON.</u>	FECHA DE TERMINACION _____

TIPO DE PRUEBA <u>VALOR CEMENTANTE</u>	PESO DEL PISON <u>908 gr</u>
NUMERO DE CAPAS <u>3</u>	ALTURA DE CAIDA <u>45 cm</u>
NUMERO DE GOLPES POR CAPA <u>30</u>	MOLDE NUMERO <u>1, 2, 3</u>

PRUEBA No.	1	2	3	4
AREA ( $cm^2$ )	60	59.541	60.436	
CARGA ( Kg )	120	90	77	
VALOR CEMENTANTE ( $Kg/cm^2$ )	2	1.511	1.27	
PROMEDIO VC ( $Kg/cm^2$ )				1.595



## VALOR CEMENTANTE



OBRA _____	ENSAYE No <u>1</u> (ARCILLA)
LOCALIZACION <u>ENEP " ARAGON "</u>	FECHA DE INICIACION <u>OCTUBRE / 1989.</u>
CALCULO <u>CELIA MARTINEZ RAYON</u>	FECHA DE TERMINACION _____

TIPO DE PRUEBA <u>VALOR CEMENTANTE.</u>	PESO DEL PISON <u>900 gr</u>
NUMERO DE CAPAS <u>3</u>	ALTURA DE CAIDA <u>45 cm</u>
NUMERO DE GOLPES POR CAPA <u>30</u>	MOLDE NUMERO <u>1, 2, 3</u>

PRUEBA No.	1	2	3	4
AREA (cm <sup>2</sup> )	58.269	56.06	56.15	
CARGA (Kg)	80	90	84	
VALOR CEMENTANTE (Kg/cm <sup>2</sup> )	1.372	1.605	1.496	
PROMEDIO VC (Kg/cm <sup>2</sup> )				1.491

OBSERVACIONES: SE HIZO UN MOLDE MAS, YA QUE CUANDO  
SE LLEVO A LA COMPRESION SE OBTUVO UNA  
CARGA DE 200 Kg., POR LO CUAL SE DESECHO.

## V.9 CONCLUSIONES.

Al efectuarse esta prueba deberán tenerse las siguientes precauciones:

Manejar cuidadosamente los especímenes para evitar que se deterioren, sobre todo al sacarlos de los moldes.

Verificar que los especímenes estén secos antes de someterlos a la compresión.

Evitar que la temperatura de secado sea mayor que la especificada.

## CAPITULO VI

### PROCTOR

#### INTRODUCCION.

Se entiende por compactación la aplicación mecánica de cierta energía o cantidad de trabajo por unidad de volumen, para lograr una reducción de los espacios entre las partículas sólidas de un suelo, con el objeto de mejorar sus características mecánicas. Al obtenerse un mejor acomodo de las partículas sólidas y la expulsión del aire que contiene el suelo, se produce un aumento de su peso específico o volumétrico.

Si a un suelo cuya humedad es baja se le van dando ciertos incrementos a su contenido de agua y se le aplica cada vez la misma energía de compactación, su peso volumétrico va aumentando, propiciado por la acción lubricante del agua, hasta que llega un momento en que el peso volumétrico del material seco, calculado a partir del peso volumétrico del material húmedo y de la humedad, alcanza un valor máximo. Al contenido de agua con el que se obtiene el mejor acomodo de las partículas y el mayor peso específico o volumétrico del material seco, para una determinada energía de compactación, se le denomina humedad óptima y al peso volumétrico correspondiente se le designa como peso específico seco máximo o peso volumétrico seco máximo.

Cuando a partir de esta condición de humedad óptima y peso específico seco máximo, se incrementa el agua para un mismo volumen, el agua con

el aire remanente ocuparían el lugar de algunas partículas de suelo, obteniéndose en consecuencia pesos específicos secos que van siendo menores a medida que el agua aumenta. Si en un sistema de ejes coordenados se sitúan los puntos correspondientes a cada peso específico seco con su respectiva humedad y se unen con una curva, quedará representada la variación del peso específico o volumétrico de un material para diferentes contenidos de agua y una misma energía de compactación; esta curva adopta aproximadamente la forma de una parábola, siendo más abierta en el caso de suelos arenosos que en el de suelos arcillosos.

El contenido de agua óptimo y el peso específico seco máximo de un suelo, también varían con la energía de compactación; cuando ésta se aumenta, se obtienen mayores pesos específicos secos máximos con humedades óptimas menores. A su vez, la humedad óptima y el peso específico seco máximo son función del tipo de suelo; los suelos gruesos para una misma energía de compactación, tienen en general mayores pesos específicos secos máximos y menores humedades óptimas que los suelos finos.

Otro parámetro de importancia en la compactación es la llamada "curva teórica de saturación", esta curva representa para cada peso específico la humedad necesaria para que todos los vacíos que dejan entre sí las partículas sólidas estén llenos de agua. El peso específico del suelo seco  $\rho_s$ , correspondiente a la curva teórica de saturación, para una humedad dada, se calcula con la siguiente fórmula:

$$\rho_t = \frac{\rho_s \gamma_o}{1 + w \rho_s}$$

En donde:

- $c$  es el valor del peso específico del material seco, para construir la curva teórica de saturación, en kilogramos por metro cúbico.
- $S_s$  es el peso específico relativo de la fase sólida del suelo de que se trate, determinado según corresponda a su tamaño.
- $\rho$  es el peso específico del agua, considerado de mil (1000) kilogramos por metro cúbico.
- $w$  es el contenido de agua elegido en cada caso para calcular el peso específico  $c$ , expresado en forma decimal.

Dado que en la práctica es imposible llenar totalmente con agua los huecos que dejan las partículas de suelo compactado, la curva peso específico del material seco-humedad no debe cruzar a la curva teórica de saturación respectiva. El por ciento de huecos que quedaron llenos de aire para una determinada condición de peso específico seco y humedad de un suelo, se calcula mediante la siguiente fórmula.

$$V_a = 100 - \frac{w d}{\rho c}$$

En donde:

- $V_a$  es el volumen de huecos que quedan llenos de aire entre las partículas de suelo, en por ciento.

$\gamma_d$  es el peso específico del suelo seco compactado, correspondiente a la humedad  $w$ , en kilogramos por metro cúbico.

$\gamma_c$  es el peso específico del suelo seco obtenido de la curva teórica de saturación, correspondiente a la misma humedad  $w$ , en kilogramos por metro cúbico.

Para un suelo relativamente bien graduado, de fácil acomodo, no estimado en general como ligero, el por ciento de huecos que quedan llenos de aire cuando alcanza el cien por ciento (100%) de compactación con la humedad óptima, es del orden de seis punto cinco por ciento (6.5%). Si al compactar este material en la obra con su humedad óptima, el por ciento de vacíos llenos de aire es mayor que el valor antes indicado, puede ser un indicio de que el material no ha alcanzado el cien por ciento (100%) de compactación o bien, que sin variar su peso específico puede adquirir mayor humedad.

De acuerdo con la naturaleza de los materiales y con el uso que se les pretenda dar se han establecido procedimientos de prueba para llevar a cabo la compactación que se alcanza con los procedimientos aplicados en el campo, para determinar el grado de compactación del material, las pruebas de compactación que generalmente se emplean son de los siguientes tipos:

Por impactos, como son las pruebas de: Compactación dinámica AASHIU estándar, Proctor SCT, AASHTO modificada tres (3) y cinco (5) capas y los Métodos de California y de Texas.

Por carga estática, como es la prueba de compactación Porter.

Por amasado, como es el caso del método de compactación de Hveem.

Por vibración, como es el método de compactación en que se utiliza una mesa vibratoria.

Se describe la prueba de compactación dinámica Proctor SCT, que sirve para determinar el peso específico seco máximo y la humedad óptima en suelos que se emplean en la construcción de terracerías, cuando pasan la malla Núm 4.74, con un tolerancia máxima de diez por ciento (10%) de retenido en dicha malla, pero que pasan totalmente por la Núm. 9.5. No se efectuará en arenas y en los materiales cuyo índice plástico sea igual o menor que seis (6). El método consiste esencialmente en preparar especímenes utilizando unamisma muestra de material con diferentes contenidos de agua, compactándulos en tres (3) capas, emdiante impactos con pisón de dos punto cinco (2.5) kilogramos de peso y altura de caída de treinta punto cinco (30.5) centímetros.

## VI.2 OBJETIVO.

Determinar el peso volumétrico sean máximo y la humedad óptima mediante la prueba de compactación dinámica Proctor SCT.

### VI.3 EQUIPO.

El equipo y materiales necesarios para efectuar esta prueba son los siguientes:

Equipo de compactación compuesto de un cilindro metálico de peso  $W_1$  conocido, de ciento uno punto seis (101.6) milímetros de diámetro interior y ciento dieciséis punto cuatro (116.4) milímetros de altura, una placa de base metálica, de nueve punto cinco (9.5) milímetros de espesor, la cual se asegurará convenientemente al cilindro; una extensión o collarín removible de sesenta punto tres (60.3) milímetros de altura exterior, con diámetro interior igual al del cilindro. Cilindro metálico de peso  $W_2$ , conocido, con diámetro interior de ciento cincuenta y dos punto cuatro (152.4) milímetros y altura de ciento dieciséis punto cuatro (116.4) milímetros, provisto de una placa de base metálica, de doce punto siete (12.7) milímetros de espesor; un collarín del mismo diámetro interior del cilindro y altura exterior de sesenta punto tres (60.3) milímetros. Pisón metálico con peso de dos punto cinco (2.5) kilogramos, con superficie circular de apisonado de cincuenta punto ocho (50.8) milímetros de diámetro, acoplado a una guía metálica tubular, para que tenga una caída libre de treinta punto cinco (30.5) centímetros. Regla metálica de arista cortante de veinticinco (25) centímetros de largo, aproximadamente.

Balanza con capacidad mínima de quince (15) kilogramos y aproximación de cero punto un (0.1) g. mos.

Horno para secado de muestras, provisto de control termostático para mantener una temperatura de ciento cinco más menos cinco grados centígrados ( $105 \pm 5^{\circ}\text{C}$ ).

Base cúbica de concreto o de otro material de rigidez similar, con dimensiones mínimas de cuarenta (40) centímetros por lado.

Probeta con capacidad de quinientos (500) centímetros cúbicos y graduaciones de diez (10) centímetros cúbicos.

Probeta con capacidad de mil (1000) centímetros cúbicos, y graduaciones de diez (10) centímetros cúbicos.

Mallas de las siguientes denominaciones:

Núms. 19.0 y 4.75.

Cápsulas metálicas con tapa.

Charolas rectangulares.

Aceite para lubricar las paredes de los moldes.

#### VI.4 MATERIAL.

Arena y Tepetate

Arena y Arcilla

## VI.5 DESARROLLO.

La preparación de la muestra deberá efectuarse como se indica a continuación:

De una muestra obtenida y preparada, se toma por cuarteo una porción de prueba, de tres (3) kilogramos aproximadamente.

Se criba la porción de prueba por la malla Núm. 4.74 y si el material tiene un retenido de diez por ciento (10%) como máximo en esta malla y pasa todo por la malla Núm 9.5, se criba por la malla Núm. 2.0, disgregando manualmente los grumos que se retengan; se vuelven a cribar por la misma malla y se continúa este proceso hasta que las partículas que se retengan en dicha malla no puedan ser disgregadas. Terminada la disgregación se mezcla perfectamente toda la muestra de prueba.

De una muestra obtenida y preparada, respectivamente, se obtiene por cuarteo una muestra de prueba de cuatro (4) kilogramos aproximadamente, para la variante A.

Para la variante A, se verifica que la muestra de prueba pase la malla Núm. 4.75 y de existir alguna partícula retenida en dicha malla se elimina.

Se le agrega a la muestra de prueba, la cantidad de agua necesaria para que al ser repartida uniformemente, se tenga una humedad inferior en cuatro a seis por ciento (4 a 6%) a la óptima esti

mada, en el caso de suelos que pasan la malla Num. 4.75, se considera que cumple lo anterior cuando presenten una consistencia tal que, al que, al comprimir una porción de lamuestra en la palma de la mano, no deje las partículas adheridas en ésta, ni la humedezca y que a la vez, el material comprimido pueda tomarse con dos (2) dedos sin que se desmorone.

Se criba la muestra de prueba por la malla Núm. 4.75, en el caso de la variante A, disgregando los grumos que se haya formado durante la incorporación del agua. Se mezcla cuidadosamente la muestra para homogeneizarla, se disgregan los grumos y se divide en tres (3) fracciones aproximadamente iguales, se coloca una de las fracciones en el cilindro de prueba seleccionado de acuerdo con la variante respectiva, se apoya sobre el bloque de concreto y se compacta con treinta (30) golpes de pisón, para el caso de la variante A, manteniendo la altura de caída de treinta punto cinco (30.5) centímetros y repartiéndolo uniformemente los golpes en la superficie de la capa. Se escarifica ligeramente la superficie de la capa y se repiten estas operaciones con cada una de las dos (2) fracciones restantes de la muestra.

Terminada la compactación, se retira la extensión del molde y se verifica que el material no sobresalga del cilindro en un espesor promedio de uno punto cinco (1.5) centímetros, pues de lo contrario la prueba deberá repetirse utilizando de preferencia una nueva muestra con peso ligeramente menor que el inicial; se enrasa cuidadosamente el espécimen con la regla metálica excedente. A continuación se pesa el cilindro con su contenido y se anota en la hoja de registro su -

valor  $W_i$ , en gramos.

Se saca el espécimen del cilindro, se corta longitudinalmente y de su parte central se obtiene una porción representativa a la que se le determina su humedad de acuerdo con lo indicado, anotando los datos correspondientes a esta determinación en la hoja de registro.

Se incorporan las fracciones del espécimen al material que sobró al enrasarlo, se disgregan los grumos, se agrega dos porcientos (2%) de agua, aproximadamente, con respecto al peso inicial de la muestra y se repiten los pasos.

Con la misma muestra de prueba se repite, incrementando sucesivamente su contenido de agua, hasta que la muestra este muy húmeda y el último espécimen elaborado present una disminución apreciable en su peso con respecto al anterior.

Para definir convenientemente la variación del peso específico de los especímenes elaborados, se requiere que las determinaciones sean cuatro (4) o cinco (5); así también, que en la segunda determinación el peso del cilindro con el espécimen húmedo, sea mayor que en la primera, y que en la penúltima determinación sea mayor que en la última.

Los cálculos y reportes que deberán efectuarse en esta prueba son los siguientes:

Se calcula el contenido de agua de cada espécimen.

Se calcula el peso específico del material húmedo por medio de la siguiente fórmula y se anotó su valor en la hoja de registro.

$$\gamma_m = \frac{W_i - W_t}{V} \times 100$$

En donde:

$\gamma_m$  es el peso específico del material húmedo, en kilogramos por metro cúbico.

$W_i$  es el peso del material húmedo compactado más el peso del cilindro, en gramos.

$W_t$  es el peso del cilindro, en gramos.

$V$  es el volumen del cilindro, en centímetros cúbicos.

Se calcula el peso específico de cada espécimen en estado seco, mediante la siguiente fórmula y se anotó su valor en la hoja de registro.

$$\gamma_d = \frac{\gamma_m}{100 + w} \times 100$$

En donde:

$\gamma_d$  es el peso específico del espécimen en estado seco, en kilogramos por metro cúbico.

$\gamma_m$  es el peso específico del espécimen húmedo, en kilogramos por metro cúbico.

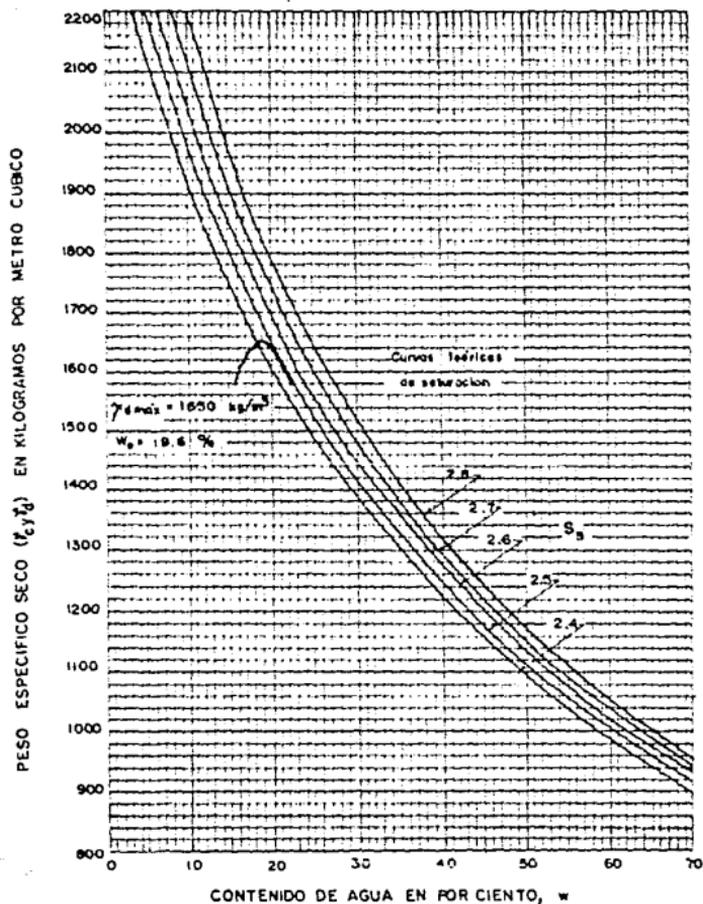
$w$  es el contenido de agua, en por ciento.

Se determina el peso específico máximo del material en estado seco, partiendo de una curva, en donde las ordenadas representan los pesos específicos y las abscisas los contenidos de agua, de cada uno de los especímenes. El punto más alto de dicha curva es el que representa el peso específico seco máximo,  $\gamma_{m,s}$ , y la humedad correspondiente,  $w_o$ , es la óptima del material.

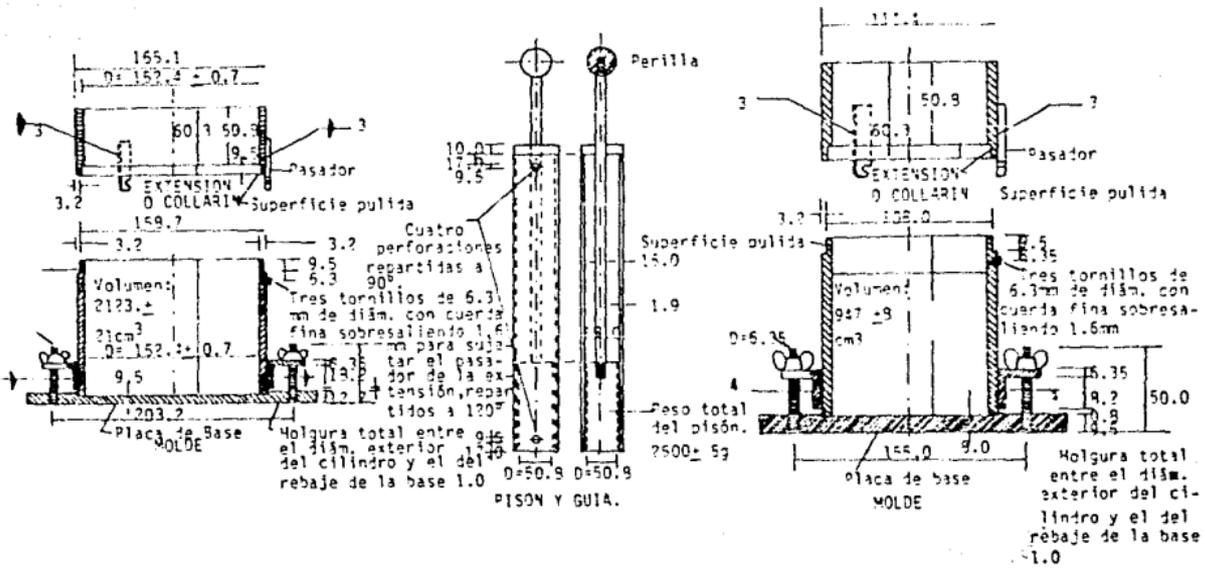
Se reportan el peso específico seco máximo  $\gamma_{m,s}$ , en kilogramos por metro cúbico y la humedad óptima  $w_o$ , en por ciento.

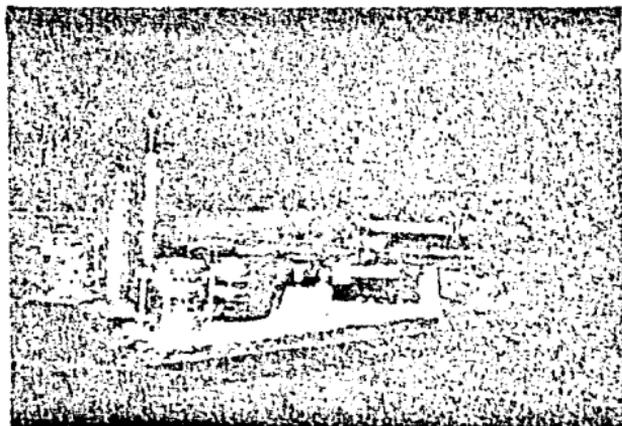
En caso necesario se calcula los pesos específicos secos correspondientes a la curva teórica de saturación, para los contenidos de agua de cada espécimen, de acuerdo a lo indicado, y con estos pesos y los respectivos contenidos de agua, se traza la curva teórica de saturación para el material utilizado en la prueba. A continuación se compara la curva teórica de saturación con la curva de compactación y se verifica que no se corten en ningún punto.

## CURVAS HUMED - PESO ESPECIFICO SECO

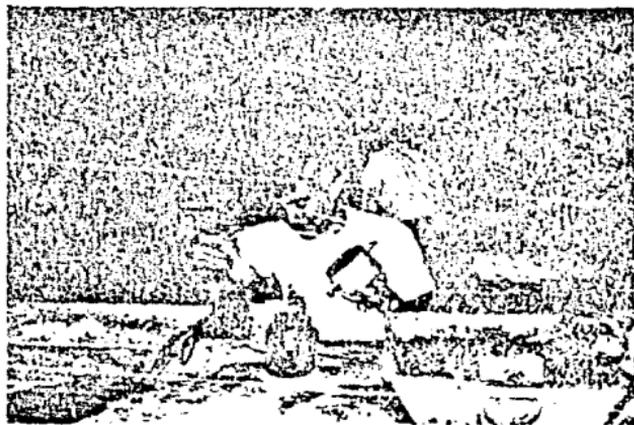


MOLDES CILINDRICOS Y PISON PARA LA PRUEBA DE COMPACTACION AASHTO ESTANDAR.





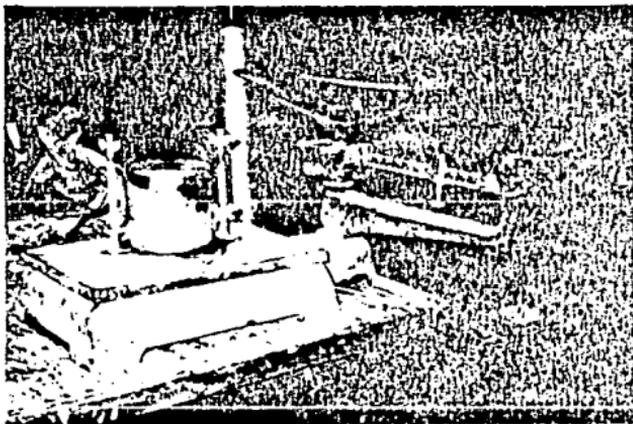
EQUIPO UTILIZADO PARA EL DESARROLLO DE LA PRACTICA.



PREPARACION DE LA MUESTRA Y DEL MOLDE.



REALIZACION DE  
LA PUERA.



PESO DEL MOLDE MAS MATERIAL.



11.8 CALLUGUS

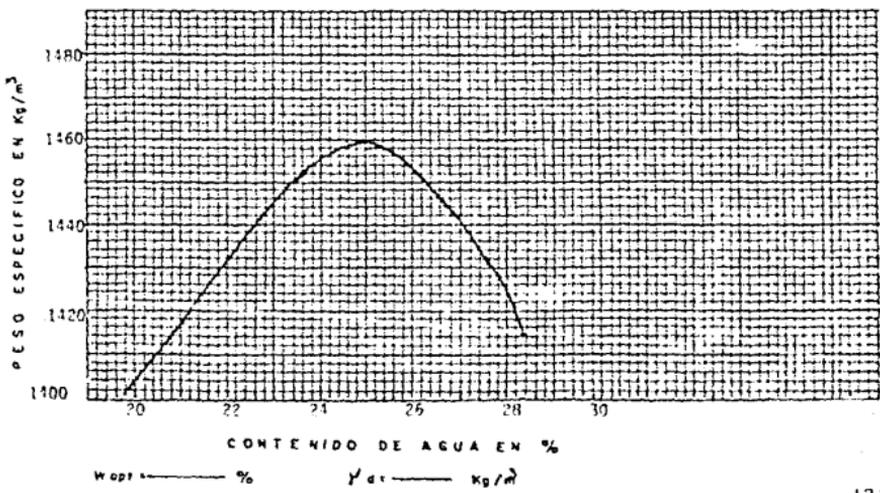
DETERMINACION DEL PESO ESPECIFICO  
SECO MAXIMO Y HUMEDAD OPTIMA



DESCRIPCION DE LA MUESTRA ARCILLA ENSAYE No. 1  
 LOCALIZACION ENEP "A R A G O N" FECHA DE INICIO NOVIEMBRE/ 1989  
 CALCULO CELIA MARTINEZ RAYON. FECHA DE TERMINO \_\_\_\_\_

TIPO DE PRUEBA PROCTOR SHOP  
 No DE CAPAS 1 PESO PISON 2 500 Kg MOLDE No. 1  
 No DE GOLPES POR CAPA 30 ALTURA DE CAIDA 10.5 cm VOLUME (V) 929.5 cm<sup>3</sup>

PRUEBA NUMERO	1	2	3	4	5	6	7
PESO MOLDE + SUELO HUMEDO	3500	3575	3650	3610			
PESO DEL MOLDE gr	1900	1900	1900	1900			
PESO SUELO HUMEDO gr (w m)	1600	1675	1750	1710			
PESO ESPECIFICO HUMEDO Kg/m <sup>3</sup> (w m)	1774.14	1801.95	1895.78	1842.67			
CAPSULA No.	1	2	3	4			
PESO CAPSULA + SUELO HUMEDO gr	79.4	57.4	124.3	225.7			
PESO CAPSULA + SUELO SECO gr	73.1	51.0	100.4	178.0			
PESO DEL AGUA gr	6	6.4	23.9	47.7			
PESO CAPSULA gr	31.1	24.45	9.85	43.6			
CONTENIDO DE AGUA % (w)	37.3	26.55	90.55	134.4			
PESO SUELO SECO gr	21.44	24.10	26.34	28.9			
PESO ESPECIFICO SECO Kg/m <sup>3</sup> (w = $\frac{w}{1+w}$ )	419.15	454.57	1492.03	1477.0			





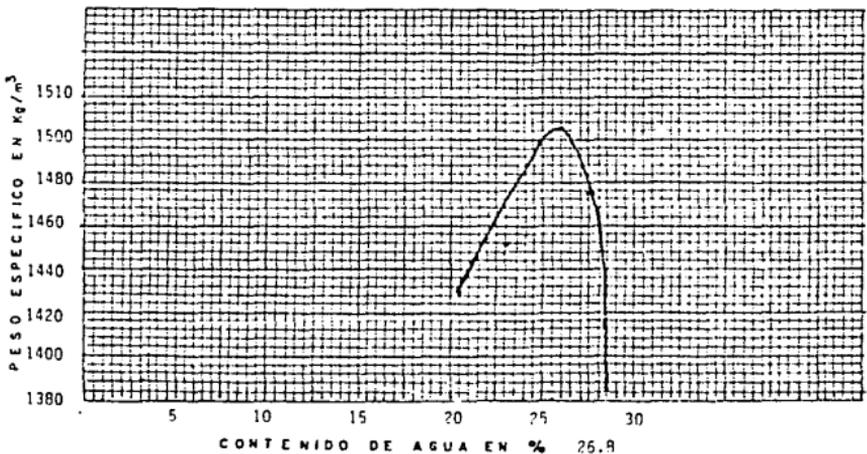
# DETERMINACION DEL PESO ESPECIFICO SECO MAXIMO Y HUMEDAD OPTIMA



DESCRIPCION DE LA MUESTRA <u>TEPETATE</u>	ENSAYE No. <u>1</u>
LOCALIZACION <u>ENEP " ARAGON "</u>	FECHA DE INICIO <u>NOVIEMBRE 1990,</u>
CALCULO <u>CELIA MARTINEZ RAYON</u>	FECHA DE TERMINO _____

TIPO DE PRUEBA <u>PROCTOR</u>	<u>SHOP</u>
No de CAPAS <u>1</u>	PESO PISON <u>2.500 Kg</u>
No de GOLPES POR CAPA <u>30</u>	ALTURA DE CAIDA <u>10.5 cm</u>
	MOLDE No. <u>1</u>
	VOLUME (V) <u>991.566 cm<sup>3</sup></u>

PRUEBA NUMERO	1	2	3	4	5	6	7
PESO MOLDE + SUELO HUMEDO	4035	4035	4185	4185	4185		
PESO DEL MOLDE gr	2300	2300	2300	2300	2300		
PESO SUELO HUMEDO gr (w m)	1735	1785	1885	1885	1785		
PESO ESPECIFICO HUMEDO $Kg/m^3 (U = \frac{W}{V})$	1739.06	1799.18	1999.47	1999.12	1799.18		
CAPSULA No.	1	2	3	4	5		
PESO CAPSULA + SUELO HUMEDO gr	131.7	156.59	132.52	240.18	230.32		
PESO CAPSULA + SUELO SECO gr n	114.01	137.7	112.13	208.53	207.75		
PESO DEL AGUA gr.	17.69	18.89	20.39	21.95	22.56		
PESO CAPSULA gr.	11.91	56.43	32.7	122.62	130.55		
CONTENIDO DE AGUA % (w)	92.07	81.28	79.43	77.84	77.21		
PESO SUELO SECO gr.	21.55	23.24	25.67	28.19	20.21		
PESO ESPECIFICO SECO $Kg/m^3 (U_d = \frac{W_d}{V})$	1430.73	1451.78	1503.47	1474.99	1381.70		



w<sub>opt</sub> = 26.08 %      γ<sub>d</sub> = 1507.5 Kg/m<sup>3</sup>

## VI.9 CONCLUSIONES.

Al efectuar esta prueba deberán tomarse en cuenta las siguientes precauciones:

La muestra utilizada para la prueba de compactación, se secará solamente lo necesario para poderla disgregar.

Durante la compactación, los golpes del pisón se repartirán uniformemente en toda la superficie del espécimen, manteniendo la quifa en posición vertical, verificando que la cida del pisón sea libre y que la superficie del mismo se mantenga limpia.

La curva peso específico seco-humedad, se obtendrá de una sola muestra y no se secará ésta para determinar puntos de la curva que correspondan a humedades menores de la que ya tiene el material.

La humedad del primer espécimen será inferior de la óptima y cada una de las ramas de la curva mencionada se definirá con dos (2) puntos.

## CAPITULO VII

### PRUEBA PORTER MODIFICADA A 100%, 95% Y 90% DE GRADO DE COMPACTACION.

#### VII.1 INTRODUCCION.

La prueba de Porter modificada tiene por objeto determinar el valor relativo de soporte de los suelos empleados o que se pretenden utilizar en las terracerías, principalmente en la capa sub-base, y se lleva a cabo en especímenes con diferentes grados de compactación - y en condiciones de humedad estimadas como las más desfavorables - que considere puedan alcanzar dichos suelos durante la operación de la obra; generalmente se utiliza este valor relativo soporte en el proyecto o revisión de espesores de pavimento, teniendo tres (3) variantes, según las cuales los especímenes contenga la humedad óptima, con humedad igual o superior a la óptima, o bien con la humedad natural.

La variante uno (1) se llevará a cabo tomando en cuenta lo siguiente:

La prueba consiste en determinar el valor relativo de soporte en especímenes elaborados a diferentes grados de compactación, utilizando suelos que contienen su humedad óptima, obteniendo en cada uno de los especímenes el valor relativo de soporte; esta variante se aplica al estudio de terracerías con drenaje adecuado, construidas en lugares de precipitación baja o media.

## VII.2 OBJETIVO.

Determinar el valor relativo de soporte en especímenes elaborados a diferentes grados de compactación.

## VII.3 EQUIPO.

El equipo y materiales necesarios para efectura esta prueba son los siguientes:

Equipo de compactación compuesto de un cilindro metálico de peso  $W_t$ , conocido, de ciento uno punto seis (101.6) milímetros de diámetro interior y ciento dieciséis punto cuatro (116.4) milímetros de altura, una placa de base metálica, de nueve punto cinco (9.5) milímetros de espesor, la cual se asegurará convenientemente al cilindro; una extensión o collarín removible de sesenta punto tres (60.3) milímetros de altura exterior, con diámetro interior igual al del cilindro. Cilindro metálico de peso  $W_t$ , conocido, con diámetro interior de ciento cincuenta y dos punto cuatro (152.4) milímetros y altura de ciento dieciséis punto cuatro (116.4) milímetros, provisto de una placa de base metálica, de doce punto siete (12.7) milímetros de espesor; un collarín del mismo diámetro interior del cilindro y altura exterior de sesenta punto tres (60.3) milímetros. Pisón metálico con peso de dos punto cinco (2.5) kilogramos, con superficie circular de apisonado de cincuenta punto ocho (50.8) milímetros de diámetro, acoplado a una guía metálica tubular, para que tenga una caída libre de treinta punto cinco (30.5) centímetros. Regia metálica de arista constante de veinticinco (25) centímetros de largo, aproximadamente.

Balanza con capacidad mínima de quince (15) kilogramos y aproximación de cinco (5) gramos.

Balanza con capacidad mínima de dos (2) kilogramos y aproximación de cero punto un (0.1) gramos.

Horno para secado de muestras, provisto de control termostático para mantener una temperatura de ciento cinco más menos cinco grados centígrados ( $105 \pm 5^{\circ}\text{C}$ ).

Base cúbica de concreto o de otro material de dureza similar, con dimensiones mínimas de cuarenta (40) centímetros por lado.

Probeta con capacidad de quinientos (500) centímetros cúbicos y graduaciones de diez (10) centímetros cúbicos.

Probeta con capacidad de mil (1000) centímetros cúbicos, y graduaciones de diez (10) centímetros cúbicos.

Mallas de la siguientes denominaciones:

Núms. 19.0 y 4.75.

Cápsulas metálicas con tapa.

Charolas rectangulares

Aceite para lubricar las pares de los moldes.

(exceptuando el tanque de saturación, la placa metálica circular, el tripode metálico y las hojas de papel filtro).

#### VII.4 MATERIAL.

Arena - Grava - Tepetate

Arena - Grava - Arcilla

Arena - Tepetate

Arena - Arcilla

#### VII.5 DESARROLLO.

La preparación de la muestra se efectúa en la forma siguiente:

De una muestra obtenida y peraprada, teniendo cuidado de secar el material únicamente lo necesario para facilitar su disgregación, se toma por cuarteo una porción suficiente para obtener aproximadamente dieciséis (16) kilogramos de material que pase la malla Núm. 25.0 y se pesa dicha porción con aproximación de cinco (5) gramos.

A continuación se criba por la malla Núm. 25.0, se pesa el retenido con aproximación de diez (10) gramos y se determina el por ciento de éste - con respecto al total de la porción.

Si dicho por ciento excede de quince (15), se incorpora a la porción - que pasa la malla mencionada, una cantidad con peso igual a la del citado retenido, utilizando material de la tracción que pasa la malla Núm. 25.0 y se retiene a la Núm. 4.75, tomando este último de otra muestra - obtenida y preparada.

Se elimina el retenido en la malla Núm. 25.0 y se forman las muestras de prueba, dividiendo la porción obtenida en partes de cinco (5) kilogramos, a seis (6) kilogramos de peso y serán en número de cuatro (4) a seis (6) según la cantidad de especímenes que se quiera elaborar.

Se le agrega a la muestra de prueba, la cantidad de agua necesaria para que al ser repartida uniformemente, se tenga una humedad inferior en cuatro a seis por ciento (4 a 6%) a la óptima estimada, en el caso de suelos que pasan la malla Núm. 4.75, se considera que cumple lo anterior cuando presenten una consistencia tal que, al comprimir una porción de la muestra en la palma de la mano, no deje partículas adheridas en ésta, ni la humedezca y que a la vez, el material comprimido pueda tomarse con dos (2) dedos sin que se desmorone.

Se criba la muestra de prueba por la malla Núm. 4.75, en el caso de la variante A, disgregando los grumos que hayan formado durante la incorporación del agua. Se mezcla cuidadosamente la muestra para homogeneizarla, se disgregan los grumos y se divide en tres (3) fracciones aproximadamente iguales, se coloca una de las fracciones en el cilindro de prueba seleccionado de acuerdo con la variante respectiva, se apoya sobre el bloque de concreto y se compacta con treinta (30) golpes del pistón, para el caso de la variante A, manteniendo la altura de caída de treinta punto cinco (30.5) centímetros y repartiendo uniformemente los golpes en la superficie de la capa. Se escarifica ligeramente la superficie de la capa y se repiten estas operaciones con cada una de las dos (2) fracciones restantes de la muestra.

Terminada la compactación, se retira la extensión del molde y se verifica que el material no sobresalga del cilindro en un espesor promedio de uno punto cinco (1.5) centímetros, pues de lo contrario la prueba deberá repetirse utilizando de preferencia una nueva muestra con peso ligeramente menor que el inicial; se enrasa cuidadosamente el espécimen con la regla metálica y se deposita en una charola el material excedente. A continuación se pesa el cilindro con su contenido y se anota en la hoja de registro su valor  $W_1$ , en gramos.

Se saca el espécimen del cilindro, se corta longitudinalmente y de su parte central se obtiene una porción representativa a la que se le determina su humedad, anotando los datos correspondientes a esta determinación en la hoja de registro.

Se incorporan las fracciones del espécimen al material que sobró al enrasarlo, se disgregan los grumos, se agrega dos por ciento (2%) de agua, aproximadamente, con respecto al peso inicial de la muestra y se repiten los pasos.

Con la misma muestra de prueba se repite, incrementando sucesivamente su contenido de agua, hasta que la muestra esté muy húmeda y el último espécimen elaborado presente una disminución apreciable en su peso específico de los especímenes elaborados, se requiere que las determinaciones sean cuatro (4) o cinco (5); así también, que en la segunda determinación el peso del cilindro con el espécimen húmedo, sea mayor que en la primera, y que en la penúltima determinación sea mayor que en la última.

Los cálculos y reportes que deberán efectuarse en esta prueba son los siguientes:

Se calcula el contenido de agua de cada espécimen.

Se calcula el peso específico del material húmedo por medio de la siguiente fórmula y se anota su valor en la hoja de registro.

$$\gamma^m = \frac{W_i - W_t}{V} \times 1000$$

En donde:

$\gamma^m$  es el peso específico del material húmedo, en kilogramos por metro cúbico.

$W_i$  es el peso del material húmedo compactado más el peso del cilindro, en gramos.

$W_t$  es el peso del cilindro, en gramos.

$V$  es el volumen del cilindro, en centímetros cúbicos.

Se calcula el peso específico de cada espécimen en estado seco, mediante la siguiente fórmula y se anota su valor en la hoja de registro.

$$\gamma^d = \frac{\gamma^m}{100 + w} \times 100$$

En donde:

$\gamma_d$  es el peso específico del espécimen en estado seco, en kilogramos por metro cúbico.

$\gamma_m$  es el peso específico del espécimen húmedo, en kilogramos por metro cúbico.

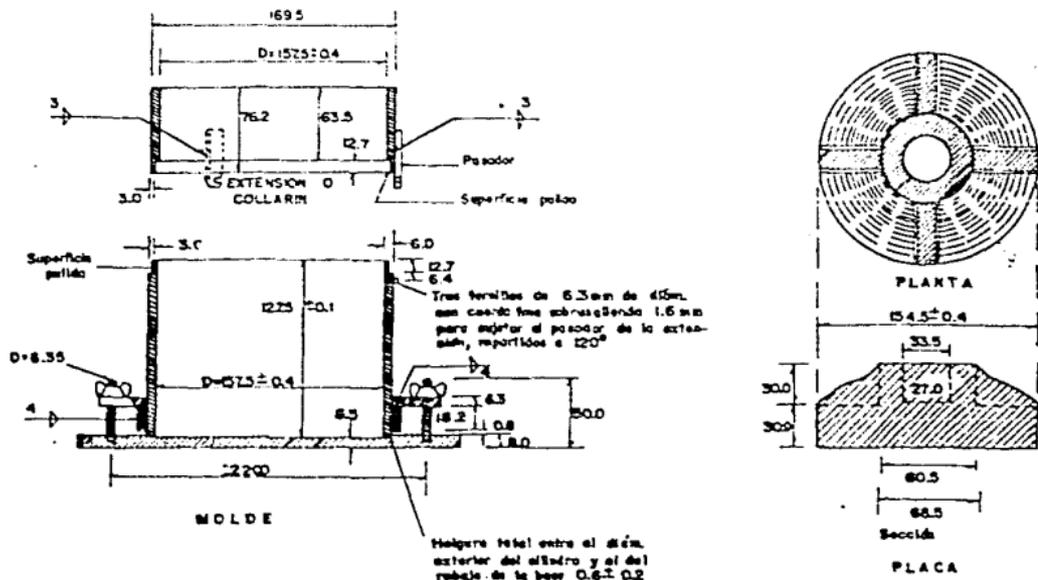
w es el contenido de agua, en por ciento.

Se determina el peso específico máximo del material en estado seco, partiendo de una curva, en donde las ordenadas representan los pesos específicos y las abscisas los contenidos de agua, de cada uno de los especímenes. El punto más alto de dicha curva es el que representa el peso específico seco máximo,  $\gamma_{d\max}$ , y la humedad correspondiente,  $w_o$ , es la óptima del material.

Se reportan el peso específico seco máximo  $\gamma_{d\max}$ , en kilogramos por metro cúbico y la humedad óptima  $w_o$ , en por ciento.

En caso necesario se calculan los pesos específicos secos correspondientes a la curva teórica de saturación, para los contenidos de agua de cada espécimen, de acuerdo, y con estos pesos y los respectivos contenidos de agua, se traza la curva teórica de saturación para el material utilizado en la prueba, siguiendo el procedimiento. A continuación se compara la curva teórica de saturación con la curva de compactación y se verifica que no se corten en ningún punto.

# MOLDE CILINDRICO Y PLACA PARA LA PRUEBA DE COMPACTACION

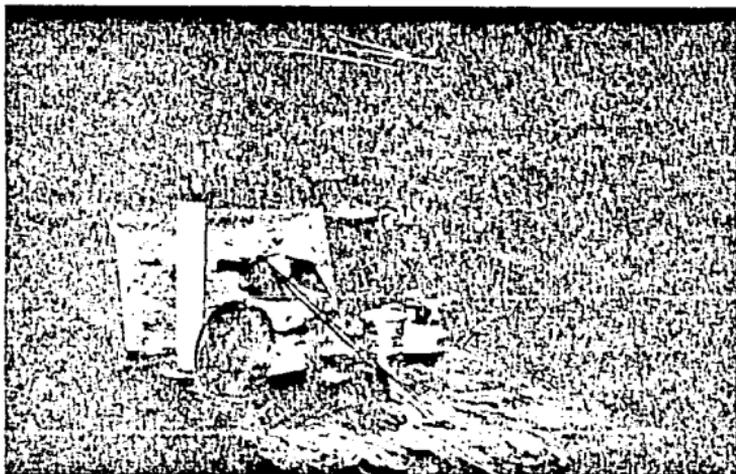


VII.6 FIGURA

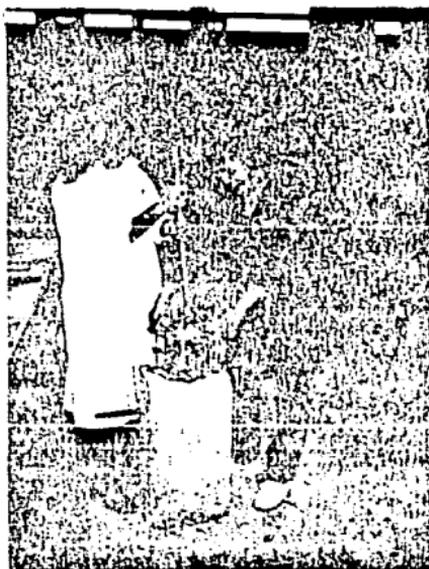
MATERIAL: Acero estructural  
SOLDADURA: Electrodo de 3.2 mm

NOTA: Las especificaciones del molde y collarín ilustrados, podrán sustituirse por otros que conserven proporciones similares

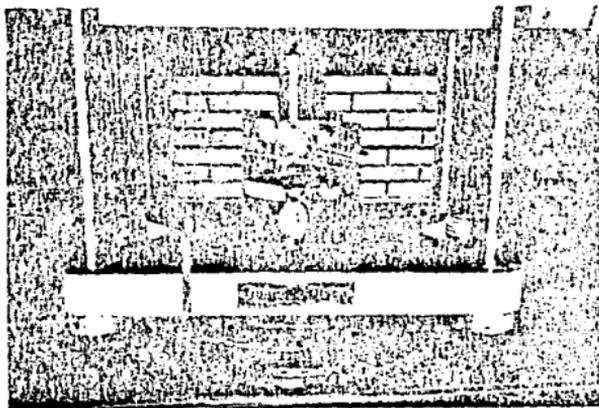
Las escalas están en milímetros



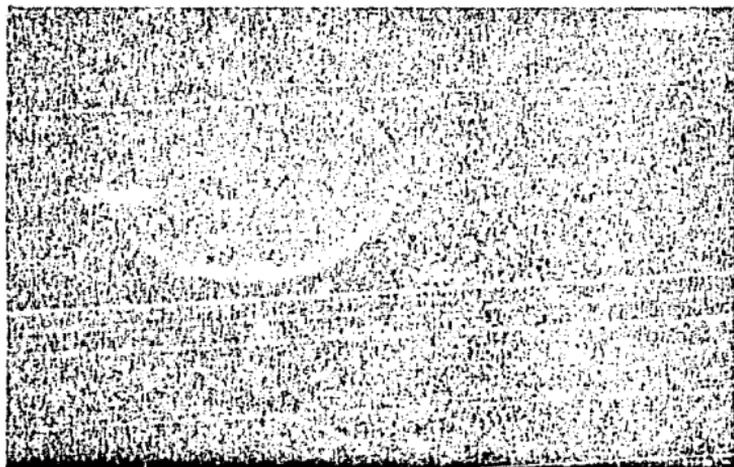
EQUIPO NECESARIO PARA DESARROLLAR LA PRACTICA.



ELABORACION  
DEL  
ESPECIMEN



LECTURAS DE LA CARGA DE COMPACTACION Y PENETRACION DEL  
ESPECIMEN.



RESULTADO DEL ESPECIMEN DESPUES DE SER LLEVADO A PENETRACION PARA  
OBTENER EL VRS.



## VII.8. CALCULOS

PRUEBA MODIFICADA DE VALOR RELATIVO  
DE SOPORTE

ENSAYE No. \_\_\_\_\_ FECHA NOV/1988 LABORATORISTA CELIA MARTINEZ RAYON EQUIPO No. \_\_\_\_\_  
 PESO (PI) DEL MOLDE COLLARIN Y BASE (gr) 6100, 6400 VOLUMEN (V) DEL MOLDE (cm<sup>3</sup>) 2471.46, 2460.57  
 ALTURA ( ) DEL BORDE SUPERIOR DEL COLLARIN A LA PLACA DE CARGA (cm) 5.11, 5.5

PESO VOLUMETRICO SECO MAXIMO (γ<sub>s</sub> Kg/cm<sup>3</sup>) 1587.85 HUMEDAD OPTIMA (w<sub>o</sub>) 22.94 %  
 HUMEDAD QUE CONTIENE EL MATERIAL (w) 9.3%, 14.65 %, 9 %

GRADO DE COMPACTACION %	100 %	95 %	90 %
PESO VOLUMETRICO SECO (γ <sub>s</sub> Kg/cm <sup>3</sup> )	1587.85	1508.5	1429.065
HUMEDAD DE PRUEBA (w%)	22.94	24.14	26
AGUA POR AGREGAR cm <sup>3</sup> $\frac{1000(w - w_o)}{100 - w_o}$	624	427	780
PESO MAT. HUMEDO gr $P = \frac{\gamma_s (100 + w)}{100}$	4824.54	4619	4431
PESO DEL EQUIPO CON EL MAT. HUMEDO gr = P <sub>1</sub> + P <sub>w</sub>	9924.54	10019	9831
	16250	9125	12000

## RESISTENCIA A LA PENETRACION EN Kg.

127 mm (0.05")	240	470	725
254 mm (0.10")	410	665	1125
381 mm (0.15")	570	825	1395
508 mm (0.20")	665	965	1610
762 mm (0.30")	735	1245	1945
1016 mm (0.40")	855	1460	2185
1270 mm (0.50")	905	1620	2350

VALOR RELATIVO DE SOPORTE CORREGIDO \_\_\_\_\_





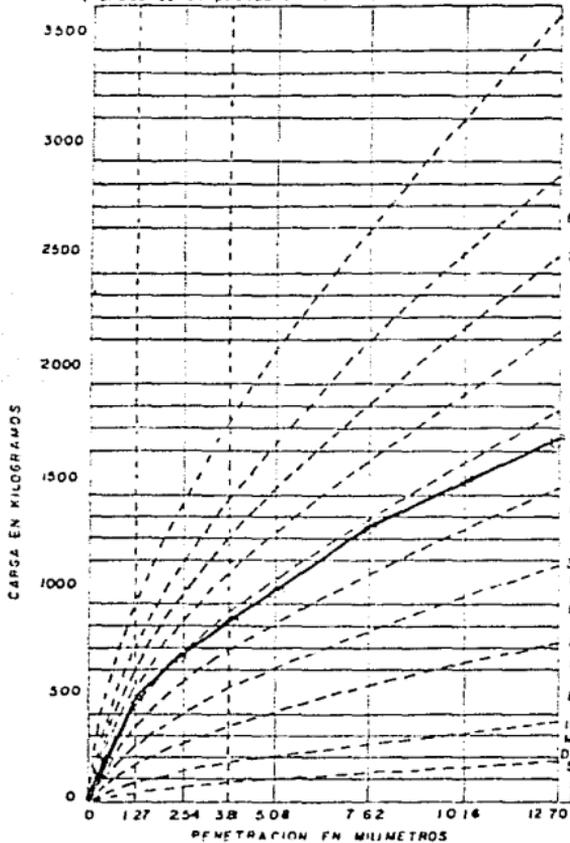
# PRUEBA DE VALOR RELATIVO DE SOPORTE



ENSAYE Acuña - Areco. OPERADOR CELIA MARTINEZ RAYON.

FECHANOV/ 1989.

( Grado de compactación 95 % )



PORTER SATURADA	
P SECO	5000
P HUMEDO	1619
Agua Agregada	477
DE Altura Molde	12.71
BUENA Altura Fallante	4.5
80 % Altura del Mat.	8.21
BASE Area	191.86
70 % Volumen	1575.17
DE P V H.	1952.11
REGULAR P V S.	1508.5
60 % CALIDAD H O.	22.94
SUB-BASE DE % Exp	
40 % BUENA CALIDAD % V. R. S.	48.89
30 % MUY BUENA	1.27 - 470
20 % REGULAR A BUENA	2.54 - 665
10 % MUY BUENA	3.81 - 825
5 % BUENA	5.08 - 965
0 % MUY BUENA	7.62 - 1215
3 % BUENA	10.16 - 1450
0 % BUENA	12.70 - 1620
MO. DE No	
Extensión No	
Lectura I =	
Lectura F =	

a - TARA + SUELO HUMEDO	214.93	
b - TARA + SUELO SECO	189.93	
c - TARA	14.93	
d - CONTENIDO DE AGUA a-b	25.00	
e - SUELO SECO b-c	174.35	
f % DE HUMEDAD d/e	14.55	



# PRUEBA DE VALOR RELATIVO DE SOPORTE

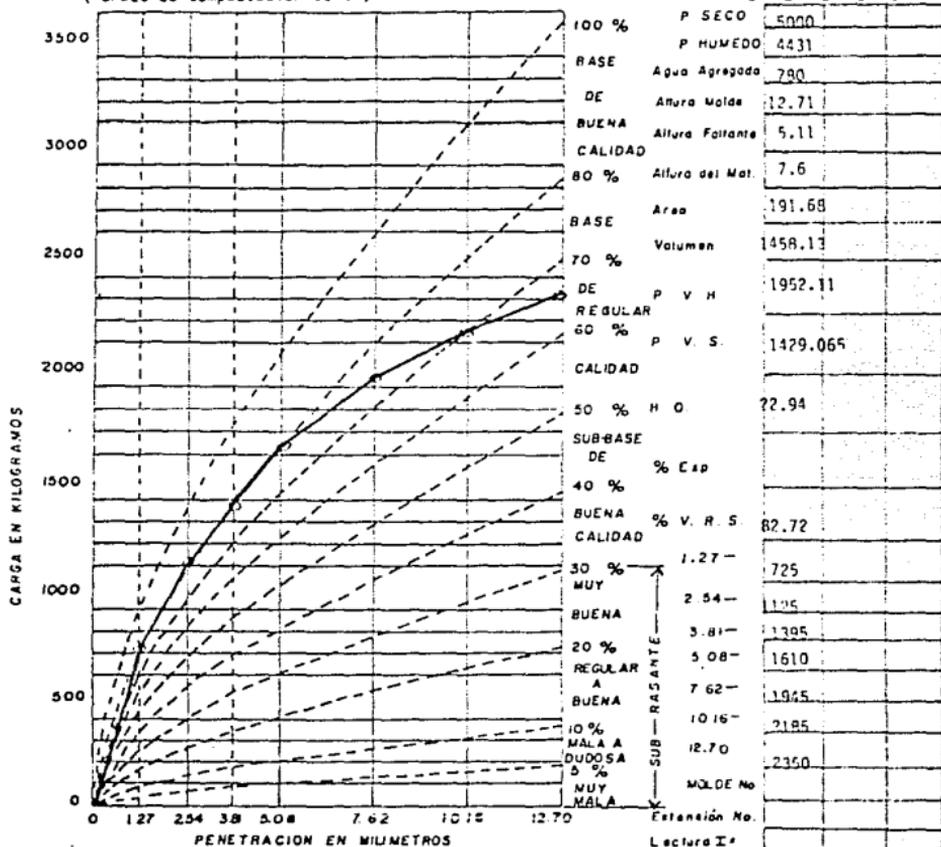


ENSAYE Arcilla - Arena OPERADOR CELIA MARTINEZ RAYON

FECHA NOV / 1989

( Grado de compactación 90 % )

PORTER SATURADA



a - TARA + SUELO HUMEDO	283.97		
b - TARA + SUELO SECO	267.91		
c - TARA	83.97		
d - CONTENIDO DE AGUA a-b	16.16		
e - SUELO SECO b-c	183.84		
f - % DE HUMEDAD d/e	9.00		

Extensión No.  
Lectura I°  
Lectura F°



PRUEBA MODIFICADA DE VALOR RELATIVO  
DE SOPORTE



ENSAYE No 1 FECHA NOV / 1989 LABORATORISTA CELIA MARTINEZ BAYON EQUIPO No \_\_\_\_\_  
 PESO (PI) DEL MOLDE COLLARIN Y BASE (gr) 4100, 5400 VOLUMEN (V) DEL MOLDE (cm<sup>3</sup>) 271.6, 2160.57  
 ALTURA (H) DEL BORDE SUPERIOR DEL COLLARIN A LA PLACA DE CARGA (cm) 5.11, 3.5

PESO VOLUMETRICO SECO MAXIMO (γ<sub>s</sub>·Kg/cm<sup>3</sup>) 1537.85 HUMEDAD OPTIMA (w<sub>o</sub>) 22.91 %  
 HUMEDAD QUE CONTIENE EL MATERIAL (w) 9.3 %, 14.65 %, 9 %

GRADO DE COMPACTACION %	100 %	90 %
PESO VOLUMETRICO SECO (M <sup>3</sup> ·Kg/cm <sup>3</sup> )	1537.85	1429.065
HUMEDAD DE PRUEBA (w)	22.94	26
AGUA POR AGREGAR $P_w = \frac{w}{100} \cdot \gamma_s \cdot V$	624	780
PESO MAT HUMEDO gr $P_w = \frac{w}{100} \cdot \gamma_s \cdot V$	4924.54	4431
PESO DEL EQUIPO CON EL MAT HUMEDO gr $P_i + P_w$	8954.54	9831
	15250	12000

RESISTENCIA A LA PENETRACION EN Kg.

127 mm (0.05")	250	1610
254 mm (0.10")	590	1215
381 mm (0.15")	725	2185
508 mm (0.20")	820	2350
762 mm (0.30")	900	2405
1016 mm (0.40")	990	
1270 mm (0.50")	990	
VALOR RELATIVO DE SOPORTE CORREGIDO	43.36	143



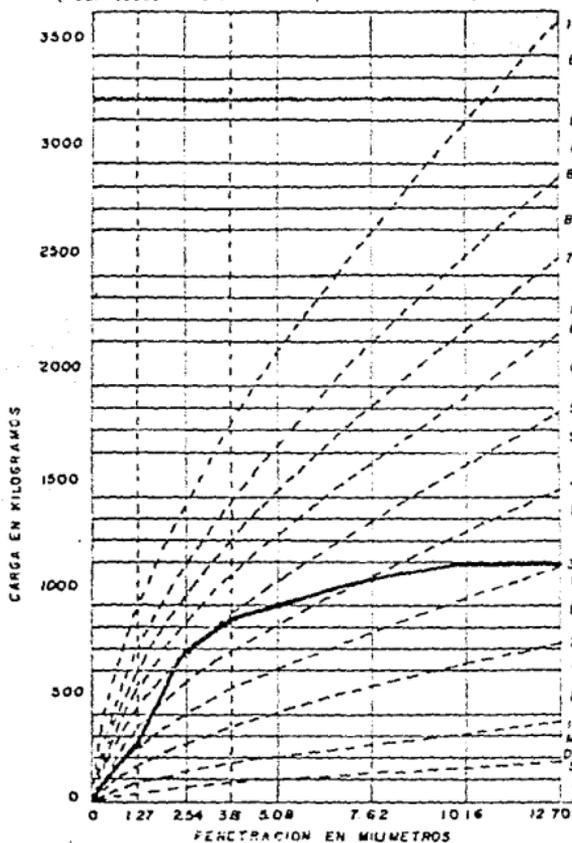
# PRUEBA DE VALOR RELATIVO DE SOPORTE



ENSAYE Arcilla - Arena OPERADOR CELIA MARTINEZ RAYON

FECHA MAY 1980

( CORRECCION - Grado de compactación 100 % )



PORTER SATURADA	
P SECO	5000
P HUMEDO	4874
Agua Agregada	524
DE Anura Mase	12.71
BUENA Altura Fallante	2.03
CALIDAD Altura del Mat	10.68
BASE Area	191.86
70 % Volumen	2019.96
DE P V H	1952.11
REGULAR	
60 % P V S	1587.85
CALIDAD	
50 % H O.	27.94
SUB-BASE DE	
40 % % Esp	
BUENA	
CALIDAD % V. R. S.	43.38
30 %	1.27-
MUY BUENA	250
25.4-	500
3.81-	725
20 % REGULAR	5.08-
A BUENA	7.62-
10.16-	900
10 % MALA A DUDOSA	12.70
5 % MUY MALA	990
MOLDE No	
Extensión No	
Lectura I *	
Lectura f *	

a - TARA + SUELO HUMEDO	232.24	
b - TARA + SUELO SECO	215.53	
c - TARA	22.24	
d - CONTENIDO DE AGUA a-b	95.71	
e - SUELO SECO b-c	183.29	
f - % DE HUMEDAD d/e	9.25	

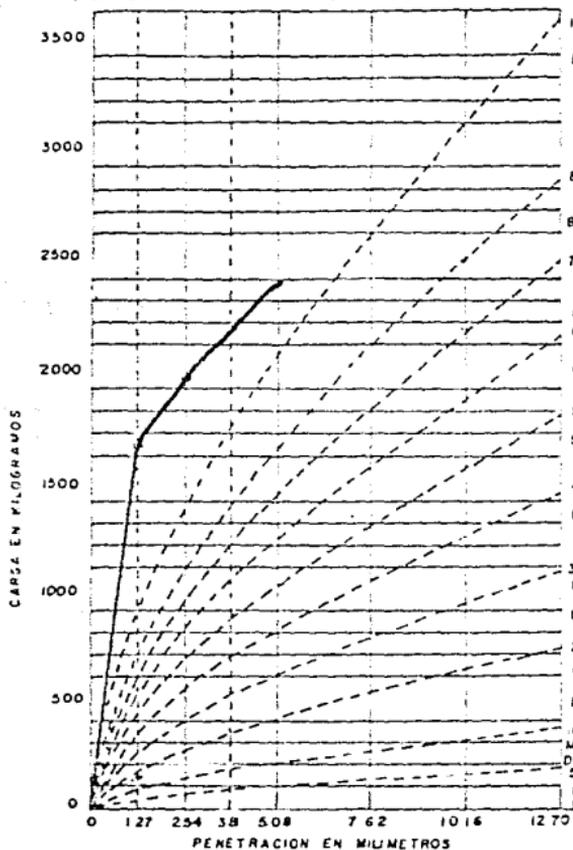


# PRUEBA DE VALOR RELATIVO DE SOPORTE



ENSAYE Arcilla-Arena OPERADOR CELIA MARTINEZ RAYON  
 (CORRECCION - Grado de compactacion 90%)

FECHANOV / 1980



PORTER SATURADA	
P SECO	1500
P HUMEDO	4431
Agua Agregada	750
Area Molde	12.71
Altura Faltante	2.03
Altura del Mat.	10.68
Area	191.69
Volumen	2049.86
P v H	1952.11
P v S.	1129.065
H O	22.94
% Exp	
% v r s	143
1.27 -	1610
2.54 -	1935
3.81 -	2185
5.08 -	2350
7.62 -	2405
10.16 -	
12.70	
MOLDE No	
Extension No	
Lectura I =	
Lectura F =	

a - TARA + SUELO HUMEDO	283.27
b - TARA + SUELO SECO	257.81
c - TARA	83.97
d - CONTENIDO DE AGUA a-b	16.16
e - SUELO SECO b-c	163.84
f - % DE HUMEDAD d/e	9.00



PRUEBA MODIFICADA DE VALOR RELATIVO  
DE SOPORTE



ENSAYE No 2 FECHA NOV/ 1989. LABORANTISTA CELIA MARTINEZ RAYON. EQUIPO No \_\_\_\_\_  
PESO (PI) DEL MOLDE COLLARIN Y BASE (gr) 5406, 4100 VOLUMEN (V) DEL MOLDE (cm<sup>3</sup>) 2460.57, 2471.46  
ALTURA ( ) DEL BORDE SUPERIOR DEL COLLARIN A LA PLACA DE CARGA (cm) 4.5, 5.11

PESO VOLUMETRICO SECO MAXIMO (γ:Kg/cm<sup>3</sup>) 1587.85 HUMEDAD OPTIMA (w<sub>o</sub>) 22.91 %  
HUMEDAD QUE CONTIENE EL MATERIAL (w) 13.76 %, 12.47 %, 14 %

GRADO DE COMPACTACION %	100%	95 %	90 %		
PESO VOLUMETRICO SECO (γ:Kg/cm <sup>3</sup> )	1587.85	1508.16	1429.065		
HUMEDAD DE PRUEBA (w <sub>2</sub> )	22.94	24.44	26		
AGUA POR ACREGAR ( $\frac{3,5000(w_2-w_1)}{100-w_1}$ )	458.77	532.14	523.68		
PESO MAT HUMEDO gr P = $\frac{\gamma_s (100-w_2)}{100} V$	5270.68	4639.26	4428.35		
PESO DEL EQUIPO CON EL MAT HUMEDO gr P <sub>1</sub> + P <sub>w</sub>	7970.68	4639.26	8528.95		
	27000	16025	3175		

RESISTENCIA A LA PENETRACION EN Kg.

127 mm (0.05")	700	525	115		
254 mm (0.10")	1275	1025	220		
381 mm (0.15")	1625	1375	290		
508 mm (0.20")	1825	1725	405		
762 mm (0.30")	2075	2400	500		
1016 mm (0.40")	2175	2825	595		
1270 mm (0.50")	2200	3125	650		

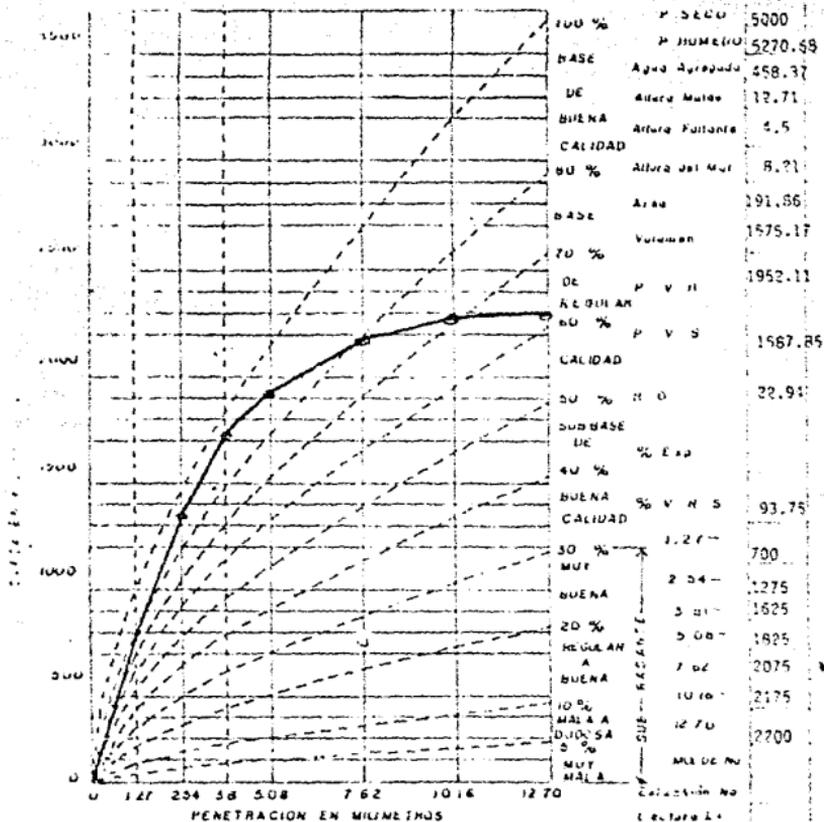
VALOR RELATIVO DE SOPORTE CORREGIDO \_\_\_\_\_

# PRUEBA DE VALOR RELATIVO DE SOPORTE

CASAYE, Arcilla - Grava OPENADUNCELIA MARTINEZ RAYON.  
(Grado de compactación 100 %)

FECHA NOV/1989.

MUNICIPIO SACUMANA

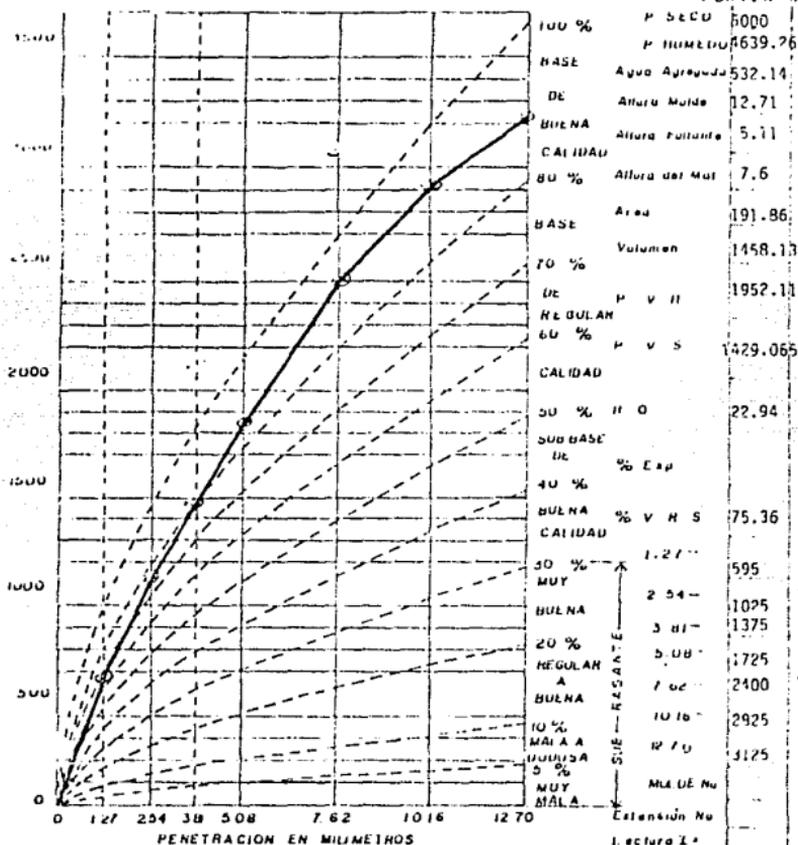


a - TANA + SUELO HUMEDO	255.19		
b - TANA + SUELO SECO	277.19		
c - TANA	35.19		
d - CONTENIDO DE AGUA a-b	24.00		
e - SUELO SECO b - c	176.00		
f - % DE HUMEDAD d/a	13.63		

Calculación No  
Lectura L4  
Lectura F -

# PRUEBA DE VALOR RELATIVO DE SOPORTE

MATERIAL: Arcilla - Grava OPERADOR: CELIA MARTINEZ RAYON. FECHA: NOV/ 1989.  
 (Grado de compactación 95%)



a - TANA + SUELLO HUMEDO	233.94		
b - TANA + SUELLO SECO	211.76		
c - TANA	33.94		
d - LUNTENIDO DE AGUA a-b	27.18		
e - SUELLO SECO b-c	177.82		
f - % DE HUMEDAD d/e	12.47		

Estensión No  
Lectura I =  
Lectura F =

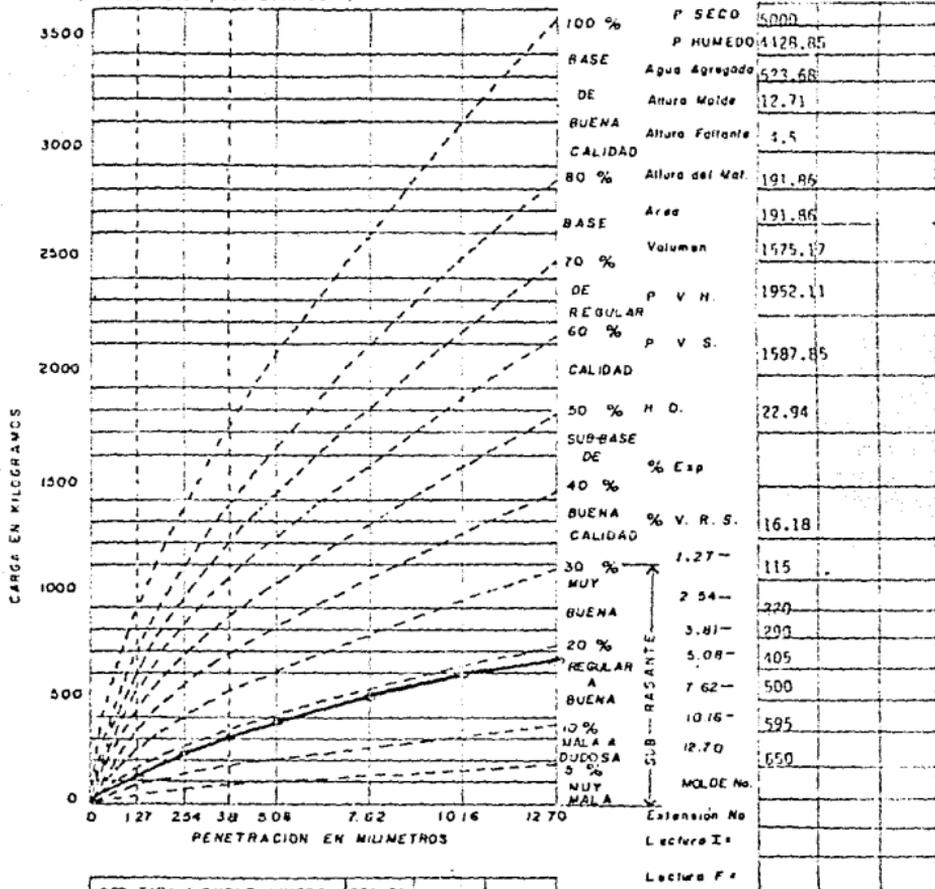


# PRUEBA DE VALOR RELATIVO DE SOPORTE



ENSAYE: Arcilla-Grava OPERADOR: GELIA MARTINEZ RAYON FECHA: 30/07/1980

(Grado de compactación 90%)



a - TARA + SUELO HUMEDO	731.31	
b - TARA + SUELO SECO	406.75	
c - TARA	31.31	
d - CONTENIDO DE AGUA a-b	24.57	
e - SUELO SECO b-c	175.43	
f - % DE HUMEDAD d/e	14.00	



PRUEBA MODIFICADA DE VALOR RELATIVO  
DE SOPORTE



ENSAYE No. 2 FECHA NOY / 1989 LABORATORISTA CELIA MARTINEZ RAYON EQUIPO No. \_\_\_\_\_  
PESO (PI) DEL MOLDE COLLARIN Y BASE (gr) 5400 VOLUMEN (V) DEL MOLDE (cm<sup>3</sup>) 2460.57  
ALTURA ( ) DEL BORDE SUPERIOR DEL COLLARIN A LA PLACA DE CARGA (cm) 4.5

PESO VOLUMETRICO SECO MAXIMO ( $\gamma \cdot \text{kg}/\text{cm}^3$ ) 1587.85 HUMEDAD OPTIMA (w<sub>o</sub>) 22.94 %  
HUMEDAD QUE CONTIENE EL MATERIAL (w) 13.76 %

GRADO DE COMPACTACION %	<u>100 %</u>		
PESO VOLUMETRICO SECO ( $\gamma \cdot \text{kg}/\text{cm}^3$ )	<u>1587.85</u>		
HUMEDAD DE PRUEBA (w <sub>2</sub> )	<u>22.94</u>		
AGUA POR AGREGAR $\text{cm}^3 = \frac{5000(w_2 - w_o)}{(100 - w_o)}$	<u>458.37</u>		
PESO MAT. HUMEDO gr $P_w = \frac{\gamma (100 + w_2)}{100} V$	<u>5270.68</u>		
PESO DEL EQUIPO CON EL MAT HUMEDO gr $P_e + P_w$	<u>7970.68</u>		
	<u>27000</u>		

RESISTENCIA A LA PENETRACION EN Kg.

127 mm (0.05")	<u>745</u>		
254 mm (0.10")	<u>1660</u>		
381 mm (0.15")	<u>1990</u>		
508 mm (0.20")	<u>2145</u>		
762 mm (0.30")	<u>2105</u>		
1016 mm (0.40")	<u>2200</u>		
1270 mm (0.50")			
VALOR RELATIVO DE SOPORTE CORREGIDO	<u>122</u>		



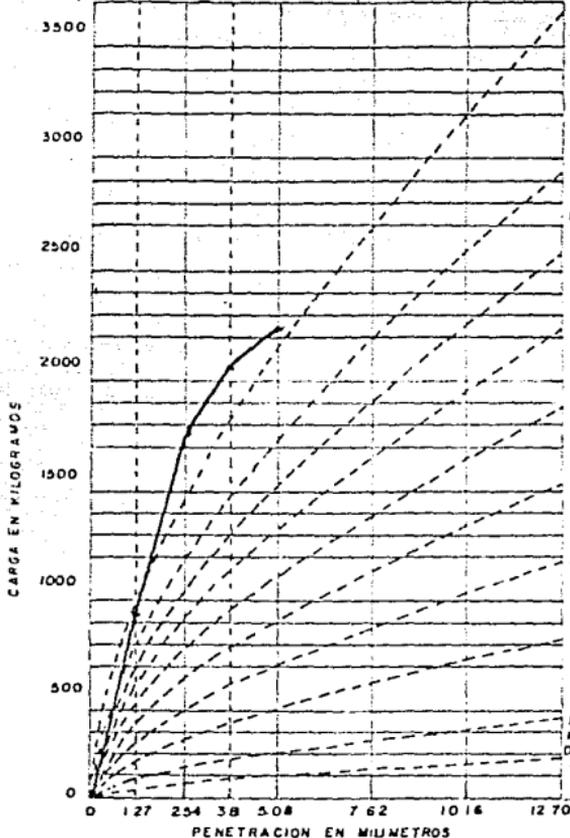
# PRUEBA DE VALOR RELATIVO DE SOPORTE



ENSAYE - Arells Grava OPERADOR - CELIA MARTINEZ RAYON

FECHA NOV / 1983

( CORRECCION - Grado de compactación 100 % )

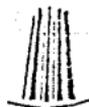


PORTER SATURADA	
100 % P SECO	5000
P HUMEDO	5270.68
BASE Agua Agregada	458.77
DE Anura Molde	12.71
BUENA Altura Fallante	4.5
CALIDAD Altura del Mat.	8.21
BASE Area	191.96
70 % Volumen	1575.17
DE P V H	1952.11
REGULAR 60 % P V S.	1587.85
CALIDAD 50 % H O	22.91
SUBBASE DE % Esp	
40 % BUENA CALIDAD % V. R S	122
30 % MUY BUENA	1.27 - 745
20 % REGULAR A BUENA	2.54 - 1660
10 % MUY BUENA A BUENA	3.81 - 1980
5 % MUY BUENA A BUENA	5.08 - 2145
0 % MUY BUENA A BUENA	7.62 - 2195
	10.16 - 2200
	12.70
	MOLDE No
	Extensión No
	Lectura I =
	Lectura F =

a - TARA + SUELO HUMEDO	235.19	
b - TARA + SUELO SECO	211.00	
c - TARA	35.19	
d - CONTENIDO DE AGUA a-b	24.00	
e - SUELO SECO b-c	176.00	
f - % DE HUMEDAD d/e	13.63	



PRUEBA MODIFICADA DE VALOR RELATIVO  
DE SOPORTE



ENSAYE No. 1 FECHA NOV. / 1989 LABORATORISTA CELIA MARTINEZ RAYON EQUIPO No. \_\_\_\_\_  
 PESO (P1) DEL MOLDE COLLARIN Y BASE (gr) 5400 VOLUMEN (V) DEL MOLDE (cm<sup>3</sup>) 2460.37  
 ALTURA (D) DEL BORDE SUPERIOR DEL COLLARIN A LA PLACA DE CARGA (cm) \_\_\_\_\_ 4.5

PESO VOLUMETRICO SECO MAXIMO (Y<sub>s</sub>·kg/cm<sup>3</sup>) 1713.84 HUMEDAD OPTIMA (w<sub>o</sub>) 15.31  
 HUMEDAD QUE CONTIENE EL MATERIAL (w) 11 %, 8.8 %, 10.53 %

GRADO DE COMPACTACION %	100 %	95 %	90 %
PESO VOLUMETRICO SECO (Y <sub>s</sub> ·kg/cm <sup>3</sup> )	1713.84	1628.15	1542.46
HUMEDAD DE PRUEBA (w <sub>2</sub> )	15.31	16.81	18.31
AGUA POR AGREGAR cm <sup>3</sup> = $\frac{1000(Y_s - W)}{100 - W}$	440	564	581
PESO MAT. HUMEDO gr P <sub>w</sub> = $\frac{Y_s(100 + w)}{100}$	2863	2680	2495
PESO DEL EQUIPO CON EL MAT HUMEDO gr = P <sub>t</sub> + P <sub>w</sub>	4862.25	4679.23	4489.99
	55000	27600	17500

RESISTENCIA A LA PENETRACION EN Kg.

127 mm (0.05")	2000	1225	810
254 mm (0.10")	3350	2040	1355
381 mm (0.15")	4125	2570	1725
508 mm (0.20")	4750	3050	2035
7.62 mm (0.30")	5250	3795	2610
10.16 mm (0.40")	5350	4485	3100
12.70 mm (0.50")	5325	4995	3575
VALOR RELATIVO DE SOPORTE CORREGIDO			

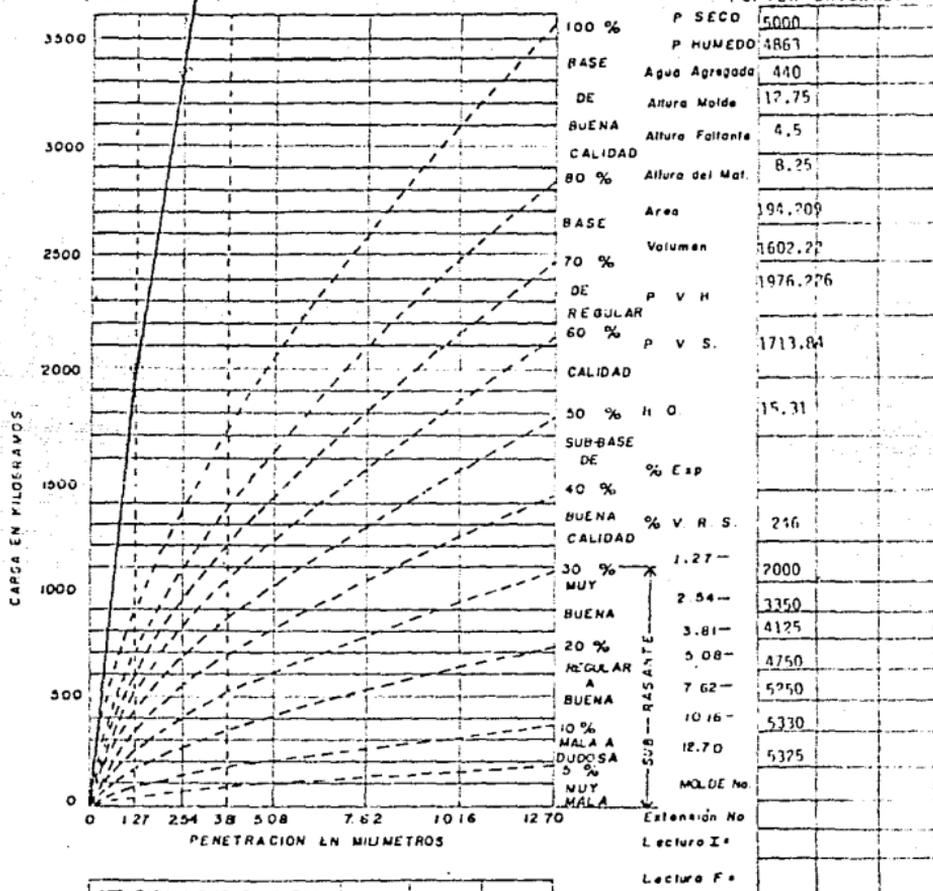


# PRUEBA DE VALOR RELATIVO DE SOPORTE



ENSAYE: Topografía-Arena OPERADOR: CELIA MARTINEZ RAYON.  
(Grado de compactación 100%)

FECHA: NOV / 1990.



a - TARA + SUELO HUMEDO	215.1	
b - TARA + SUELO SECO	195.7	
c - TARA	15.10	
d - CONTENIDO DE AGUA a-b	10.70	
e - SUELO SECO b-c	180.61	
f - % DE HUMEDAD d/e	10.73	

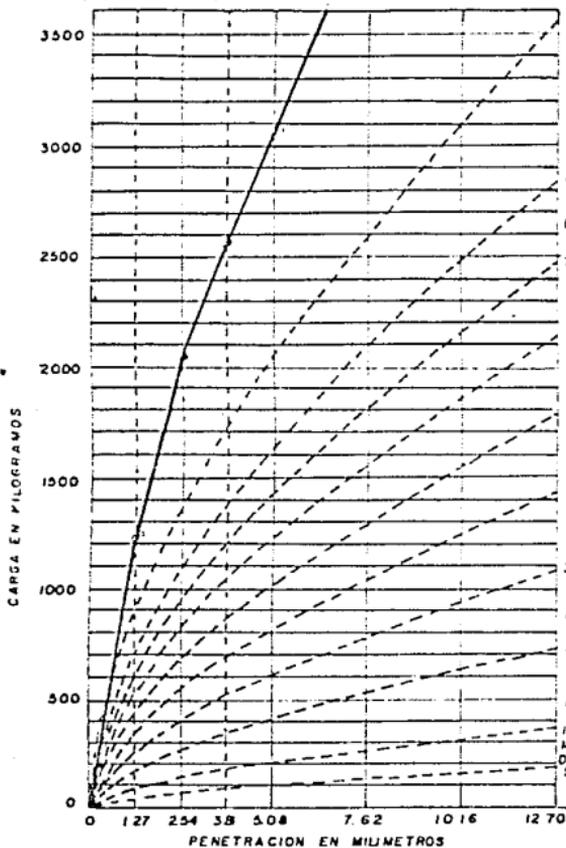


# PRUEBA DE VALOR RELATIVO DE SOPORTE



ENSAYE Tepetate - Arena OPERADOR CELIA MARTINEZ RAYON  
(Grado de compactación 95 %)

FECHA 30V / 1989.



PORTER SATURADA	
P SECO	5000
P HUMEDO	4680
Agua Agregada	564
DE Altura Molde	12.75
BUENA Altura Fallante	1.5
CALIDAD 80 % Altura del Mat.	8.25
BASE Area	191.309
70 % Volumen	4602.27
DE P V H.	1976.226
REGULAR 60 % P V S.	1628.15
CALIDAD 50 % H O	15.21
SUBBASE DE % Exp	
BUENA CALIDAD % V R S.	150
30 % MUY BUENA	1.27 - 1275
20 % REGULAR A BUENA	2.54 - 2010
10 % MALA A DUDOSA	3.81 - 2570
5 % MUY MALA	5.08 - 3050
	7.62 - 3795
	10.16 - 4405
	12.70 - 4995
	MOLDE No
	Estación No
	Lectura I =
	Lectura F =

a - TARA + SUELO HUMEDO	283.97
b - TARA + SUELO SECO	257.81
c - TARA	82.97
d - CONTENIDO DE AGUA a-b	5.16
e - SUELO SECO b-c	183.84
f - % DE HUMEDAD d/e	9.76

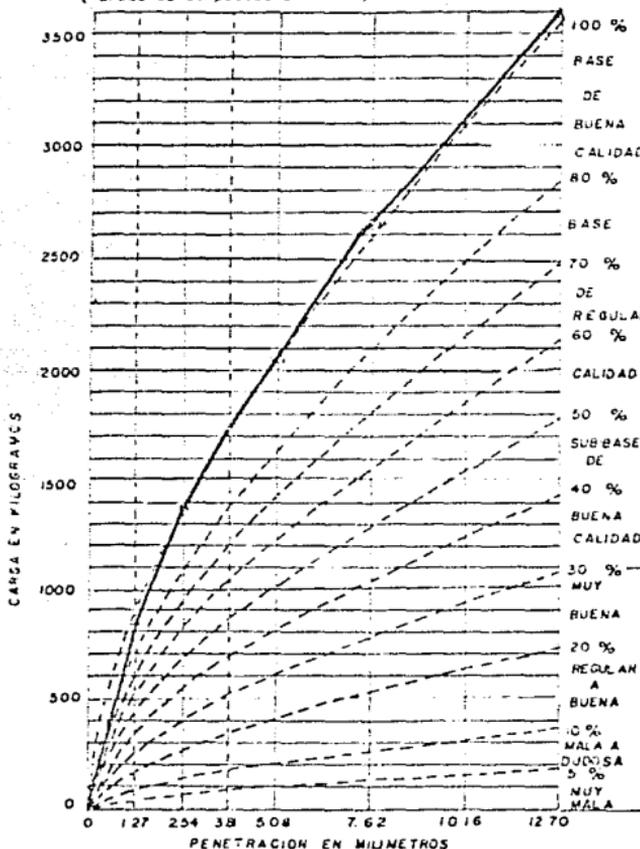


# PRUEBA DE VALOR RELATIVO DE SOPORTE



ENSAYE: Epoteate arena OPERADOR: CELIA MARTINEZ RAYON  
(Grado de compactación 90%)

FECHA: NOV/1999



PORTER SATURADA	
P SECO	5000
P HUMEDO	3190
Agua Agregada	691
Altura Molde	12.75
Altura Faltante	1.5
Altura del Mol	9.25
Area	194.209
Volumen	1607.37
P V H.	1976.126
P V S	1542.16
H O.	15.31
% Exp	
% V. R. S	99.63
1.27 -	995
2.54 -	1355
3.81 -	1725
5.08 -	2075
7.62 -	2610
10.16 -	3100
12.70	3575
Extensión No	
Lectura 1°	
Lectura 2°	

a - TARA + SUELO HUMEDO	283.97
b - TARA + SUELO SECO	264.97
c - TARA	83.97
d - CONTENIDO DE AGUA a-b	10.04
e - SUELO SECO b-c	180.96
f - % DE HUMEDAD d/e	5.55



PRUEBA MODIFICADA DE VALOR RELATIVO  
DE SOPORTE



ENSAYE No 2 FECHA NOV/ 1989. LABORATORISTA CELIA MARTINEZ RAYON. EQUIPO No \_\_\_\_\_  
 PESO (P<sub>1</sub>) DEL MOLDE COLLARIN Y BASE (gr) 2500 1500 VOLUMEN (V) DEL MOLDE (cm<sup>3</sup>) 2471.46  
 ALTURA ( ) DEL BORDE SUPERIOR DEL COLLARIN A LA PLACA DE CARGA (cm) 5.11

PESO VOLUMETRICO SECO MAXIMO (γ<sub>s</sub> Kg/cm<sup>3</sup>) 1713.84 HUMEDAD OPTIMA (w<sub>o</sub>) 15.31 %  
 HUMEDAD QUE CONTIENE EL MATERIAL (w) 9.89 % 12.25 % 10.33 %

GRADO DE COMPACTACION %	100	95	90
PESO VOLUMETRICO SECO (γ <sub>s</sub> = Kg/cm <sup>3</sup> )	2713.84	2628.15	2542.46
HUMEDAD DE PRUEBA (w <sub>2</sub> )	15.31	16.31	18.21
AGUA POR AGREGAR cm <sup>3</sup> $\frac{5000(w_2 - w_o)}{100 - w_o}$	270.585	226.12	398.27
PESO MAT. HUMEDO gr $P = \frac{\gamma_s (100 + w_2)}{100} V$	4883.262	4700.33	4510
PESO DEL EQUIPO CON EL MAT HUMEDO gr = P <sub>1</sub> + P <sub>w</sub>	7393.262	7200.33	6940.26
	50000	26800	18600

RESISTENCIA A LA PENETRACION EN Kg.

127 mm (0.05")	850	740	250
254 mm (0.10")	2050	1515	500
381 mm (0.15")	2825	2150	725
508 mm (0.20")	3475	2720	950
762 mm (0.30")	4670	3640	1330
1016 mm (0.40")	5505	4400	1700
1270 mm (0.50")		5060	2100

VALOR RELATIVO DE SOPORTE CORREGIDO \_\_\_\_\_

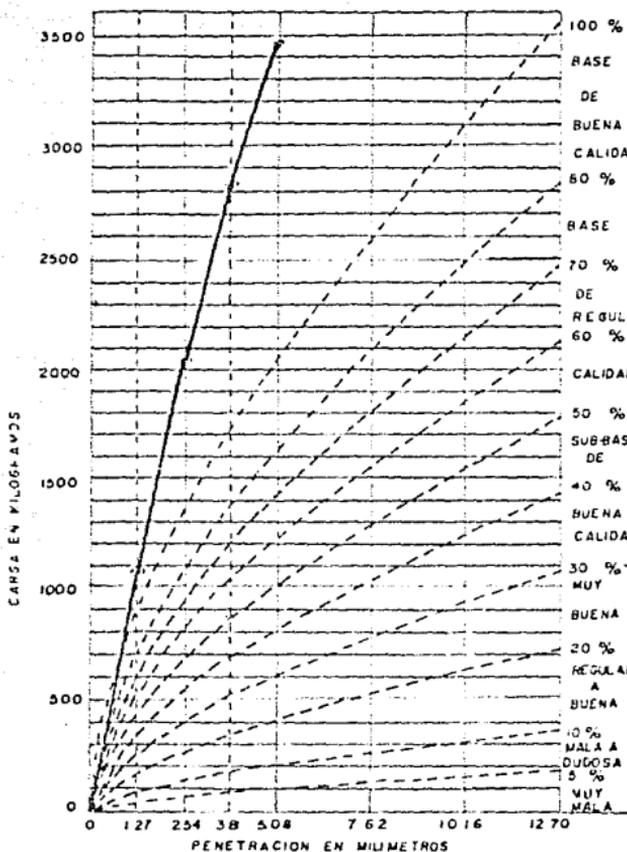


# PRUEBA DE VALOR RELATIVO DE SOPORTE



ENSAYE Japetata - Grupos OPERADOR: CENIA MARTINEZ RAYON  
(Grado de compactación 100%)

FECHA NOV 1988



## PORTER SATURADA

P SECO	5000
P HUMEDO	4893.76
Agua Agregada	270.585
Anura Molde	12.75 l
Altura Fallante	4.5
Altura del Mol	8.25
Area	194.209
Volumen	1602.22
P V H	1976.225
P V S	1713.84
H O	15.31
% Exp	
% V R S	150
1.27	1095
2.54	2050
3.81	2825
5.08	3675
7.62	4670
10.16	5505
12.70	
MOLDE No	
Extensión No	
Lectura I =	
Lectura F =	

a - TARA + SUELO HUMEDO	271.95
b - TARA + SUELO SECO	233.95
c - TARA	31.95
d - CONTENIDO DE AGUA a-b	18.00
e - SUELO SECO b-c	182.00
f - % DE HUMEDAD d/e	9.89



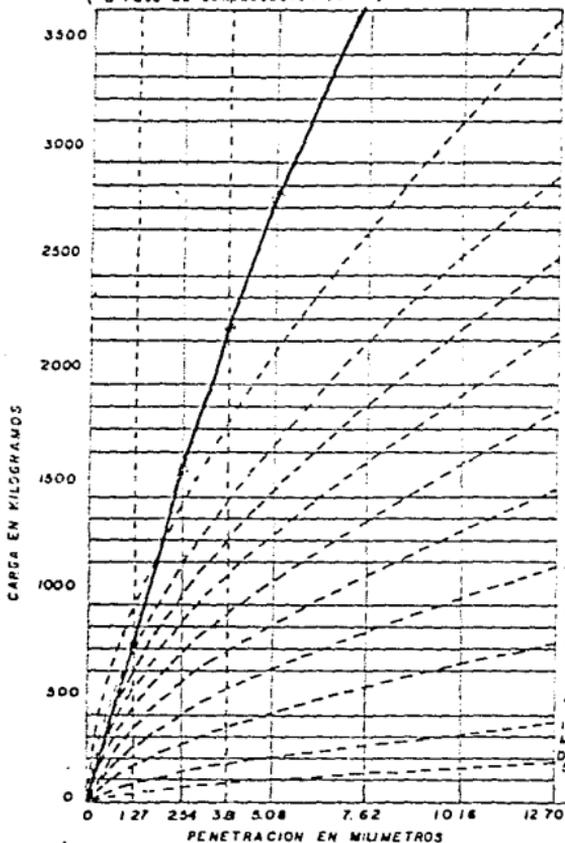
# PRUEBA DE VALOR RELATIVO DE SOPORTE



EN SAYE Tepehualtepec OAXA OPERADOR CELIA MARTINEZ RAYON.

FECHA NOV / 1999.

( Grado de compactación 95 % )



PORTER SATURADA		
100 %	P SECO	5000
	P HUMEDO	1700.33
BASE	Agua Agregada	226.12
DE	Altura Valde	12.75
BUENA	Altura Faltante	1.5
CALIDAD	Altura del Mat	8.25
80 %	Area	194.209
BASE	Volumen	1602.22
70 %		1976.226
DE	P V H	
REGULAR	P V S.	1628.15
60 %		
CALIDAD	M O	15.31
50 %		
SUBBASE	% Exp	
DE		
40 %		
BUENA	% V. R. S.	111
CALIDAD		
30 %	1.27-	740
MUY	2.54-	1515
BUENA	3.81-	2150
20 %	5.08-	2720
REGULAR	7.62-	3610
A	10.16-	4400
BUENA	12.70-	5060
10 %		
MALA A		
DUDOSA		
5 %		
MUY		
MALA		
	MOLDE No	
	Extensión No	
	Lectura I'	
	Lectura F'	

a - TARA + SUELO HUMEDO	283.97	
b - TARA + SUELO SECO	1252.09	
c - TARA	93.97	
d - CONTENIDO DE AGUA a-b	21.35	
e - SUELO SECO b-c	1178.12	
f - % DE HUMEDAD d/e	12.28	



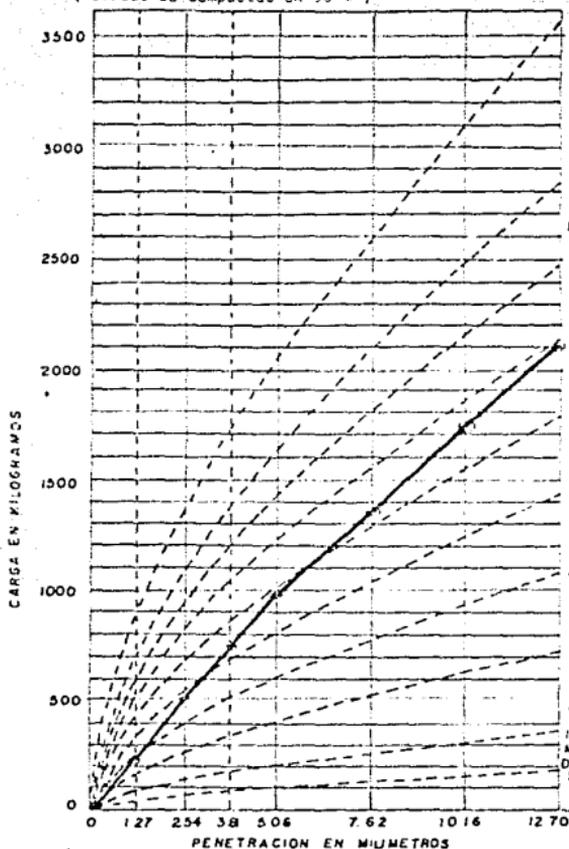
# PRUEBA DE VALOR RELATIVO DE SOPORTE



ENSAYE Tepetela Grava OPERADOR CELIA MARTINEZ RAYON

FECHA NOV / 1960

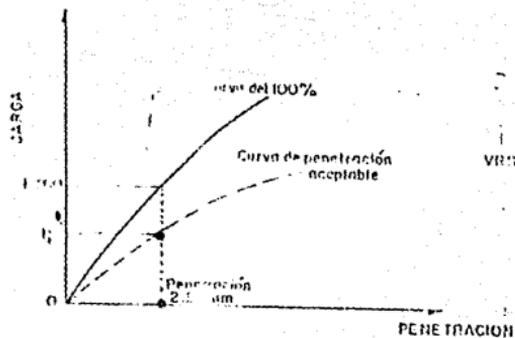
(3 rado de compactación 90 %)



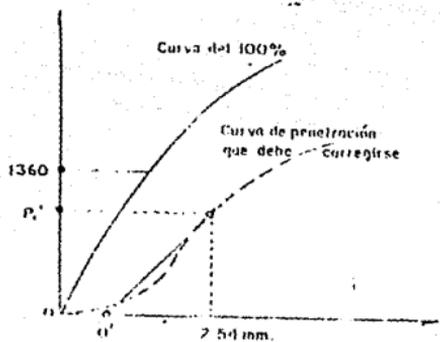
PORTER SATURADA	
P SECO	5000
P HUMEDO	5510
Agua Agregada	398.24
DE Anura Moide	12.75
BUENA Altura Faltante	4.5
80 % Altura del Mar	8.25
BASE Area	194.209
70 % Volumen	1607.22
DE P V H	1976.226
REGULAR P V S	1542.46
60 % CALIDAD H O	15.31
50 % SUBBASE DE % Exp	
40 % BUENA CALIDAD % V R S.	36.8
30 % MUY BUENA	1.27 - 250
20 % REGULAR A BUENA	2.54 - 500
10 % MALA A DUDOSA	3.81 - 725
5 % MUY MALA	5.08 - 950
0 %	7.62 - 1330
	10.16 - 1730
	12.70 - 2100
	MOLDE No
	Extensión No
	Lectura I =
	Lectura F =

a - TARA + SUELO HUMEDO	221.54	
b - TARA + SUELO SECO	222.04	
c - TARA	51.54	
d - CONTENIDO DE AGUA a-b	19.52	
e - SUELO SECO b-c	181.82	
f - % DE HUMEDAD d/e	10.33	

# CALCULO DEL VRS



$$VRS = \frac{P_1}{1360} \times 100$$



$$VRS = \frac{P_1'}{1360} \times 100$$

## VII.9 CONCLUSIONES.

Las causas más frecuentes de error en esta prueba son las siguientes:

Que la distribución del agua en el material no sea uniforme.

Que la carga de compactación no se aplique en la forma especificada.

Que para fines de estimación de la humedad óptima se considere como humedecimiento de la base del molde, un exceso de agua libre expulsada al aplicar la carga de compactación.

Que no se sustituya adecuadamente en la muestra del material retenido en la malla núm. 25.0.

Que se exceda el tiempo de escurrimiento del agua en el espécimen saturado.

Que la aplicación de la carga de penetración no se efectúe a la velocidad especificada.

Que la humedad y el peso del material que se utilicen en la prueba no sean los correctos.

## PRUEBA DEL CUERPO DE INGENIEROS PARA ENCONTRAR EL VRS DE PROYECTO

## VIII.1 INTRODUCCION.

La prueba se efectúa a los suelos que se emplean en la construcción de terracetas y consiste en elaborar especímenes utilizando la fracción del suelo que pasa la malla Núm. 19.0, compactándolos mediante impactos, con diferentes contenidos de agua y variando la energía de compactación, con objeto de cubrir los valores de peso específico y humedad que pueden presentarse en la obra. Dichos especímenes se someten normalmente a un período de saturación antes de efectuarles la determinación del valor relativo de soporte, obteniéndose como dato adicional la expansión producida durante la saturación. El resultado de estas determinaciones se utiliza tanto en el proyecto de espesores de pavimentos como en la determinación de las condiciones de compactación más favorables, o bien, para el estudio de materiales que por sus características y condiciones de uso especiales, requieran ser analizados con mayor detalle.

## VIII.2 OBJETIVO.

Obtener el valor relativo de soporte en especímenes compactados dinámicamente, basada en el método del Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos.

### VIII.3 EQUIPO.

El equipo y materiales necesarios para efectuar esta prueba son los siguientes:

Moldes cilíndricos de metal de ciento cincuenta y dos punto cuatro (152.4) milímetros de diámetro interior y ciento setenta y siete punto ocho (177.8) milímetros de altura, provistos de un collarín o extensión de cincuenta punto ocho (50.8) milímetros de altura, una placa de base con perforaciones. Tanto las placas de base como el collarín deberán fabricarse de tal manera que puedan fijarse en cualquier extremo del molde.

Disco espaciador metálico de ciento cincuenta punto ocho (150.8) milímetros de diámetro por sesenta y uno punto cuatro (61.4) milímetros de espesor.

Pisón de compactación del tipo de martillo deslizante, consistente en un (1) pie o base cilíndrica, de acero, de cincuenta punto ocho (50.8) milímetros de diámetro; gufa de acero de quince punto nueve (15.9) milímetros de diámetro, martillo deslizante con peso de cuatro mil quinientos treinta y seis (4536) gramos y empuñadura del pisón. La forma del pie del pisón y del martillo deslizante, deberán ser tales que permitan la aplicación de golpes en la superficie contigua a la pared interior del molde. La varilla deberá unirse al pie del pisón mediante un sistema amortiguador de resorte; el peso máximo del pisón compactador será de siete punto noventa y tres (7.93) kilogramos y la altura libre de caída para el martillo desli

zante deberá ser de cuatrocientos cincuenta y siete punto dos (457.2) milímetros.

Malla Núm. 19.0

Malla Núm. 4.75

Dispositivo de medición de expansión que consiste en una placa perforada con vástago ajustable, trípode y un extensómetro para medir la expansión del suelo con aproximación de cero punto cero un (0.01) milímetro.

Una (1) placa anular y dos (2) circulares seccionadas, con un peso de dos punto veintisiete (2.27) kilogramos cada una, diámetro exterior de ciento cuarenta y nueve punto dos (149.2) milímetros y diámetro interior de cincuenta y cuatro punto cero (54.0) milímetros. Estas placas se utilizarán como sobrecargas en la superficie del espécimen durante los períodos de saturación y penetración.

Pistón de penetración con diámetro de cuarenta y nueve punto cinco (49.5) milímetros y longitud de doscientos (200) milímetros.

Dispositivo de aplicación de cargas, consistente en una (1) máquina de pruebas de capacidad mínima de cuatro punto cinco (4.5) toneladas, con marco adaptado para sujetar el pistón de penetración y hacerlo penetrar en el espécimen a una velocidad uniforme de uno punto tres (1.3) milímetros por minuto.

Regla de acero biselada de treinta (30) centímetros de longitud.

Balanza con capacidad no menor de quince (15) kilogramos y aproximación de cinco (5) gramos.

Tanque de saturación.

Horno con control termostático para mantener una temperatura de ciento cinco más menos cinco grados centígrados ( $105 \pm 5^{\circ}\text{C}$ ).

Base cúbica de concreto con dimensiones mínimas de cuarenta (40) centímetros por lado, o un cuerpo con rigidez similar.

Cronómetro con aproximación de cero punto dos (0.2) segundos.

Papel filtro grueso.

Hojas de plástico delgado y resistente.

#### VIII.4 MATERIAL.

Arena - Tepetate

Arena - Arcilla

#### VIII.5 DESARROLLO.

La preparación de la muestra deberá efectuarse como se indica a continuación:

De una (1) muestra obtenida y preparada, se toma por cuarteo una porción de cien (100) kilogramos aproximadamente.

De la porción obtenida se separa mediante cribado el retenido en la malla Núm. 19.0 y se determina su peso; se desecha dicho retenido y se reemplaza con una fracción igual en peso, de material - que pasa la malla Núm. 19.0 y se retiene en la Núm. 4.75. Esta - fracción se obtendrá por cribado del material restante de la muestra original.

Se divide por cuarteo en doce (12) o quince (15) partes iguales la porción de cien (100) kilogramos, en la cual se han sustituido las partículas retenidas en la malla Nú. 19.0; cada una de estas partes constituye una muestra de prueba y con ellas se forman tres (3) grupos de cuatro (4) o cinco (5) muestras cada uno.

La prueba se efectúa en la forma siguiente:

Se toma un primer grupo de muestras y se procede con éste como se indica a continuación:

Se ajusta la humedad en las diferentes muestras de prueba en tal forma que sus contenidos de agua se incrementen de una a otra muestra en dos por ciento (2%) aproximadamente, con respecto al peso - del material húmedo; para obtener esta relación de incrementos se adicionará agua, o disminuirá ésta mediante secado, pero no se harán estas dos (2) operaciones en una misma muestra y en ningún caso se secarán totalmente. Los contenidos de agua en las muestras de es

te grupo deberán elegirse en tal forma que cuando menos con dos (2) tengan humedad inferior a la óptima y dos (2) superior a ésta. La humedad óptima aproximada será usualmente la humedad mínima para que el material presente una consistencia tal que al ser comprimido en la palma de la mano, no se humedezca y que a la vez, pueda formar grumos. Una vez adicionada la cantidad de agua requerida se mezcla completamente cada muestra de prueba, y se cubre con una lona humedecida para evitar pérdidas por evaporación. En el caso de suelos arcillosos seña necesario dejar en reposo el material húmedo durante cierto tiempo, cubierto con una lona humedecida para que el agua penetre adecuadamente en el material.

Se coloca el disco espaciador sobre la placa de base y se arma el molde, poniendo además una hoja de papel filtro en la parte superior del disco, quedando éste con la perforación hacia abajo.

Se toma una de las muestras de prueba y se le determina su humedad  $w$ , anotando su valor en la hoja de registro; a continuación se divide la muestra en cinco (5) partes aproximadamente iguales, se coloca una de ellas en el cilindro de prueba apoyado sobre la base de concreto y se compacta con el pisón dándole cincuenta y seis (56) golpes, manteniendo constante la altura de cada y repitiendo uniformemente los golpes en la superficie de la capa. Se repite la operación con cada una de las cuatro (4) porciones restantes de la muestra, para formar el espécimen de prueba.

Terminada la compactación se remueve el collarín y se verifica que el material no sobresalga del molde más de uno punto cinco (1.5) centímetros, de no ser así, la prueba deberá repetirse tomando una nueva muestra de material, corrigiendo el peso de la misma. Se enrasa el espécimen con la regla metálica depositando en una charola el material excedente y se rellenan con material excedente y se rellenan con material fino las uquedades resultantes.

A continuación se retira el molde de la placa de base, se extrae el disco espaciador y se pesa el molde con el suelo compactado, anotando en la hoja de registro su valor  $W_i$ , en gramos.

Se coloca el papel filtro en la placa de base, se invierte el cilindro con el espécimen de tal manera que su fondo sea ahora la parte superior y se fija de nuevo en la placa de base; a continuación se coloca sobre el espécimen un papel filtro, la placa perforada y las placas de carga necesarias para producir sobre el espécimen una sobrecarga igual a la del pavimento más menos dos punto veinticinco ( $\pm 2.25$ ) kilogramos de peso, pero no menor de cuatro punto cincuenta (4.50) kilogramos; en seguida se introduce al tanque de saturación durante noventa y seis (96) horas el molde que contiene el espécimen, colocándolo sobre bloques pequeños para permitir el libre acceso de agua por la parte inferior y de manera que quede cubierto con el agua, con un tirante aproximado de dos (2) centímetros sobre el borde superior del molde.

Se repite en las muestras de prueba restantes del grupo seleccionado, el procedimiento.

A continuación se dejan saturar los especímenes y se les determina su expansión.

Transcurrido el período de saturación y determinada la expansión - de cada espécimen, se efectúa la penetración, excepto que el período de escurrimiento de los especímenes deberá ser de quince (15) minutos.

Terminada la penetración de cada espécimen, se retira el molde del dispositivo de carga, se renuevan las placas de carga, se desmonta la base, se saca el espécimen del molde y se le determina su humedad en los dos punto cinco (2.5) centímetros de la parte superior, anotando su valor en la hoja de registro.

Se le efectúa a los dos (2) grupos de muestras restantes, excepto que los especímenes del segundo grupo se compactarán con veintiséis (26) golpes por capa y los del tercero con doce (12) golpes por capa.

En el caso de suelos francamente arenosos, solamente se utilizará un grupo de muestras de prueba y se elaborarán los especímenes mediante compactación con cincuenta y seis (56) golpes, con humedad de moldeo semejantes a las que se espera se presentarán en la obra.

En esta prueba se calcula y se reporta lo siguiente:

Se calcula el peso específico del material seco de cada espécimen, antes de su saturación y se construye la gráfica peso específico

seco-humedad. Se dibujará una curva para cada energía de compactación.

Se calcula el valor relativo de soporte de cada espécimen, así como su expansión y se construye la gráfica valor relativo de soporte-humedad, dibujando en un sistema de ejes coordenados los puntos correspondientes a cada espécimen, tomando como coordenada el valor relativo de soporte y como abscisa la humedad de compactación respectiva. Se unen a continuación dichos puntos con una curva para cada energía de compactación.

A partir de las curvas peso volumétrico seco-humedad y del valor relativo de soporte-humedad, se trazan las curvas de valor relativo de soporte-peso específico seco, para diferentes humedades de compactación, se dibujan los puntos correspondientes a una humedad determinada, ubicándolos con el valor relativo de soporte en el eje de las ordenadas y el peso específico seco respectivo en el eje de las abscisas, se unen dichos puntos y se dibuja la curva correspondiente a la humedad mencionada. En forma similar se dibujan otras curvas que cubran el intervalo de humedades que se tengan en la obra o bien, el que se requiera para fines de estudio.

Se reporta el peso específico seco, el porcentaje de humedad después de la saturación y el porcentaje de expansión de cada espécimen, acompañando el reporte con las gráficas, peso específico seco-humedad y valor relativo de soporte-peso específico seco.

Estas gráficas y valores tiene diferentes aplicaciones, como pueden ser la elección del valor relativo de soporte de diseño para un material dado y la determinación del intervalo de pesos específicos y de humdades correspondientes para la compactación del material en la obra. Para lo anterior se procederá como se indica a continuación:

La elección del valor relativo de soporte de diseño debe basarse en el peso específico y la humedad de compactación que anticipadamente puedan fijarse en la obra. Supóngase por ejemplo que se tiene un suelo arcilloso, y que el contenido de agua que puede obtenerse en la obra varia entre trece y dieciséis por ciento (13 - 16%), y que tiene pesos específicos del material en estado seco que varían entre mil ochocientos cinco (1805) y mil novecientos (1900) kilogramos por metro cúbico, correspondiendo el primero al noventa y cinco por ciento (95%) de compactación y el segundo al cien por ciento (100%). En este caso, podría indicar que en la obra después de que las condiciones de humedad se hayan regularizado se tendría una variación del valor relativo de soporte entre once por ciento (11%) para un peso específico de mil ochocientos cinco (1805) kilogramos por metro cúbico y trece por ciento (13%) de humedad, y veintiseis por ciento (26%) para un peso específico de mil novecientos (1900) kilogramos por metro cúbico y quince por ciento (15%) de humedad. Para estas condiciones el valor relativo de soporte de diseño podría seleccionarse cercano al valor de doce por ciento (12%).

Debe llevarse un control estrecho de la humedad entre los límites

establecidos de trece a dieciséis por ciento (13 a 16%) debido a que los valores relativos de soporte se abaten notablemente si el contenido de agua durante la compactación se incrementa arriba del límite máximo del intervalo establecido. Si el contenido de agua aumenta dos por ciento (2%), es decir pasa de quince a diecisiete por ciento (15 a 17%), correspondiendo esta última a noventa y cinco por ciento (95%) de compactación, la gráfica indica que el valor relativo de soporte decrece de veintiséis (26) a ocho (8). Otro incremento de uno por ciento (1%) para el mismo grado de compactación podría dar como resultado un valor relativo de soporte igual a tres (3). Así como se hizo esta gráfica se puede construir otra que relacione la expansión, la humedad y la energía de compactación, estructurándola en forma similar, dependiendo de la aplicación que se le quiera dar.







VIII.7 CALCULOS

## PRUEBA DEL CUERPO DE INGENIEROS

ESTUDIO POR REALIZAR ARMILLA  
LOCALIZACION ENE ARAGON  
CALCULO CELIA MARTINEZ BAYONENSAYE No. 1FECHA INICIO 21/6/99  
FECHA TERMINO

No GOLFES/CAPA	12	PESO PISON (kg)	4.5	VOLUMEN (cm)	3230					
<b>MOLDE</b>	<b>NO</b>	<b>10</b>	<b>12</b>	<b>15</b>	<b>16</b>			<b>24</b>		
PESO MOLDE + SUELO HUMEDO	gr	7900	8190	8263	8116			7970		
PESO MOLDE	gr	4225	4225	4285	4245			4105		
PESO DE SUELO HUMEDO	gr	2674	3965	3978	3871			3865		
PESO ESPECIFICO HUMEDO	Kg/m <sup>3</sup>	1139	1228	1222	1198			1197		
CAPSULA No		13	147	30	21			70		
PESO CAPSULA + SUELO HUMEDO	gr	197.88	180.68	185.15	165.81			152.12		
PESO CAPSULA + SUELO SECO	gr	165.70	159.15	149.19	135.65			125.80		
PESO CAPSULA	gr	59.10	59.35	52.00	62.09			61.60		
PESO SUELO SECO	gr	107.60	99.80	97.19	73.56			61.20		
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	30	35	37	41			43		
PESO ESPECIFICO SECO	Kg/m <sup>3</sup>	976.2	999.4	999.3	929.6			937.1		
PESO DEL AGUA	gr	32.28	31.53	35.96	30.16			26.32		
PENETRACION SIN SATURAR	CARGA		CARGA		CARGA		CARGA		CARGA	
	ANILLO	Kg	ANILLO	Kg	ANILLO	Kg	ANILLO	Kg	ANILLO	Kg
127 mm	0.05"	15	30	60	33			16		
254 mm	0.10"	18	34	82	38			19		
381 mm	0.15"	23	79	90	63			22		
508 mm	0.20"	28	45	98	47			26		
762 mm	0.30"	33	54	106	53			29		
1016 mm	0.40"	37	60	110	50			33		
1270 mm	0.50"	42	67	113	63			35		
V. R. S CORREGIDO SIN SATURAR		1.3 %	2.5 %	6 %	2.8 %			1.4 %		
PENETRACION SATURADA	CARGA		CARGA		CARGA		CARGA		CARGA	
	ANILLO	Kg	ANILLO	Kg	ANILLO	Kg	ANILLO	Kg	ANILLO	Kg
127 mm	0.05"									
254 mm	0.10"									
381 mm	0.15"									
581 mm	0.20"									
762 mm	0.30"									
1016 mm	0.40"									
1270 mm	0.50"									
V. R. S CORREGIDO SATURADO										
<b>EXPANSION</b>										
LECTURA FINAL	mm									
LECTURA INICIAL	mm									
DIFERENCIA	mm									
ALTURA DE LA MUESTRA	mm									
% DE EXPANSION										
<b>ABSORCION</b>										
PESO HUMEDO (w <sub>m</sub> )	gr									
PESO SECO (w <sub>s</sub> )	gr									
AGUA ABSORBIDA (w <sub>m</sub> - w <sub>s</sub> )	gr									
% ABSORCION	$\frac{w_m - w_s}{w_s} \times 100$									



# PRUEBA DEL CUERPO DE INGENIEROS



ESTUDIO POR REALIZAR ARCILLA  
 LOCALIZACION ENFO "ARAGON"  
 CALCULO CECILIA MARTINEZ RAYON

ENSAYE No. 1

FECHA INICIO 01/09/90  
 FECHA TERMINO \_\_\_\_\_

No GOLFES/CAPA <sup>20</sup>		PESO PIGON # 2		1 5		VOLUMEN (cm)		3230		
MOLDE	NO	18	21	8	19	25				
PESO MOLDE + SUELO HUMEDO	gr	8166	8161	9785	9286	8265				
PESO MOLDE	gr	4625	4245	5615	5230	1020				
PESO DE SUELO HUMEDO	gr	3541	3916	4170	4056	3245				
PESO ESPECIFICO HUMEDO	Kg/m <sup>3</sup>	1193	1269	1291	1266	1217				
CAPSULA No		30	RR	55	74	3				
PESO CAPSULA + SUELO HUMEDO	gr	252.38	176.32	207.08	187.70	200.22				
PESO CAPSULA + SUELO SECO	gr	207.55	127.02	170.03	137.37	150.02				
PESO CAPSULA	gr	59.10	56.59	52.13	55.39	59.59				
PESO SUELO SECO	gr	139.45	90.43	127.90	92.98	100.44				
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	30	37.5	34	39	31				
PESO ESPECIFICO SECO	Kg/m <sup>3</sup>	910	957	963.4	910	877.7				
PESO DEL AGUA	gr	41.93	29.40	37.05	35.32	41.20				
PENETRACION SIN SATURAR	CARGA		CARGA		CARGA		CARGA		CARGA	
			ANILLO	Kg	ANILLO	Kg	ANILLO	Kg	ANILLO	Kg
	127 mm	0.05"	16	29	119	33	24	17		
	254 mm	0.10"	21	31	136	49	23			
	381 mm	0.15"	25	35	141	53	26			
	508 mm	0.20"	29	50	146	67	29			
	762 mm	0.30"	32	54	157	67	32			
	1016 mm	0.40"	35	57	160	66	36			
	1270 mm	0.50"	37	66	164	71	39			
	V R S CORREGIDO SIN SATURAR		1.5 %	3 %	10 %	3.4 %	1.6 %			
PENETRACION SATURADA	CARGA		CARGA		CARGA		CARGA		CARGA	
			ANILLO	Kg	ANILLO	Kg	ANILLO	Kg	ANILLO	Kg
	127 mm	0.05"								
	254 mm	0.10"								
	381 mm	0.15"								
	508 mm	0.20"								
	762 mm	0.30"								
	1016 mm	0.40"								
	1270 mm	0.50"								
	V R S CORREGIDO SATURADO									
<b>EXPANSION</b>										
LECTURA FINAL	mm									
LECTURA INICIAL	mm									
DIFERENCIA	mm									
ALTURA DE LA MUESTRA	mm									
% DE EXPANSION										
<b>ABSORCION</b>										
PESO HUMEDO (Wm)	gr									
PESO SECO (Ws)	gr									
AGUA ABSORBIDA (Wm - Ws)	gr									
% ABSORCION	$\frac{Wm - Ws}{Ws} \times 100$									



# PRUEBA DEL CUERPO DE INGENIEROS



ESTUDIO POR REALIZAR ARCILLA  
 LOCALIZACION ENEP - ARAGON  
 CALCULO CELA MARTINEZ RAYON

ENSAYE No. 1 FECHA INICIO 01/90  
 FECHA TERMINO \_\_\_\_\_

No GOLPES /CAPA	50	PESO PISON (Kg)	4.5	VOLUMEN (cm <sup>3</sup> )				7270
<b>MOLDE</b>	<b>No</b>	<b>12</b>	<b>10</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>24</b>		
PESO MOLDE + SUELO HUMEDO	gr	9172	8419	9570	8419	9175		
PESO MOLDE	gr	1205	1225	1200	1215	1105		
PESO DE SUELO HUMEDO	gr	3917	3194	8250	4704	1070		
PESO ESPECIFICO HUMEDO	Kg/m <sup>3</sup>	1222	1200	1316	1307	1260		
CAPSULA No		79	10	55	12	5		
PESO CAPSULA + SUELO HUMEDO	gr	185.65	257.46	199.35	156.60	113.94		
PESO CAPSULA + SUELO SECO	gr	155.64	217.29	165.81	128.75	269.62		
PESO CAPSULA	gr	55.60	93.70	67.20	49.80	60.35		
PESO SUELO SECO	gr	100.04	123.59	95.72	102.30	100.80		
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	30	32.5	35	37	40		
PESO ESPECIFICO SECO	Kg/m <sup>3</sup>	910	980	987.1	950.4	900		
PESO DEL AGUA	gr	30.01	40.17	32.54	37.95	44.32		
<b>PENETRACION SIN SATURAR</b>	<b>CARGA</b>	<b>CARGA</b>	<b>CARGA</b>	<b>CARGA</b>	<b>CARGA</b>	<b>CARGA</b>		
	ANILLO	Kg	ANILLO	Kg	ANILLO	Kg	ANILLO	Kg
127 mm (0.05")		19	54	107	29	19		
254 mm 0.10"		31	65	204	52	27		
381 mm 0.15"		32	74	211	60	31		
508 mm 0.20"		38	88	218	67	39		
762 mm 0.30"		44	108	225	75	41		
1016 mm 0.40"		51	116		81	49		
1270 mm 0.50"		57	130		96	51		
<b>V R 5 CORREGIDO SIN SATURAR</b>	<b>1.76 %</b>	<b>1.78 %</b>	<b>15 %</b>	<b>3.9 %</b>	<b>2 %</b>			
<b>PENETRACION SATURADA</b>	<b>CARGA</b>	<b>CARGA</b>	<b>CARGA</b>	<b>CARGA</b>	<b>CARGA</b>	<b>CARGA</b>		
	ANILLO	Kg	ANILLO	Kg	ANILLO	Kg	ANILLO	Kg
127 mm 0.05"								
254 mm 0.10"								
381 mm 0.15"								
508 mm 0.20"								
762 mm 0.30"								
1016 mm 0.40"								
1270 mm 0.50"								
<b>V R 5 CORREGIDO SATURADO</b>								
<b>EXPANSION</b>								
LECTURA FINAL	mm							
LECTURA INICIAL	mm							
DIFERENCIA	mm							
ALURA DE LA MUESTRA	mm							
% DE EXPANSION								
<b>ABSORCION</b>								
PESO HUMEDO (w <sub>1</sub> )	gr							
PESO SECO (w <sub>2</sub> )	gr							
AGUA ABSORBIDA (w <sub>1</sub> - w <sub>2</sub> )	w <sub>2</sub> gr							
% ABSORCION	$\frac{w_1 - w_2}{w_2} \times 100$							

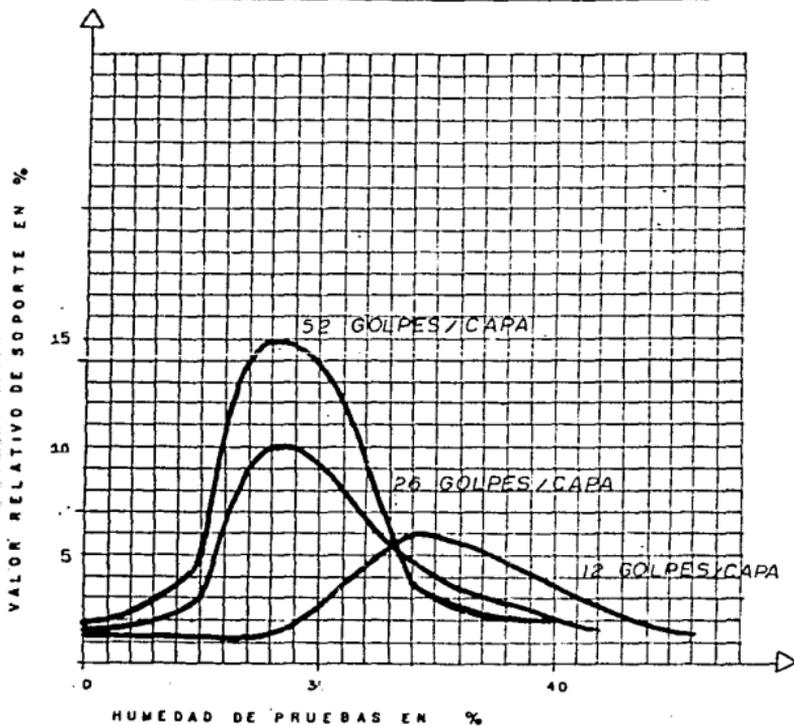


## GRAFICA (CUERPO DE INGENIEROS)

ESTUDIO POR EFECTUAR OBTEN. VRS. DE PROYENSAYE N° 1

LOCALIZACION ENEP " ARAGON " FECHA DE INICIACION DIC/ 90

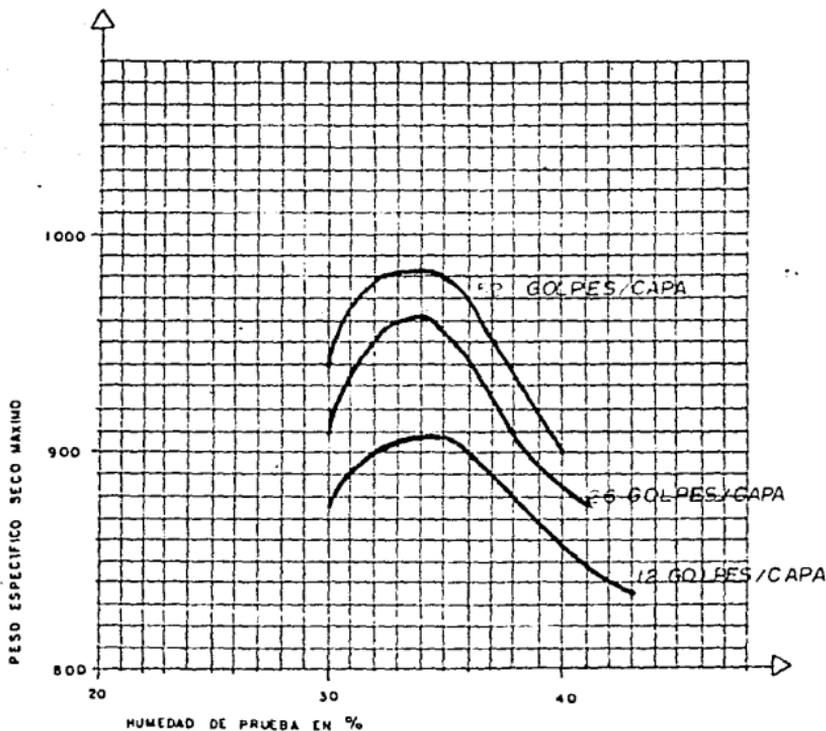
CALCULO CELIA MARTINEZ RAYON. FECHA DE TERMINACION





## GRAFICA (CUERPO DE INGENIEROS)

ESTUDIO POR EFECTUAR VPS DE PROVEC. ENSAYE No. 1  
LOCALIZACION E. N. E. P. ARAGON FECHA DE INICIACION DIC/90  
CALCULO CELIA MARTINEZ RAYON FECHA DE TERMINACION \_\_\_\_\_



#### VIII.B CONCLUSIONES.

Al efectuarse esta prueba deben tenerse en cuenta las siguientes precauciones:

No emplear material que haya sido sometido a algún procedimiento de compactación de laboratorio.

Las capas que se compactan para elaborar el espécimen deberán ser prácticamente iguales, para asegurar la uniformidad en la compactación.

Que durante la compactación los golpes del pisón se repartan uniformemente en toda la superficie del espécimen, manteniendo la gufa en posición vertical, asegurándose que la caída del martillo sea libre y que la superficie del pisón se mantenga limpia.

## CAPITULO IX

### PRUEBA DE COMPRESION SIMPLE PARA OBTENER OPTIMOS DE ASFALTO.

#### IX.1 INTRODUCCION.

La proporción de asfalto que es necesario agregar para aglutinar el material pétreo que formará una carpeta de rodamiento, es función de las características físicas del agregado, de su graduación y del tipo de producto asfáltico que va a ser empleado. El agregado de pososidad y la superficie de las partículas del material pétreo, son los factores que mayor influencia tienen para fijar el porcentaje de asfalto necesario para formar una película de determinado espesor que deberá cubrir las partículas de agregado pétreo. El contenido de asfalto que se considera como óptimo es aquel que produce la mejor combinación de resistencia estructural y durabilidad en la carpeta. Esta última es función directa, dentro de los límites prácticos, del espesor de la película asfáltica que cubre las partículas de agregado; es decir, que a mayor espesor de la película, corresponde una mayor resistencia al intemperismo y a la abrasión producida por los vehículos. Por lo que respecta a la resistencia estructural, podemos considerar que para un mismo agregado pétreo, al ir aumentando el espesor de la película asfáltica, encontramos tres (3) condiciones:

- A) El asfalto actúa como ligante y, dentro de esta condición, se presenta la máxima resistencia estructural, pero durabilidad mínima.

En la elaboración de las mezclas asfálticas para cualquier procedimiento de prueba que vaya a ser seguido, se recomienda - tratar de reproducir en el laboratorio las condiciones del campo, empleando el mismo tipo de producto asfáltico, que deberá ser calentado hasta la temperatura recomendada de aplicación, llevando el material pétreo a la temperatura que se tendrá en la planta mezcladora o a cuarenta grados Celsius (40°C), si se va hacer mezcla en el lugar. Se recomienda elaborar las mezclas de prueba con muestras representativas del material pétreo, con contenido de asfalto que varien en medio por ciento (0.5%) cada uno, tomando como base el por ciento calculado por alguno de los dos (2) procedimientos que se mencionan anteriormente. Para asegurar la misma graduación del agregado pétreo en todos los especímenes, deberá cribarse en seco una muestra de material a través de las mallas de la denominación de doce punto siete (12.7) milímetros (1/2"), seis punto treinta y cinco (6.35) milímetros (1/4"), Núm. 10 y Núm. 40, para obtener muestras de material de diferentes tamaños, de las cuales se tomarán las cantidades correspondientes, de acuerdo con la granulometría proyectada del material pétreo, para combinarlas y formar cada uno (1) de los especímenes de prueba. En esta forma se disminuirán considerablemente las discrepancias en los resultados, ocasionadas por variaciones en la composición granulométrica. La adición del producto asfáltico deberá hacerse por incrementos, manipulando con una cuchara de albañil en forma de conseguir una distribución uniforme, presionando los grupos de asfalto y agregado fino. Para mantener sensiblemente - constante la temperatura durante el mezclado, deberá colocarse

En la elaboración de las mezclas asfálticas para cualquier procedimiento de prueba que vaya a ser seguido, se recomienda - tratar de reproducir en el laboratorio las condiciones del campo, empleando el mismo tipo de producto asfáltico, que deberá ser calentado hasta la temperatura recomendada de aplicación, llevando el material pétreo a la temperatura que se tendrá en la planta mezcladora o a cuarenta grados Celsius (40°C), si se va hacer mezcla en el lugar. Se recomienda elaborar las mezclas de prueba con muestras representativas del material pétreo, con contenido de asfalto que varien en medio por ciento (0.5%) cada uno, tomando como base el por ciento calculado por alguno de los dos (2) procedimientos que se mencionan anteriormente. Para asegurar la misma graduación del agregado pétreo en todos los especímenes, deberá cribarse en seco una muestra de material a través de las mallas de la denominación de doce punto siete (12.7) milímetros (1/2"), seis punto treinta y cinco (6.35) milímetros (1/4"), Núm. 10 y Núm. 40, para obtener muestras de material de diferentes tamaños, de las cuales se - tomarán las cantidades correspondientes, de acuerdo con la granulometría proyectada del material pétreo, para combinarlas y formar cada uno (1) de los especímenes de prueba. En esta forma se disminuirán considerablemente las discrepancias en los - resultados, ocasionadas por variaciones en la composición granulométrica. La adición del producto asfáltico deberá hacerse por incrementos, manipulando con una cuchara de albañil en forma de conseguir una distribución uniforme, prestando los grupos de asfalto y agregado fino. Para mantener sensiblemente - constante la temperatura durante el mezclado, deberá colocarse

la charola con mezcla asfáltica en una parrilla eléctrica o cualquier otra fuente de calor adecuada, debiendo cuidarse de no sobrepasar la temperatura de aplicación del producto asfáltico empleado, ni de tener temperaturas inferiores a cuarenta grados Celsius (40°C). En el caso de asfaltos rebajados, la operación de mezclado deberá continuarse en las charolas el tiempo necesario para que pierda el producto asfáltico parte de sus solventes volátiles y se alcance la consistencia más adecuada para la elaboración de los especímenes, siguiendo el método de compactación particular de cada una de las pruebas.

#### 1x.2 OBJETIVO.

Determinar el contenido óptimo de asfalto mediante la prueba de Compresión sin confinar.

#### 1x.3 EQUIPO.

El equipo de prueba será:

Un molde metálico de diez punto dos (10.2) centímetros (4") de diámetro interior y diecisiete punto siete (17.7) centímetros (7") de altura, provisto de una base metálica removible, y una placa circular para compactar, de diámetro ligeramente menor que el diámetro interior del cilindro, que pueda sujetarse a la cabeza de aplicación de la carga. Este molde se utiliza cuando el tamaño máximo del agregado es menor de nueve punto

cinco (9.5) milímetros (3/8").

Un molde metálico de doce punto siete (12.7) centímetros (5") de diámetro interior y veintiuno punto cinco (21.5) centímetros (8.5") de altura, provisto de una base metálica removible y de una placa circular para la compactación, con diámetro ligeramente menor que el diámetro interior del cilindro, que se pueda sujetar a la cabeza de aplicación de la carga. Este molde se emplea cuando el tamaño máximo del agregado es mayor de nueve punto cinco (9.5) milímetros (3/8").

Una máquina de compresión con dispositivos para hacer lecturas a cada diez (10) kilogramos.

Una varilla metálica de uno punto nueve (1.9) centímetros de longitud, con punta de bala, para el picado del material en el molde.

Un pisón metálico de dos punto cinco (2.5) kilogramos de peso, con superficie circular de apisonado de cinco punto cero ocho (5.08) centímetros (2") de diámetro, provisto de una gufa tubular de lámina de treinta y cinco (35) centímetros de longitud. Una cuchara de albanil.

Charolas de lámina.

Una balanza de diez (10) kilogramos de capacidad con aproximación de un (1) gramos.

Un horno con temperatura controlable.

Un termómetro con variación de diez grados Celsius a ciento cincuenta grados Celsius (10°C a 150°C).

Vasos de precipitado.

#### IX.4 MATERIAL.

Grava:

Rebajado Asfáltico: Fraguado Rápido (FR-3)

#### IX.5 DESARROLLO.

El procedimiento de prueba comprende los siguientes pasos:

La elaboración de la mezcla, es como sigue: fijada la granulometría de la mezcla asfáltica, se determinará el porcentaje en peso de los siguientes tamaños en que ha sido separado previamente el material pétreo.

Material retenido en malla de doce punto siete (12.7) milímetros (1/2").

Material retenido en malla de seis punto treinta y cinco (6.35) milímetros y que pasa malla de doce punto siete (12.7) milímetros (1/2").

Material retenido en malla Núm. 10 y que pasa por malla de seis

punto treinta y cinco (6.35) milímetros (1/4").

Material retenido en la malla Núm. 40 y que pasa la malla Núm. 10.

Material que pasa la malla Núm. 40.

Si el tamaño máximo del agregado es mayor de nueve punto cinco (9.5) milímetros (3/8"), se requerirán cuatro (4) kilogramos - de material pétreo para elaborar cada uno (1) de los seis (6) - especímenes de prueba. Se tomará de cada uno de los tamaños men cionados la cantidad de muestra que resulte de multiplicar el - porcentaje en peso de cada fracción por el peso total de la mues trá (cuatro (4) kilogramos). Las fracciones ya pesadas se mezcla rán previamente a la adición del producto asfáltico.

Para mezclas con tamaño máximo igual o menor de nueve punto cinco (9.5) milímetros (3/8") se procederá en forma semejante, de biendo ser de dos (2) kilogramos la cantidad total del agregado pétreo para cada espécimen. La cantidad de producto asfáltico - que deberá agregarse a cada una (1) de las seis (6) muestras, se calculará sobre la base del contenido mínimo de asfalto (expres ado como cemento asfáltico). Estas cantidades de producto asfálti co, deberán corresponder a los siguientes contenidos de cemento - asfáltico, expresados como porcentajes del peso del material pé - treo:

Contenido calculado - 0.5%

Contenido calculado neto

Contenido calculado + 0.5%

Contenido calculado + 1.0%

Contenido calculado + 1.5%

Contenido calculado + 2.0%

A cada una (1) de las muestras de material pétreo se incorporará la cantidad calculada de producto asfáltico, más un pequeño exceso correspondiente al producto que quede adherido a la charola, que puede llegar a ser de medio por ciento (0.5%) de producto. Terminadas estas operaciones, se colocará una tarjeta de identificación que indique el porcentaje de asfalto que corresponde a cada muestra, y se determinará prácticamente dicho porcentaje - por cualquiera de los procedimientos indicados.

La compactación de los especímenes que se llevará a cabo por cualquiera de estos dos (2) procedimientos: con carga estática o por medio de impactos. Se considera que difícilmente puede reproducirse en el laboratorio las condiciones de compactación que se tiene en la obra, por tener el material menor libertad de acomodo al confinarse en un cilindro para su compactación. Este defecto queda contrarrestado al compactar con el mismo sistema todos los especímenes de un mismo material. En términos generales puede decirse que la compactación con carga estática no es adecuada para materiales angulosos de difícil acomodo, para los cuales se recomienda la compactación por impactos. Para decidir cuál método es el que debe ser utilizado, deberán compactarse - por ambos procedimientos dos (2) muestras elaboradas con el contenido de asfalto calculado, y elegir aquel que dé especímenes con mayor peso volumétrico y menor número de partículas fracturadas.

Si la compactación de los especímenes es con carga estática, in-

mediatamente después de terminada la mezcla, se procederá a su compactación utilizando el molde que le corresponda, de acuerdo con el tamaño máximo del agregado. Se colocará el material en el molde, previamente calentado, en tres (3) capas de igual espesor, dando a cada capa un picado de veinticinco (25) golpes de la varilla para facilitar el acomodo del material. En seguida, se procederá a aplicar con la máquina de compresión una carga que corresponda a la presión de cuarenta (40) kilogramos por centímetro cuadrado, o sean tres mil doscientos (3,200) kilogramos de carga total para los especímenes de diez punto dos (10.2) centímetros (4") de diámetro y cinco mil (5 000) kilogramos para los de doce punto siete (12.7) centímetros (5"). La carga deberá aplicarse lentamente, en forma continua y una vez alcanzada la presión especificada, se mantendrá ésta por un periodo de dos (2) minutos. La relación altura-diámetro del espécimen ya compactado deberá ser aproximadamente de uno punto veinticinco (1.25), admitiéndose una discrepancia máxima de cinco (5) milímetros en las alturas de los especímenes elaborados con el mismo material. Se dejará enfriar el espécimen en el molde, se extraerá de éste, y se dejará transcurrir el tiempo necesario para que adquiera la temperatura ambiente, con objeto de probar todos los especímenes a una misma temperatura. Es indispensable que todos los especímenes tengan la misma temperatura para lograr resultados concordantes, condición tan importante como el control de la consistencia de la mezcla en la elaboración de los especímenes.

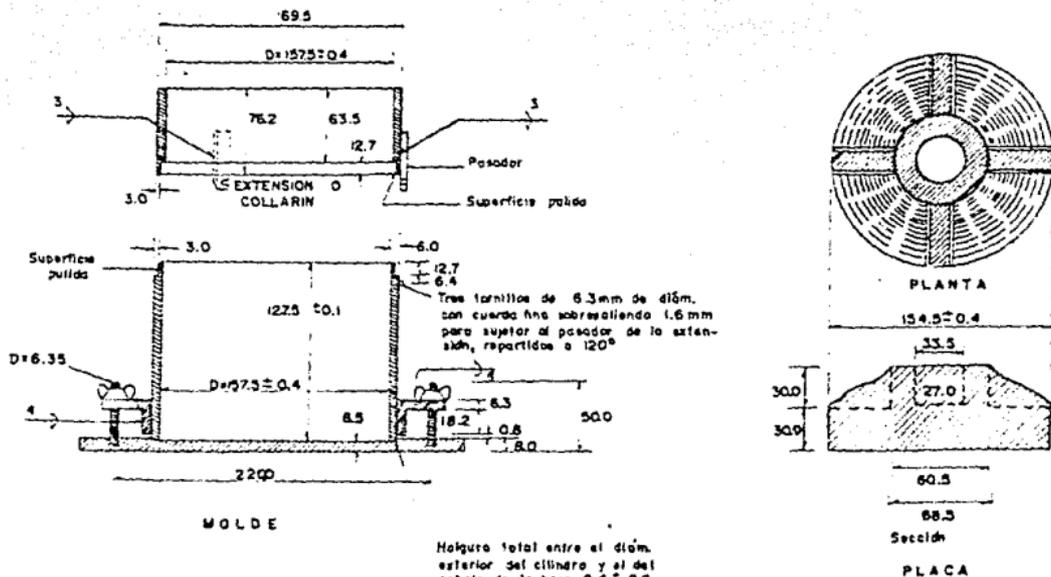
Si la compactación de los especímenes es con impactos, inmediata

mente después de haber terminado de elaborar la mezcla, se procederá a la compactación de los especímenes en el molde correspondiente, de acuerdo con el tamaño máximo del agregado. La compactación se hará en tres (3) capas del mismo espesor aproximado. A cada capa se le dará un picado de veinticinco (25) golpes con la varilla metálica, para facilitar el acomodo del material y se compactará con veinticinco (25) golpes de pisón, si el cilindro es de diez punto dos (10.2) centímetros (4") de diámetro, o con cuarenta (40) golpes, si el diámetro es de doce punto siete (12.7) centímetros (5"). La altura de caída deberá ser de treinta (30) centímetros y el pisón no deberá golpear directamente sobre la mezcla, para evitar romper el agregado pétreo. Para el efecto, se revistirá el pisón con una camisa de cuero o bien se colocará un disco de hule de unos dos (2) milímetros de espesor sobre la superficie que se va a pisonear. Una vez compactada ésta y antes de colocar la capa siguiente de mezcla, se procederá a escarificar la superficie con la varilla metálica para obtener una buena liga entre ambas capas. Terminada la compactación de la última capa por medio del pisón, se aplicará lentamente con la máquina de compesión una carga que sea suficiente para producir una superficie horizontal y uniforme, sin que se provoque fractura del agregado pétreo. La carga unitaria para este objeto podrá ser de cuarenta kilogramos a sesenta (40 a 60) kilogramos por centímetros cuadrado, debiendo mantenerse durante un período de dos (2) minutos. La carga que se aplique debe

rá ser la misma para todos los especímenes elaborados con un mismo material. Se dejará enfriar el espécimen en el molde, - se extraerá de éste y se mantendrá a la temperatura ambiente el tiempo necesario para que adquieran dicha temperatura todos los especímenes elaborados. La relación altura-diámetro de los cilindros de prueba deberá ser de uno punto veinticinco (1.25) aproximadamente, admitiéndose una discrepancia máxima de cinco (5) milímetros en la altura de los especímenes con un mismo material.

Prueba de los especímenes que se describe a continuación: el espécimen ya frío compactado por cualquiera de los dos (2) procedimientos anteriormente indicados, se probará a la compresión sin confinar, aplicando la carga uniforme y lentamente - hasta alcanzar la de ruptura. Se calculará la resistencia unitaria para la carga máxima registrada en cada uno (1) de los especímenes aprobados y, con estos datos, se formará una gráfica, en cuyas ordenadas se anotarán las resistencias obtenidas y cuyas abscisas se anotarán los contenidos de asfaltos expresados sobre la base de cemento asfáltico y referidos al peso del agregado pétreo. El contenido óptimo se localiza dentro de la rama ascendente de la curva correspondiente al segundo máximo.

# MOLDE CILINDRICO Y PLACA PARA LA PRUEBA DE COMPACTACION ESTATICA



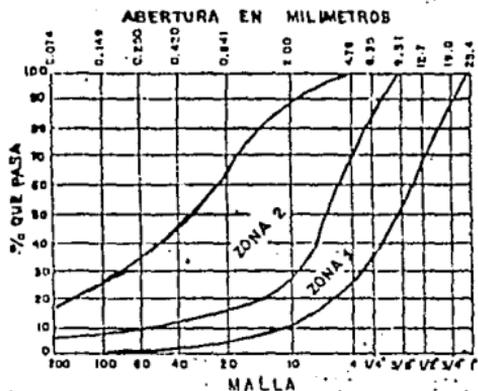
Holgura total entre el diám. exterior del cilindro y el del rebajo de la base  $0.6 \pm 0.2$

MATERIAL: Acero estructural  
 SOLDADURA: Electrodo de 3.2 mm

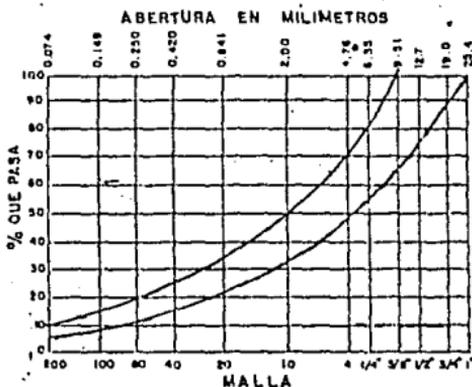
NOTA: Las sujeciones del molde y collarín ilustrados, podrán sustituirse por otros que sean de tipo análogos.

Las cotaciones están en milímetros

ZONAS DE ESPECIFICACIONES GRANULOMETRICAS  
 PARA MATERIALES PETREOS QUE SE EMPLEAN  
 EN MEZCLAS ASFALTICAS EN EL LUGAR

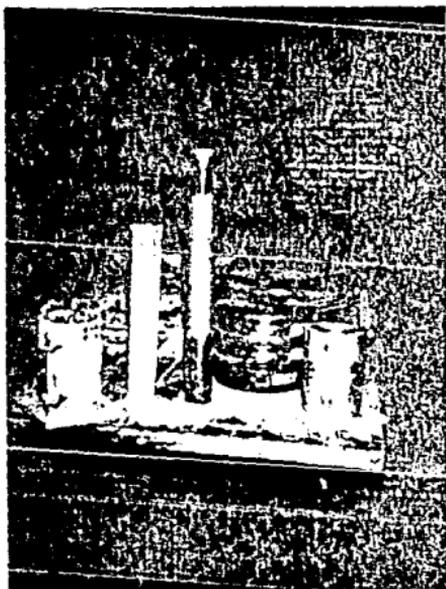


ZONA DE ESPECIFICACION GRANULOMETRICA  
 PARA MATERIALES PETREOS QUE SE EMPLEAN  
 EN CONCRETOS ASFALTICOS

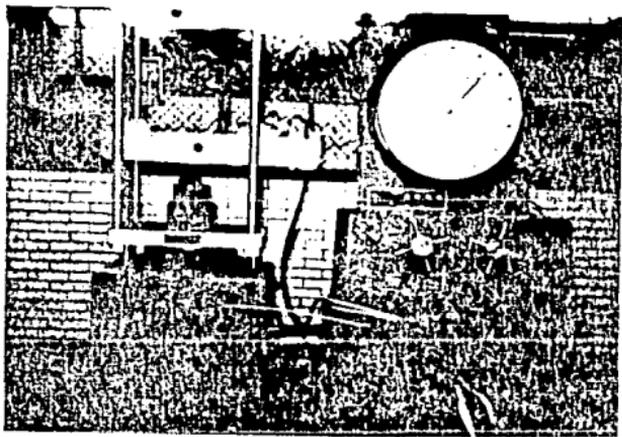




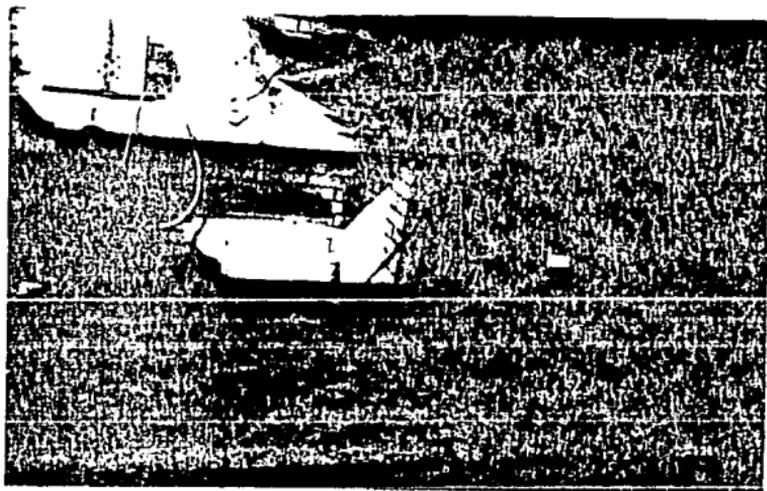
MATERIAL PETREO UTILIZADO EN LA ELABORACION DE LAS  
PASTILLAS.



EQUIPO NECESARIO  
PARA LA  
REALIZACION DE  
LA PRACTICA.



COMPACTACION DEL ESPECIMEN.



PASTILLAS REALIZADAS PARA LA PRUEBA.



PRUEBA COMPRESION SIN CONFINAR PARA  
OBTENSION DE EL OPTIMO DE ASFALTO



ESTUDIO POR EFECTUAR OPTIMO DE ASFALTO.

ENSAYE NO. 1

LOCALIZACION ENEP "ARAGON"

FECHA DE INICIACION ENERO / 1990

CALCULO CELIA MARTINEZ RAYON.

FECHA DE TERMINACION \_\_\_\_\_

Probeto	Peso tara (gr)	Peso tara + Material	FR - 3		Peso tara + Mat. (gr)	Disolvente por perder (gr)	Peso final (gr)
			%	(gr)			
1	-----	-----	3.5	63	1863	7.47	1855.53
2	-----	-----	3.5	63	1863	7.47	1855.53
3	-----	-----	4.0	72	1872	8.54	1863.45
4	-----	-----	4.0	72	1872	8.54	1863.45
5	-----	-----	4.5	91	1891	9.61	1871.39
6	-----	-----	4.5	91	1891	9.61	1871.39
7	-----	-----	5.0	90	1890	10.67	1879.33
8	-----	-----	5.0	90	1890	10.67	1879.33
9	-----	-----	5.5	99	1899	11.74	1887.26
10	-----	-----	5.5	99	1899	11.74	1887.26
11	-----	-----	6.0	108	1908	12.81	1895.19
12	-----	-----	6.0	108	1908	12.81	1895.19
13	-----	-----	6.5	117	1917	13.88	1903.12
14	-----	-----	6.5	117	1917	13.88	1903.12



PRUEBA COMPRESION SIN CONFINAR PARA  
OBTENER OPTIMOS DE ASFALTOS



ESTUDIO POR EFECTUAR OPTIMOS DE ASFALTO.

ENSAYE NO. 1

LOCALIZACION ENEP " ARAGON "

FECHA DE INICIACION ENERO/ 90

CALCULO CÉLIA MARTINEZ RAYON.

FECHA DE TERMINACION \_\_\_\_\_

Pastilla No.	Peso del petreo	% Producto Asfáltico	Diámetro (cm)	Altura (cm)
1	1800	4.0	10.2	11.80
2	1800	4.0	10.2	11.29
3	1800	4.5	10.2	11.57
4	1800	4.5	10.2	11.80
5	1800	5.0	10.2	11.77
6	1800	5.0	10.2	11.83
7	1800	5.5	10.2	11.78
8	1800	5.5	10.2	11.90
9	1800	6.0	10.2	11.96
10	1800	6.0	10.2	11.72
11	1800	6.5	10.2	11.52
12	1800	6.5	10.2	11.99





PRUEBA COMPRESION SIN CONFINAR PARA  
OBTENER OPTIMOS DE ASFALTO



ESTUDIO POR EFECTUAR OPTIMOS DE ASFALTO.

ENSAYE NO. 1

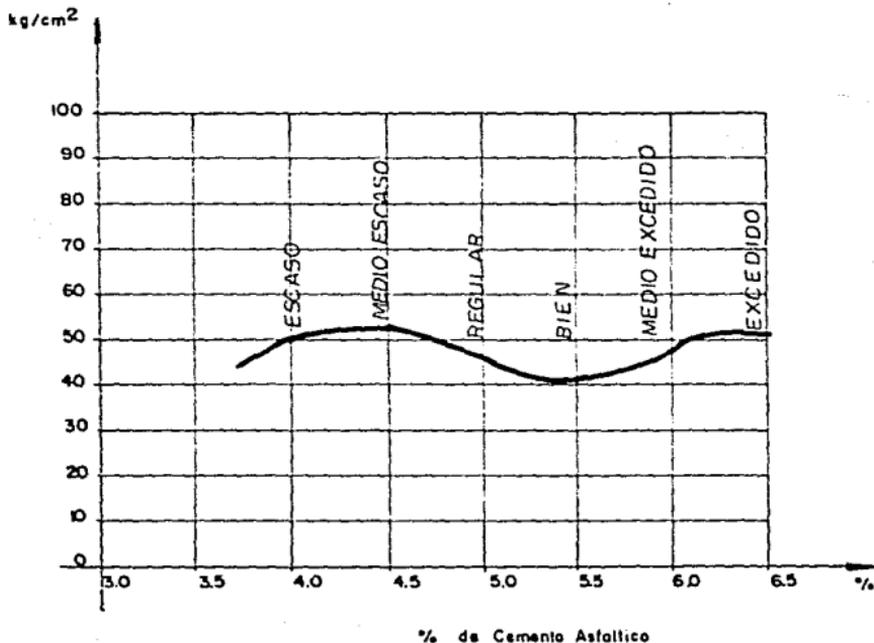
LOCALIZACION ENEP " ARAGON "

FECHA DE INICIACION ENERO / 1990

CALCULO CELIA MARTINEZ RAYON.

FECHA DE TERMINACION \_\_\_\_\_

GRAFICA



## CONCLUSIONES

El método de compresión sin confinar, nos dice que el contenido óptimo de asfalto se localiza dentro de la rama ascendente de la curva correspondiente al segundo máximo. Por lo que :  
En el material de trituración, el óptimo se encuentra entre el 5.5 % y 6.5 % del contenido de producto asfáltico y visualmente se encuentra en el 5.5 % .

## CAPITULO X

### DESTILACION DE ASFALTOS

#### X.1 INTRODUCCION.

Se describe el método de prueba para determinar en los asfaltos rebajados de fraguado rápido y de fraguado medio, el contenido de disolventes que destilan a temperaturas establecidas para el objeto, así como las proporciones de residuo asfáltico y total de disolventes que existen en el producto. El procedimiento consiste esencialmente efectuar la destilación de una muestra de asfalto rebajado, hasta una temperatura de trescientos sesenta grados centígrados (360°C) y registrar los volúmenes del producto destilado a las temperaturas especificadas para el objeto. En el residuo asfáltico obtenido, se realizan otras pruebas que ayudan a su identificación.

#### X.2 OBJETIVO.

Determinar la cantidad de solventes y conocer sus características en lo referente a la volatilización. Al residuo de la destilación se le verifican las pruebas de Penetración, Viscosidad y Punto de Encendido.

### X.3 EQUIPO.

El equipo y materiales necesarios para efectuar esta prueba son los siguientes:

Matraz de vidrio para destilación, de quinientos (500) centímetros cúbicos de capacidad, con salida lateral y provisto de un tapón de corcho con una (1) perforación paralela, a su eje para insertar el termómetro, con la forma y dimensiones.

Camisa para el matraz de destilación, de fierro galvanizado recubierto con una capa de asbesto de tres (3) milímetros de espesor, provista de ventanas protegidas con mica y de una tapa formada por (2) secciones de asbesto o de lámina de fierro galvanizado - recubierta con asbesto.

Condensador de vidrio de tubo recto provisto de camisa de doscientos cincuenta (250) milímetros de longitud, como mínimo, para refrigeración por agua.

Extensión de vidrio con pared de un (1) milímetro de grueso y refuerzo en la sección de entrada, que forme un ángulo de ciento - cinco (105) grados aproximadamente, entre sus ramas de entrada y salida; sus diámetros interiores de entrada y salida, serán aproximadamente de diez y ocho (18) milímetros y de cinco (5) milímetros respectivamente.

Probeta graduada de cien (100) centímetros cúbicos de capacidad, con graduaciones a cada centímetro cúbico; su altura estará comprendida entre veinticuatro punto ocho y veintiséis punto cero (24.8 y 26.0) centímetros o bien en caso de que el volumen total del destilado sea pequeño, pueden utilizarse probetas graduadas de menor capacidad con divisiones de cero punto un (0.1) centímetros cúbico.

Baño de agua con paredes transparentes, y temperatura controlable de veinte a cien grados centígrados (20 a 100°C), con aproximación de dos (2) grados.

Termómetro de inmersión total con escala de menos dos a más cuatrocientos grados centígrados (- 2 a + 400°C) y aproximación de un grado centígrado (1°C).

Vasos de aluminio de un (1) litro de capacidad.

Cápsula metálicas de setenta y seis (76) milímetros de diámetro por cincuenta y cuatro (54) milímetros de altura, aproximadamente.

Dos (2) soportes de barra vertical con base.

Pinzas para refrigerante.

Anillo metálico con adaptación para sujetarse a un soporte vertical.

Dos (2) porciones de malla metálica Núm. 0.850 de veinte (20) centímetros por lado.

Papel secante.

#### X.4 MATERIAL.

Producto Asfáltico

Rebajado de Fraguado Medio- FM-1

Rebajado de Fraguado Rápido FR-3

#### X.5 DESARROLLO.

Se colocan el matraz de destilación y la camisa, sobre las dos mallas metálicas Núm. 0.850, las que a su vez estarán una sobre otra y apoyadas en un anillo metálico sujeto a un soporte; se instala el condensador y se le acopla el matraz utilizando una junta de corcho que ajuste perfectamente; se conectan al refrigerante las mangueras de entrada y salida del agua.

Se insertan en el matraz el tapón de corcho con el termómetro, ajustando ambos de manera que el bulbo quede a seis punto cinco (6.5) milímetros del fondo del matraz y su eje coincida con del termómetro, quedando ambos en posición vertical.

Se conecta al extremo de salida del condensador la extensión de vidrio que conduce el destilado a la probeta graduada, y se tapa esta con un papel secante que tenga una perforación de la forma y dimensiones adecuadas para que ajuste en la extensión. Si la temperatura ambiente del local en donde se efectúa la prueba no es de quince punto cinco más o

nos dos punto cinco grados centígrados ( $15.5 \pm 2.5^{\circ}\text{C}$ ), deberá colocarse la probeta en el baño a la temperatura mencionada, manteniéndola en posición sumergida hasta la marca de cien (100) centímetros cúbicos.

La prueba se efectuará en la forma siguiente:

Primeramente se determinan las temperaturas a que se harán las lecturas del volumen destilado, siendo esta de ciento noventa, doscientos veinticinco, doscientos sesenta, trescientos quince y trescientos sesenta grados centígrados (190, 225, 260, 315 y 360  $^{\circ}\text{C}$ ), siempre que el lugar en que se efectúa la prueba se encuentre a nivel del mar o a una altura que no discrepe de ésta más de ciento cincuenta (150) metros. En el caso que esta discrepancia sea mayor de la referida, las temperaturas de prueba correspondientes serán las indicadas.

De una muestra de asfalto rebajado, se toma una porción de quinientos (500) centímetros cúbicos aproximadamente, para lo cual previamente se homogeneiza dicha muestra, calentándola ligeramente en caso necesario.

De la porción mencionada se pesa en la matraz para destilación, la cantidad de producto correspondiente a un volumen de doscientos (200) centímetros cúbicos, calculado a partir de la densidad que tenga el material asfáltico a una temperatura de quince punto cinco grados centígrados ( $15.5^{\circ}\text{C}$ ).

Se hace circular agua fría en el condensador y se aplica calor al matraz, de manera que la primera gota de destilado caiga del extremo del tubo del condensador, en un lapso de cinco a quince (5 a 15) minutos después de iniciada la aplicación de calor; la temperatura a que esto ocurra se registrará con aproximación de - cero punto cinco grados centígrados (0.5°C).

Se continúa la destilación de tal forma que escurran por el extremo de la extensión de vidrio, de cincuenta a setenta (50 a 70) gotas de destilado por minuto, hasta doscientos sesenta grados centígrados (260°C) y de veinte a setenta (20 a 70) gotas por minuto, entre doscientos sesenta y trescientos quince grados centígrados (260 a 315 °C). El período de destilación entre la temperatura de trescientos quince y trescientos sesenta grados centígrados (315 - y 360 °C), no excederá de diez (10) minutos. Las temperaturas que se indican son las normales y que previamente se corrigen de acuerdo con lo descrito.

Si durante la destilación se produce espuma en la muestra, se disminuye el calor para evitar que dicha espuma alcance la entrada del tubo del matraz y en seguida se vuelve a incrementar el calor para obtener la velocidad de destilación antes indicada; en el caso de que persista la espuma, se regulariza la destilación aplicando calor lateralmente en vez de hacerlo en el fondo del matraz.

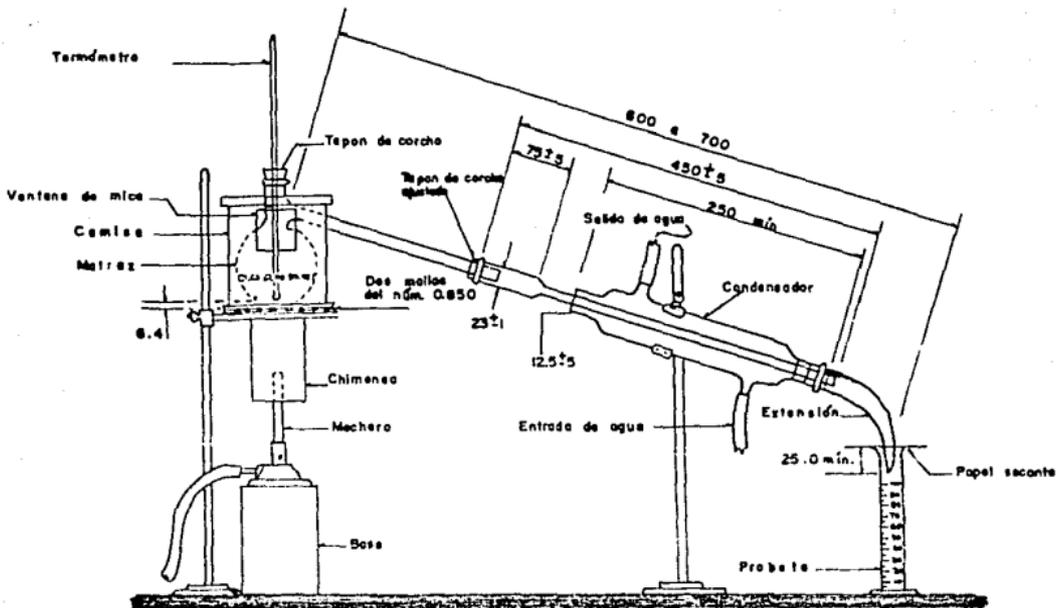
Se registra con la aproximación de cero punto cinco (0.5) centímetros cúbicos la cantidad de destilado obtenido a cada una de las temperaturas correspondientes a las nominales de ciento noventa, -

doscientos veinticinco, doscientos sesenta, trescientos quince y trescientos sesenta grados centígrados (190, 225, 260, 315 y 360 °C).

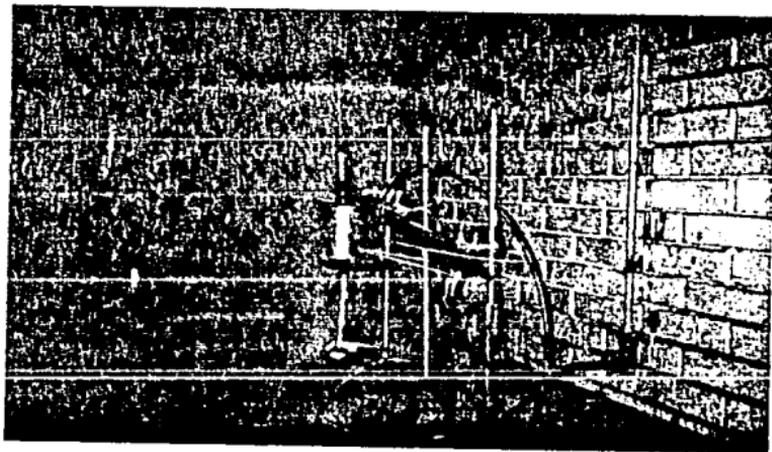
Para efectuar la lectura correspondiente a la temperatura nominal de trescientos sesenta grados centígrados (360°C), se deja que escurra a la probeta todo el destilado que se encuentra en el condensador y se anota dicha lectura y la cantidad de agua que se haya destilado, la cual se separa de los disolventes, depositándose en la parte inferior de la probeta por su mayor densidad.

Cuando se vayan a efectuar pruebas en el residuo de la destilación, tan pronto se alcance la máxima temperatura de esta prueba se retira la fuente de calor, se desconectan el tapón del matraz y el condensador, e inmediatamente se vacía el residuo en una cápsula metálica, colocada sobre su tapa evitar un enfriamiento rápido en el fondo. El tiempo que transcurra desde que se retira la fuente de calor, hasta que se comience a vaciar el residuo no será mayor de diez (10) segundos. Durante esta operación se mantendrá en posición sensiblemente horizontal el tubo de salida del matraz, para impedir que regresen al residuo los disolventes condensados que se encuentren en dicho tubo y tan pronto como deje de vaporizar el material en la cápsula, se agita su contenido para homogeneizarlo y tomar de ella a la temperatura adecuada las cantidades de residuo asfáltico que se requieran.

DISPOSICION DEL EQUIPO PARA LA PRUEBA DE DESTILACION



ACOTACIONES EN MILIMETROS



EQUIPO Y REALIZACION DE LA PRUEBA DE DESTILACION.



X.B CALCULOS



## PRUEBA DESTILACION DE ASFALTOS

ESTUDIO POR EFECTUAR DESTILACION DE ASFALTOS ENSAYE NO. 1  
LOCALIZACION ENEP " ARAGON " FECHA DE INICIACION ENERO / 1990.  
CALCULO CELIA MARTINEZ RAYON. FECHA DE TERMINACION \_\_\_\_\_

Tipo de producto Asfáltico	Peso matraz (gr)	Peso material (gr)	P.matraz + P.mat. Asfáltico (gr)	Temperatura (°C)	Volumen	
					Destilacion (ml)	% Residuo de dest.
FR - 3	177	200	377	180	14	97
				215	28	86
				249	31	84.5
				304	59	71
				349	66	67
				360	68.5	65.8

% de Cemento Asfáltico = 65.75 en peso.

Observaciones POR ESPECIFICACIONES CORRESPONDE A UN FR - 3. VER TABLAS.  
AL RESIDUO ASFALTICO SE LE REALIZO LA PRUEBA DE PENE  
TRACION



## PRUEBA PENETRACION EN ASFALTOS



ESTUDIO POR EFECTUAR PENETRACION EN ASFALTOS SAYE NO. 11  
LOCALIZACION ENEP " ARAGON " FECHA DE INICIACION ENERO/ 1990  
CALCULO CELIA MARTINEZ RAYON. FECHA DE TERMINACION \_\_\_\_\_

Tipo de producto Asfáltico	Lecturas	Temperatura ( ° C )	Grados de penetración ( mm )	Promedio
FR- 3	1	25	118	
	2	25	122	
	3	25	120	
	4	25	124	
	5	25	116	
	6			120
	7			
	8			

Obsevaciones \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_



# PRUEBA PENETRACION EN ASFALTOS



ESTUDIO POR EFECTUAR PENETRACION EN ASFALTO ENSAYE NO. 2.1  
LOCALIZACION ENEP " ARAGON " FECHA DE INICIACION ENERO / 1990.  
CALCULO CELIA MARTINEZ RAYON. FECHA DE TERMINACION \_\_\_\_\_

Tipo de producto Asfáltico	Lecturas	Temperatura ( °C )	Grados de penetración (mm)	Promedio
FM - 1	1	25	300	300
	2	25	298	
	3	25	302	
	4	25	292	
	5	25	303	
	6	25		
	7	25		
	8			

Observaciones \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_



## PRUEBA DESTILACION DE ASFALTOS



ESTUDIO POR EFECTUAR DESTILACION DE ASFALTOS. ENSAYE NO. 2  
LOCALIZACION ENEP " ARAGON " FECHA DE INICIACION ENERO/ 1990  
CALCULO CELIA MARTINEZ RAYON. FECHA DE TERMINACION \_\_\_\_\_

Tipo de producto Asfáltico	Peso matraz ( gr )	Peso material ( gr )	P. matraz + P. mat. Asfáltico ( gr )	Temperatura ( °C )	Volumen	
					Destilacion ( ml )	% Residuo de dest.
FMI	177	200	377	180		
				215		
				249	25	87.5
				304	52	74
				349	59.697	70.15
				360	61.578	69.21

% de Cemento Asfáltico = 70 en peso

Observaciones POR ESPECIFICACIONES CORRESPONDE A UN FM-1. VER  
TABLA DE ESPECIFICACIONES.

---

---

---

## X.9 ESPECIFICACIONES

### Cemento asfáltico

CARACTERÍSTICAS	CEMENTO ASFÁLTICO			
	tipo 1	tipo 4	tipo 7	tipo 8
Resistencia, a los 30.25°C, gramos	160-200	90-120	60-70	40-50
Viscosidad (segundo Ford A 152°C), segundos	60	85	100	120
Punto de inflexión (segundo método de Croydon), °C	220	232	232	232
Punto de inflexión (método "C", °C	37-45	46-52	46-50	52-60
Viscosidad, 25°C, cm, minutos	60	60	100	100
Dureza en la fractura de carbón, por campo, número	99.5	99.5	99.5	99.5
Prueba de la beta en un depósito, 70°C ± 5, 10.5°C. Inclinación vertical por campo, minutos	40	50	50	50
Estabilidad en la fractura de carbón, por campo, número	1.4	1.0	0.6	0.8

### Especificaciones para cementos asfálticos

#### Asfalto refinado de fraguado rápido

CARACTERÍSTICAS	GRADO				
	FM-1	FM-2	FM-3	FM-4	FM-5
<b>PRUEBAS AL MATERIAL ASFÁLTICO</b>					
Punto de inflexión (segundo método de los 1°C) minutos			27	27	21
Viscosidad (segundo Ford A 152°C), segundos	75-100	75-100	100-150	200-300	125-250
Distorsión (por ciento del peso) destilado a 300°C	15	20	40	50	8
Prueba 25°C	75	70	65	55	40
Prueba 30°C	90	85	87	85	80
Prueba 35°C	50	45	47	75	70
Prueba de la beta en un depósito, 70°C ± 5, 10.5°C. Inclinación vertical por campo, minutos	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
<b>PRUEBAS AL RESIDUO DE LA DESTILACIÓN</b>					
Resistencia (gramos)	160-200	160-200	160-200	160-200	160-200
Estabilidad en la fractura de carbón, por campo, número	99.5	99.5	99.5	99.5	99.5

#### Asfalto refinado de fraguado medio

CARACTERÍSTICAS	GRADO				
	FM-1	FM-2	FM-3	FM-4	FM-5
<b>PRUEBAS AL MATERIAL ASFÁLTICO</b>					
Punto de inflexión (segundo método de los 1°C) minutos	30	30	60	60	60
Viscosidad (segundo Ford A 152°C), segundos	75-100	75-100	100-150	200-300	125-250
Distorsión (por ciento del peso) destilado a 300°C	25	20	40	50	8
Prueba 25°C	40-70	25-35	15-25	5-10	30-60
Prueba 30°C	75-90	70-80	60-80	55-65	40-50
Prueba de la beta en un depósito, 70°C ± 5, 10.5°C. Inclinación vertical por campo, minutos	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
<b>PRUEBAS AL RESIDUO DE LA DESTILACIÓN</b>					
Resistencia (gramos)	120-160	120-160	120-160	120-160	120-160
Estabilidad en la fractura de carbón, por campo, número	99.5	99.5	99.5	99.5	99.5

Especificaciones para asfaltos refinados de (a) fraguado rápido (FM) y (b) fraguado medio (FM)

## VISCOSIDAD DE ASFALTOS

## XI.1 INTRODUCCION.

La prueba para determinar la viscosidad Sybolt-Furof de los asfaltos rebajados de fraguado rápido y fraguado medio, cuyos resultados permiten conocer la consistencia de los productos asfálticos a las temperaturas especificadas para esta prueba, pudiéndose realizar a otras temperaturas comprendidas entre veinte y cien grados centígrados (20 y 100°C) para conocer la susceptibilidad térmica de estos productos asfálticos y fijar el intervalo de temperaturas dentro del cual adquieran las consistencias apropiadas para su uso. La prueba consiste fundamentalmente, en determinar el tiempo que tardan en pasar sesenta (60) centímetros cúbicos del material asfáltico a través de un orificio Furof, instalado en un tubo corto en posición vertical bajo condiciones de carga y temperatura especificadas.

## XI.2 OBJETIVO.

Determinar el grado de fluidez de un asfalto líquido a una temperatura e indirectamente el grado de manejabilidad del producto.

### XI.3 EQUIPO.

El equipo y materiales necesarios para efectuar esta prueba son los siguientes:

Viscosómetro Saybolt-Furol compuesto de un tubo de viscosidad Saybot y boquilla con orificio Furol de metal resistente a la corrosión con la forma y dimensiones. La parte inferior del tubo esta - provista de una tuerca para fijarlo en posición vertical en el recipiente del baño, y de un tapón de corcho y otro dispositivo similar que impida el flujo del cemento asfáltico; dicho tapón lleva un cordón o cadena para facilitar su remoción. Tapa metálica para el tubo de viscosidad que consiste en una placa circular cuyas dimensiones inferiores son aproximadamente de cincuenta y seis (56) milímetros de diámetro y siete (7) milímetros de espesor, con un orificio en el centro, cuyo diámetro es ligeramente mayor que el de - termómetro y otros orificios a través de los cuales pueden pasar - los vástagos metálicos del anillo de desplazamiento.

Baño de aceite adaptado para mantener el tubo del viscosímetros en posición vertical, equipado con un agitador, un sistema de control de temperatura hasta de doscientos treinta y cinco grados centígrados (235°C) con aproximación de cero punto dos (0.2) grados centígrados y una fuente de calor, que estará alejada por lo menos tres (3) centímetros del tubo de viscosidad, acondicionado para mantener el nivel del líquido del baño seis (6) milímetros arriba del borde de mara del viscosímetro.

Matraz de vidrio, con capacidad de sesenta más menos cero punto cero cinco ( $60 \pm 0.05$ ) centímetros cúbicos, aforado a la temperatura de veinte grados centígrados ( $20^{\circ}\text{C}$ ), con la marca de aforo en el cuello y de la forma y dimensiones.

Anillo de desplazamiento, de metal resistente a la corrosión que ajuste perfectamente en el depósito de derrame del viscosímetro, hasta un nivel ligeramente inferior al del borde de derrame, provisto de uno o varios vástagos metálicos.

Embudo para filtrado de metal resistente a la corrosión, provisto de una malla Núm. 0.150.

Termómetro de inmersión parcial, con escala de menos siete a más ciento diez grados centígrados ( $-7$  a  $+110^{\circ}\text{C}$ ), con aproximación de cero punto cinco grados centígrados ( $0.5^{\circ}\text{C}$ ).

Parrilla eléctrica de veinte (20) centímetros de diámetro aproximadamente, con capacidad de mil doscientos (1200) vatios y provista de control termostático.

Cronómetro con aproximación de un segundo.

El líquido que se utilizará para llenar el baño, en lugar de aceite SAE 40, será el que corresponde de acuerdo con la temperatura de prueba, como sigue:

Temperatura de Prueba

Líquido para llenado del baño

25°C

Agua

219

50 a 60°C

Agua, o un aceite con viscosidad Saybolt-FuroI de doce a quince (12 a 15) segundos, a la temperatura de treinta y ocho grados centígrados (38°C).

82°C

Agua, o un aceite con viscosidad Saybolt-FuroI de treinta y tres a treinta y siete (33 a 37) segundos, a la temperatura de treinta y ocho grados centígrados (38°C).

#### XI.4 MATERIAL.

Producto Asfáltico

Rebajado Fraguado Medio FM-1

Rebajado Fraguado Rápido FR-3

#### XI.5 DESARROLLO.

La preparación de la muestra consiste en colocar en un recipiente ciento cincuenta (150) gramos de asfalto rebajado y calentarlo a una temperatura superior en dos grados centígrados (2°C) a la prueba, agitándolo continuamente para uniformizar la temperatura y evitar sobrecalentamiento locales.

La prueba se efectúa en la forma siguiente:

Se llena el baño del viscosímetro con el aceite adecuado para la temperatura a la cual se efectúa la prueba.

Se limpia el tubo del viscosímetro con xilol o petróleo diáfano y se seca perfectamente antes de utilizarlos. Para facilitar esta limpieza des

pués de cada prueba, se llena con aceite el tubo del viscosímetro, se vacía y en seguida se limpia con xilol.

A continuación se inserta el tapón de corcho, en la parte inferior del tubo del viscosímetro, de manera que penetre de seis (6) a nueve (9) milímetros, cuidando que ajuste en forma hermética para evitar que escape el aire. Así mismo, se coloca el anillo de desplazamiento en el tubo de derrame.

Se calienta el baño del viscosímetro a una temperatura ligeramente inferior a la seleccionada para efectuar la prueba; a continuación se vierte al tubo de viscosímetro la muestra preparada, filtrándola a través de la malla Núm. D.15B, previamente entibiada y seca, hasta que el asfalto se derrame en la cazoleta; se coloca la tapa y se inserta el termómetro a través del orificio central de la misma.

Se agita la muestra continuamente con el termómetro, dándole a éste un movimiento circular y evitando movimientos verticales que pudieran provocar la formación de burbujas, teniendo cuidado de no golpear el fondo del tubo del viscosímetro para no presionar el asfalto a través del orificio de la boquilla; se ajusta la temperatura del baño, hasta que la muestra alcance la temperatura de prueba y se establezca el equilibrio térmico.

Cuando la temperatura de la muestra permanezca constante durante un (1) minuto de agitado continuo, con una discrepancia no mayor de cero punto tres grados centígrados ( $0.3^{\circ}$ ) respecto a la de prueba, se

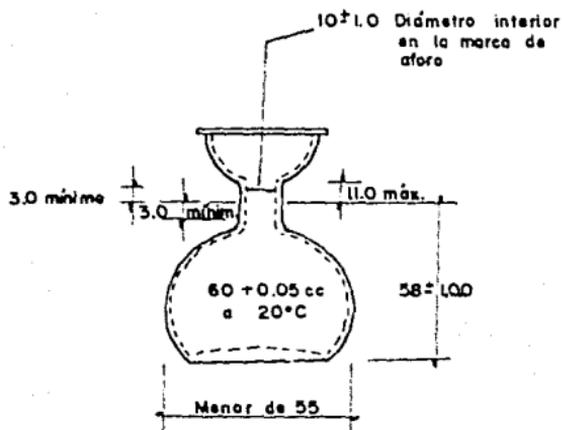
retiran la tapa y el anillo de desplazamiento para verificar que la muestra dentro de la cazoleta no llegue al nivel de derrame y se vuelve a colocar la tapa.

Inmediatamente después se coloca el matraz debajo del tubo del viscosímetro, se retira el tapón de corcho y simultáneamente se pone en marcha el cronómetro, el cual deberá detenerse en el momento en que la muestra alcance la marca de aforo de sesenta (60) centímetros cúbicos del matraz y se registra el tiempo medido con el cronómetro. El tiempo transcurrido desde que se inicia el llenado del tubo del viscosímetro hasta que empiece el llenado del matraz no sea mayor de quince (15) minutos.

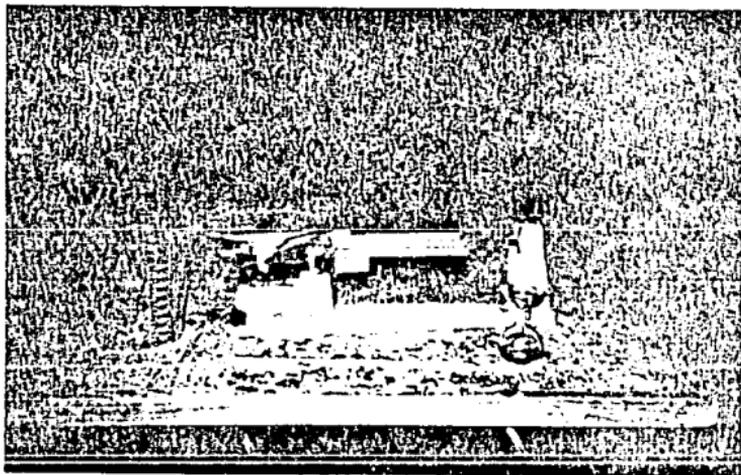
En esta prueba el procedimiento para efectuarla, el reporte de los resultados y las precauciones que deben tenerse, son los que se describen, excepto que las temperaturas de prueba, de acuerdo con el tipo de producto:

Tipo de asfalto	abajado	Temperatura de prueba
FR-0,	FM-0	25°C
FR-1,	FM-1	50°C
FR-2,	FM-2	60°C
FR-3,	FM-3	60°C
FR-4,	FM-4	82°C

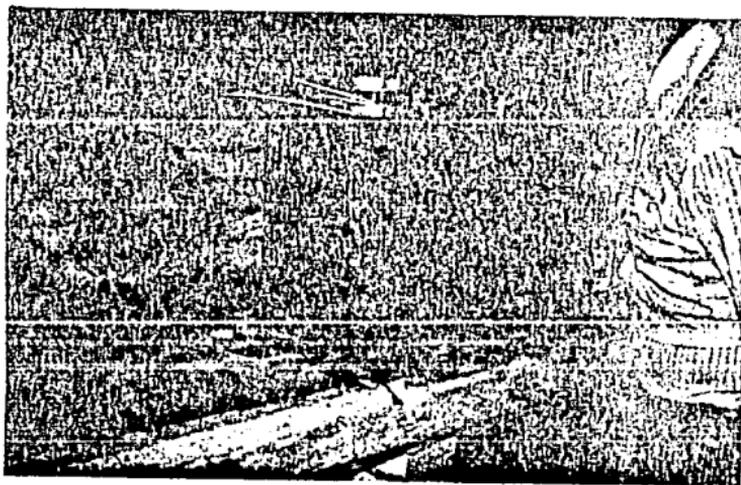
MATRAZ AFORADO



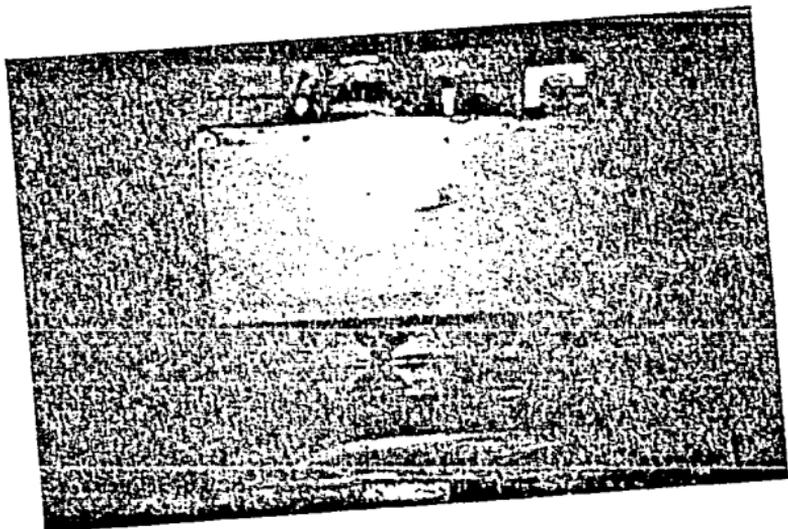
Anotaciones en milímetros



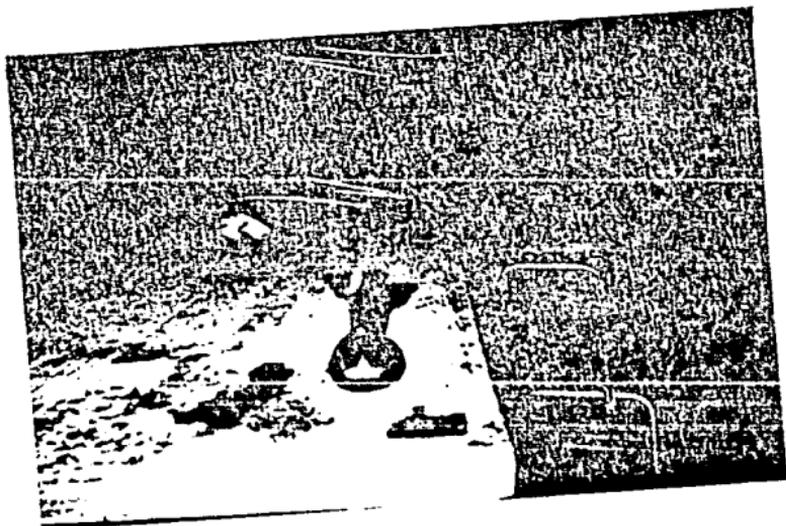
EQUIPO UTILIZADO PARA LA REALIZACION DE LA PRUEBA.



SE PUEDE OBSERVAR CUANDO SE VIERTE EL REBAJADO ASFALTICO  
EN EL VISCOSIMETRO.



LLENADO DEL MATRAZ POR MEDIO DEL ORIFICIO FUROL.



MATRAZ LLENO DEL PRODUCTO ASFALTICO.  
( 60 ml )



XI.8. CÁLCULOS

## PRUEBA VISCOSIDAD DE ASFALTOS



ESTUDIO POR EFECTUAR VISCOSIDAD DE ASFALTOS. ENSAYE NO. 1 y 2  
LOCALIZACION ENEP " ARAGON " FECHA DE INICIACION FE99ERD/1990.  
CALCULO CELIA MARTINEZ RAYON. FECHA DE TERMINACION \_\_\_\_\_

Material	Peso del material ( gr )	Tiempo (Seg)	Temperatura (°C)
FH - 1	150	123	50
FR - 3	150	225	60

Observaciones LA VISCOSIDAD ESTA DADA EN SEGUNDOS. POR ESPECIFICACIONES  
LOS RESULTADOS SON CORRECTOS. VER TABLAS DE ESPECIFICACIONES.

**Cemento asfáltico**

CARACTERÍSTICAS	LEMELO ASFÁLTICO			
	clase 1	clase 2	clase 3	clase 4
Penetración, 25°C, 25°C, girados, 1/8"	180-200	80-100	100-120	40-60
Viscosidad Saybolt Furul A 135°C, 10 minutos	60	85	100	120
Punto de softening en la parte superior de la muestra, °C mínimo	200	232	232	232
Punto de softening en la parte inferior, °C	37-43	40-52	40-50	52-60
Ductilidad, 25°C, cm, mínimo	60	100	100	100
Solubilidad en tetrahidrofurano de carbono, por ciento, mínimo	99.5	99.5	99.5	99.5
Peso de la grava despierta, 15.25 a 18.75% Retención por tambo, por ciento, máximo	40	50	54	58
Pérdida por volatilización, por ciento, máximo	1.4	1.0	0.9	0.8

Especificaciones para cementos asfálticos.

**Asfalto rebajado de fraguado rápido**

CARACTERÍSTICAS	G N A D O				
	FR-0	FR-1	FR-2	FR-3	FR-4
<b>PRUEBAS AL MATERIAL ASFÁLTICO</b>					
Punto de inflamación en la parte superior de 10g, °C mínimo			27	27	27
Viscosidad Saybolt Furul: A 135°C, 10 minutos A 150°C, 10 minutos A 175°C, 10 minutos A 200°C, 10 minutos	75-150	75-150	100-200	250-500	125-250
Destilación: Porcentaje del total destilado a 300°C					
hasta 25°C, máximo	15	10			
hasta 45°C, máximo	25	50	40	25	8
hasta 65°C, máximo	75	70	65	45	48
hasta 125°C, máximo	90	88	87	83	81
Residuo de la destilación a 300°C, Porcentaje del total de la muestra por destilación, máximo	50	60	67	73	76
Asfalto por destilación, por ciento, máximo	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
<b>PRUEBAS AL RESIDUO DE LA DESTILACIÓN</b>					
Penetración, 25°C	180-120	100-120	100-120	100-120	100-120
Ductilidad en centímetros, mínimo	100	100	100	100	100
Solubilidad en tetrahidrofurano de carbono, por ciento, mínimo	99.5	99.5	99.5	99.5	99.5

**Asfalto rebajado de fraguado medio**

CARACTERÍSTICAS	G N A D O				
	FR-0	FR-1	FR-2	FR-3	FR-4
<b>PRUEBAS AL MATERIAL ASFÁLTICO</b>					
Punto de inflamación en la parte superior de 10g, °C mínimo	38	38	66	66	66
Viscosidad Saybolt Furul: A 135°C, 10 minutos A 150°C, 10 minutos A 175°C, 10 minutos A 200°C, 10 minutos	75-150	75-150	100-200	250-500	125-250
Destilación: Porcentaje del total destilado a 300°C					
hasta 25°C, máximo	25	20	10	5	0
hasta 45°C, máximo	40-45	25-35	15-25	5-10	30-40
hasta 65°C, máximo	75-85	70-80	60-80	50-65	40-50
Residuo de la destilación a 300°C, Porcentaje del total de la muestra por destilación, máximo	50	60	67	73	76
Asfalto por destilación, por ciento, máximo	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
<b>PRUEBAS AL RESIDUO DE LA DESTILACIÓN</b>					
Penetración, 25°C	120-300	120-300	120-300	120-300	120-300
Ductilidad en centímetros, mínimo	100	100	100	100	100
Solubilidad en tetrahidrofurano de carbono, por ciento, mínimo	99.5	99.5	99.5	99.5	99.5

Especificaciones para asfaltos rebajados de: (a) fraguado rápido (FR) y (b) fraguado medio (FM).

## XI.9 CONCLUSIONES.

Al efectuar esta prueba deberán tenerse las siguientes precauciones:

Llevar a cabo la prueba en lugares que no tengan corrientes de aire ni cambios bruscos de temperatura.

Evitar la formación de espuma o burbujas de aire, para lo cual el -  
asfalto debe escurrir por la pared del cuello del matraz.

Limpiar el equipo de prueba antes y después de utilizarlo, empleando xilol o petróleo, siendo aconsejable aplicar una capa de aceite ligero en el tubo del viscosímetro, cada vez que se termine una prueba.

Verificar periódicamente que las paredes interiores del baño y del -  
tubo del viscosímetro tengan carbón o algunas otras impurezas.

## CAPITULO XII

### PENETRACION DE ASFALTOS

#### XII.1 INTRODUCCION.

Se describe la prueba para determinar la consistencia de los cementos asfálticos mediante la penetración vertical de una aguja en un muestra de dicho material bajo condiciones establecidas de peso, tiempo y temperatura; la profundidad a la que penetra la aguja mencionada - se mide en décimos de milímetros.

#### XII.2 OBJETIVO.

Determinar el grado de dureza de un cemento asfáltico o residuo obtenido de la destilación de asfálticos rebajados.

#### XII.3 EQUIPO.

El equipo necesario para efectuar esta prueba es el siguiente:

Aparato de penetración o penetrómetro para asfaltos, adaptado para sujetar una aguja y provisto de un dispositivo para medir la profundidad de penetración de dicha aguja, en décimos de milímetros. También cuenta con un mecanismo que permite aproximar la aguja a la muestra y con peso o lastres de cincuenta (50) y cien (100) gramos.

Aguja de acero inoxidable totalmente endurecida y perfectamente pulida, está montada en un casquillo de bronce o de acero inoxidable y sobresale de éste de cuarenta a cuarenta y cinco (40 a 45) milímetros.

Recipiente cilíndrico, metálico o de vidrio refractario, con fondo plano, diámetro interior de cincuenta y cinco (55) milímetros y altura de cuarenta y cinco (45) milímetros aproximadamente.

Baño de agua con temperatura controlable hasta cincuenta grados centígrados (50°C) y aproximación de cero punto un grado centígrado (0.1°C), con dimensiones y características que le permitan una capacidad mayor de diez (10) litros; estará provisto de un entrepiano con perforaciones, colocado a no menos de cinco (5) centímetros del fondo del baño y a no menos de diez (10) centímetros de la superficie libre del líquido.

Recipientes cilíndricos de metal, plástico o vidrio, de forma adecuada para manejar y mantener sumergidos los recipientes que contienen la muestra, de trescientos cincuenta y aproximación de cero punto un grado (0.1°C) para viscosidad Saybolt o bien el que se requiera para otra temperatura a la que se efectúe la prueba.

Cronómetro con aproximación de cero punto dos (0.2) segundos.

#### XII.4 MATERIAL.

Cemento Asfáltico del No. 8

Cemento Asfáltico del No. 6

#### XII.5 DESARROLLO.

La prueba se efectua en la forma siguiente:

Se coloca el penetrómetro sobre una superficie plana, firme y sensiblemente horizontal, se le monta la aguja, se lastra para que el elemento que se desplaza tenga un peso de cien más menos cero punto un ( $100 \pm 0.1$ ) gramos o el peso especificado para la prueba y se nivela perfectamente.

Se saca del baño el recipiente de manejo conteniendo la muestra en su molde, cuidando que lleve agua suficiente para cubrir completamente el molde. Se coloca el conjunto sobre la base del penetrómetro de tal manera que la muestra quede abajo de la aguja y de ajusta la altura de ésta hasta que haga contacto con la superficie de la muestra, lo que se logrará haciendo coincidir la punta de la aguja con la de la imagen reflejada en la superficie de la muestra.

A continuación se hace condicir la manecilla del penetrómetro con el cero (0) de su carátula y en seguida se oprime el sujetador para liberar la aguja únicamente durante cinco (5) segundos, tiempo especificado

para la prueba, después de lo cual se toma la lectura y se registra en décimos de milímetros o grados de penetración. Se harán por lo menos tres (3) penetraciones sobre puntos de la superficie de la muestra, separados entre sí y de la pared del molde más de diez (10) milímetros, debiéndose limpiar cuidadosamente la aguja, después de cada penetración, sin desmontarla y de ser necesario se regresará la muestra con el recipiente de manejo al baño de agua. Para la limpieza de la aguja se utiliza un paño humedecido con tetracloruro de carbono, y después un paño seco y limpio.

Para penetraciones mayores de doscientos venticinco (225) décimos de milímetros se emplean por lo menos tres (3) agujas, las que se dejarán introducidas en la muestra mientras se hacen las demás penetraciones.

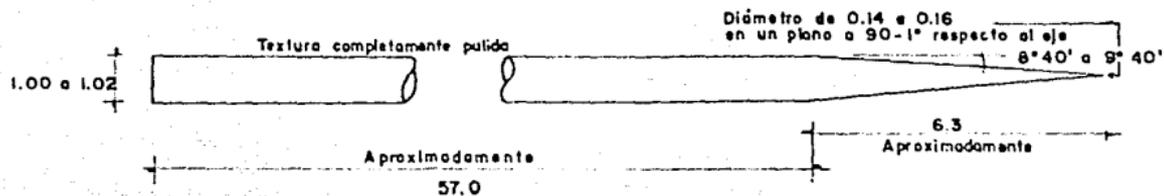
Se reporta como resultado de la prueba, el promedio, calculado con aproximación a la unidad, de tres (3) penetraciones por lo menos, cuyos valores no difieran en cantidades mayores a las mostradas en la siguiente tabla:

Penetración	Diferencia permisible entre los valores de las penetraciones considerables.
0 - 49	2
50 -149	4
150 -249	6
250 - o más	8

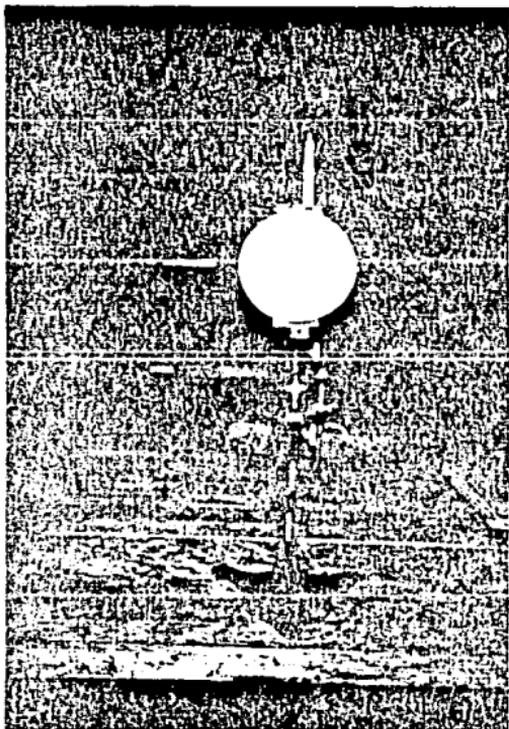
La prueba se repetirá si las condiciones de la tabla anterior no se cumplen.

AGUJA PARA LA PRUEBA DE PENETRACION

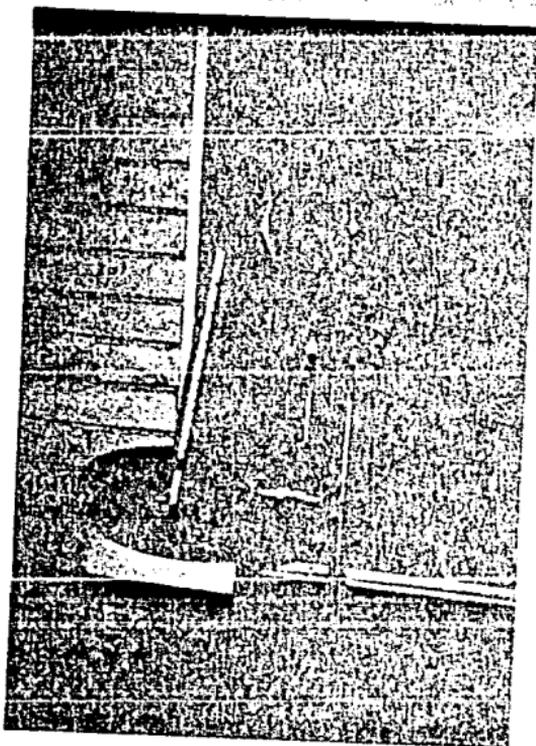
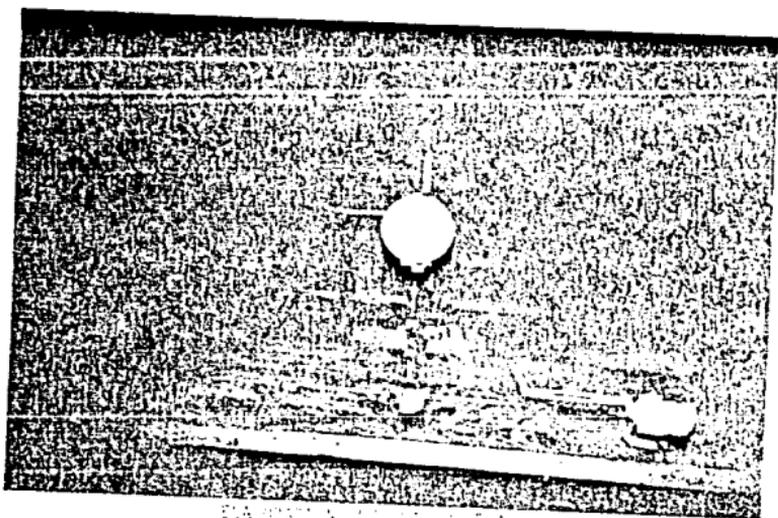
XII.6 FIGURA



Acotaciones en milímetros



PENETROMETRO.



PENETRACION CON UNA  
MUESTRA DE  
CEMENTO ASFALTICO.

# XII.8 ESPECIFICACIONES

## Cementos ordinarios

CARACTERÍSTICAS	CEMENTO ASFÁLTICO			
	Norm 1	Norm 2	Norm 3	Norm 4
Resistencia a la tracción, kg/cm <sup>2</sup> , mínimo	160-200	80-140	60-70	40-50
Viscosidad Saybolt Furol: A 25°C, segundos	60	85	60	120
Punto de inflexión en (Apertura de Cierres), °C Máximo	220	232	234	234
Punto de reblandecimiento, °C	37-43	46-52	48-54	52-60
Densidad, g/cm <sup>3</sup> , máximo	60	50	50	100
Densidad en laboratorio de ensayo, por ciento, mínimo	99.5	99.5	99.5	99.5
Prueba de la prueba de agua, (Temperatura, 16.1°C): Inflexión en segundos, por ciento, máximo	40	50	31	58
Pérdida por sedimentación, por ciento, máximo	1.4	1.0	0.4	0.8

• Especificaciones para cementos asfálticos.

## Asfaltos reblandidos de fraguado rápido

CARACTERÍSTICAS	GRADO				
	FR 0	FR 1	FR 2	FR 3	FR 4
<b>PRUEBAS AL MATERIAL ASFÁLTICO</b>					
Punto de inflexión en (Apertura de Cierres), °C mínimo			27	27	27
Viscosidad Saybolt Furol: A 25°C, segundos	75-150	75-150	60-200	250-500	125-250
A 50°C, segundos					
A 70°C, segundos					
A 80°C, segundos					
Temperatura por la cual el total destinado a 360°C: Más de 25% de agua	15	10			8
Más de 25% de agua	25	50	40	15	40
Más de 25% de agua	75	70	65	55	40
Más de 25% de agua	90	80	87	85	80
Más de 25% de agua					
Punto de la destilación a 360°C, por ciento del agua dentro del agua por destilación, máximo	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Agua por destilación, por ciento, máximo					
<b>PRUEBAS AL RESIDUO DE LA DESTILACIÓN</b>					
Resistencia a la tracción	60-120	80-120	80-120	80-120	80-120
Densidad en laboratorio de ensayo	100	100	100	100	100
Densidad en laboratorio de ensayo, por ciento, mínimo	99.5	99.5	99.5	99.5	99.5

## Asfaltos reblandidos de fraguado medio

CARACTERÍSTICAS	GRADO				
	FR 0	FR 1	FR 2	FR 3	FR 4
<b>PRUEBAS AL MATERIAL ASFÁLTICO</b>					
Punto de inflexión en (Apertura de Cierres), °C mínimo	38	38	66	66	66
Viscosidad Saybolt Furol: A 25°C, segundos	75-150	75-150	60-200	250-500	125-250
A 50°C, segundos					
A 70°C, segundos					
A 80°C, segundos					
Temperatura por la cual el total destinado a 360°C: Más de 25% de agua	25	20	40	5	0
Más de 25% de agua	40-70	25-65	15-55	5-45	20-40
Más de 25% de agua	75-90	70-90	60-87	55-85	40-60
Punto de la destilación a 360°C, por ciento del agua dentro del agua por destilación, máximo	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Agua por destilación, por ciento, máximo					
<b>PRUEBAS AL RESIDUO DE LA DESTILACIÓN</b>					
Resistencia a la tracción	120-240	120-240	120-240	120-240	120-240
Densidad en laboratorio de ensayo	100	100	100	100	100
Densidad en laboratorio de ensayo, por ciento, mínimo	99.5	99.5	99.5	99.5	99.5

• Especificaciones para asfaltos reblandidos de: (a) fraguado rápido (FR) y (b) fraguado medio (FM)



## VII.9 CALCULOS



## PRUEBA PENETRACION EN ASFALTOS

ESTUDIO POR EFECTUAR PENETRACION _____	ENSAYE NO. _____ 1 _____
LOCALIZACION <u>ENEP " ARAGON "</u> _____	FECHA DE INICIACION <u>MARZO / 1990</u> _____
CALCULO <u>CELIA MARTINEZ RAYON.</u> _____	FECHA DE TERMINACION _____

Tipo de producto Asfáltico	Lecturas	Temperatura ( °C )	Grados de penetración (mm)	Promedio
CEMENTO No. 6	1	25	97	
CEMENTO No. 6	2	25	85	
CEMENTO No. 6	3	25	85	
CEMENTO No. 6	4	25	75	
CEMENTO No. 6	5	25	69	
CEMENTO No. 6	6	25	73	
	7			80.5
	8			

Observaciones EL RESULTADO OBTENIDO ES CORRECTO, VER TABLA DE  
ESPECIFICACIONES.

---

---



## PRUEBA PENETRACION EN ASFALTOS



ESTUDIO POR EFECTUAR PENETRACION, ENSAYE NO. 2  
LOCALIZACION ENEP " ARAGON " FECHA DE INICIACION MARZO / 1990.  
CALCULO CELIA MARTINEZ RAYON. FECHA DE TERMINACION \_\_\_\_\_

Tipo de producto Asfáltico	Lecturas	Temperatura ( °C )	Grados de penetración (mm)	Promedio
CEMENTO No. 8	1	25	45	
CEMENTO No. 8	2	25	42	
CEMENTO No. 8	3	25	49	
CEMENTO No. 8	4	25	44	
CEMENTO No. 8	5	25	48	
CEMENTO No. 8	6	25	46	
	7			45.6
	8			

Observaciones EL RESULTADO OBTENIDO ES CORRECTO. VER TABLA DE  
ESPECIFICACIONES.  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

## XII.9 CONCLUSIONES.

Las causas más frecuentes de error en esta prueba son las siguientes:

Que exista aire atrapado en la muestra de prueba.

Que no se tengan condiciones adecuadas de limpieza de la aguja, en el momento de la penetración.

Que la aguja no esté en contacto con la superficie de la muestra al -  
iniciar la penetración.

Que la aguja toque el fondo del recipiente antes de finalizar el tiempo especificado.

## CAPÍTULO XIII

### PUNTO DE ENCENDIDO

#### XIII.1 INTRODUCCION.

Se describe la prueba para determinar el punto de inflamación de los asfaltos rebajados de fraguado rápido y de fraguado medio en copa - abierta de Cleveland, o se la temperatura mínima a la que el material asfáltico puede ser calentado sin peligro de inflamación instantánea en presencia de una flama directa. La prueba consiste en colocar una muestra de asfalto en la copa mencionada, en donde se le incrementa paulatinamente su temperatura hasta lograr que al pasar una flama instantánea. Si se continúa elevando la temperatura de la muestra, se llega al punto en que se inicia la combustión del material, que se denomina punto de combustión.

#### XIII.2 OBJETIVO.

Conocer la temperatura a la cual el asfalto puede ser manejado con seguridad sin que se presente ninguna flama instantánea bajo la presencia de una llama de fuego abierto.

### XIII.3 EQUIPO.

Dispositivo de copa abierta Cleveland.

Soporte universal

Mechero de gas.

Termómetro de inmersión con escala de menos siete a más ciento diez centígrados (-7 a + 110°C).

Cronómetro.

Dispositivo que proporcione una flama (fuego).

### XIII.4 MATERIAL.

Rebajado de Fraguado Medio (FM-1)

Producto Asfáltico

Rebajado de Fraguado Rápido (FR-3)

### XIII.5 DESARROLLO.

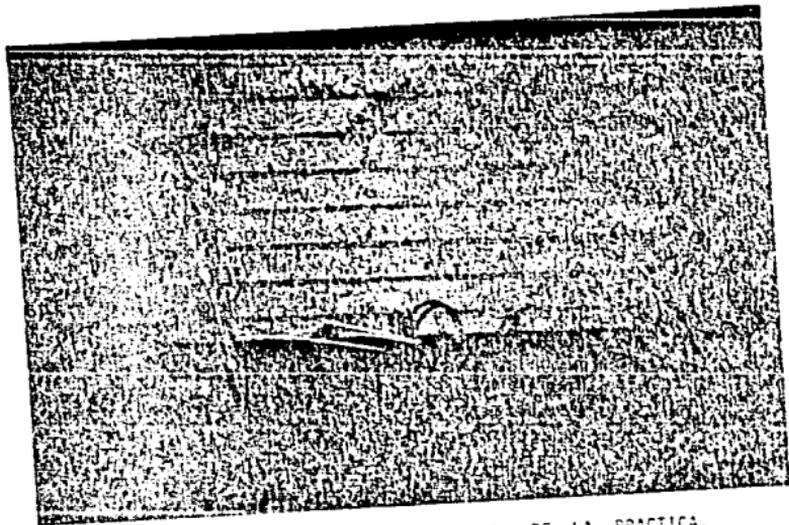
Esta prueba indica la temperatura a la cual el asfalto puede ser manejado con seguridad sin que se presente una flama instantánea bajo la presencia de una llama de fuego abierto. Esta es la temperatura crítica arriba de la cual deberán tomarse precauciones para eliminar los peligros de incendio durante el calentamiento y manipulación del producto asfáltico.

Para esta prueba se usa la copa abierta de Cleveland, la cual tiene en su interior una marca circular que indica el nivel hasta donde debe llenarse. Se llena la copa hasta la marca con el producto asfáltico, previamente calentado hasta hacerlo fluido, para poderlo vaciar. Con una lámpara se calienta la parte inferior de la copa en tal forma que tenga una velocidad de calentamiento de  $1.5^{\circ}\text{C}/\text{min.}$ . Se agitará el producto con un termómetro a intervalos durante la prueba para uniformizar la temperatura. Este termómetro deberá quedar suspendido y con su bulbo sumergido en el producto asfáltico. A intervalos de cada grado Celsius se pasará una pequeña flama horizontalmente por los bordes de la copa, hasta que han sido liberados los solventes necesarios para producir unas pequeñas chispas, entonces se anota la temperatura registrada por el termómetro, que será la correspondiente al punto de ignición; continuado con la prueba llegará un momento en que se enciende el producto, en ese momento se toma la temperatura que corresponde a la del punto de inflamación.

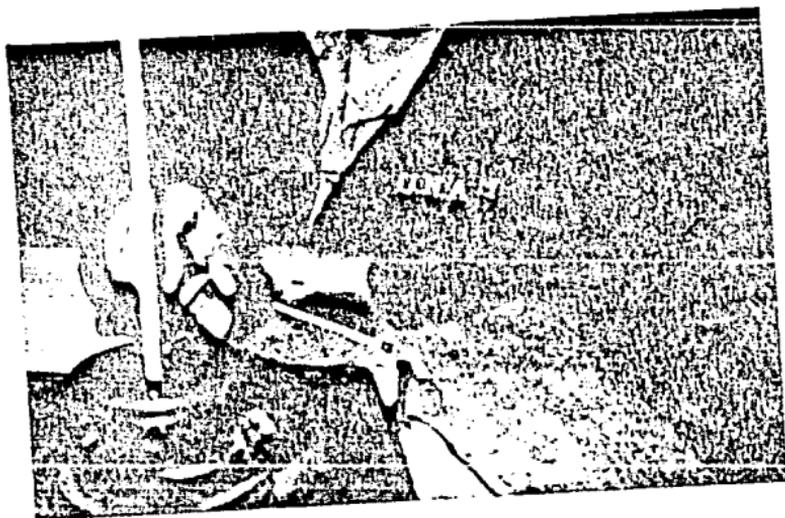
Para los asfaltos rebajados de fraguado lento (FL) el procedimiento de

prueba es el mismo que para los cementos asfálticos. En el caso de los asfaltos rebajados FM y FR la prueba difiere solamente en que la copa recibe fuego indirecto para evitar, que dada la alta volatilidad de los solventes, la llama de la lámpara o mechero provoque el flamazo instantáneo, lo cual debe más bien ser ocasionado por la pequeña llama que se hace pasar sobre la copa.

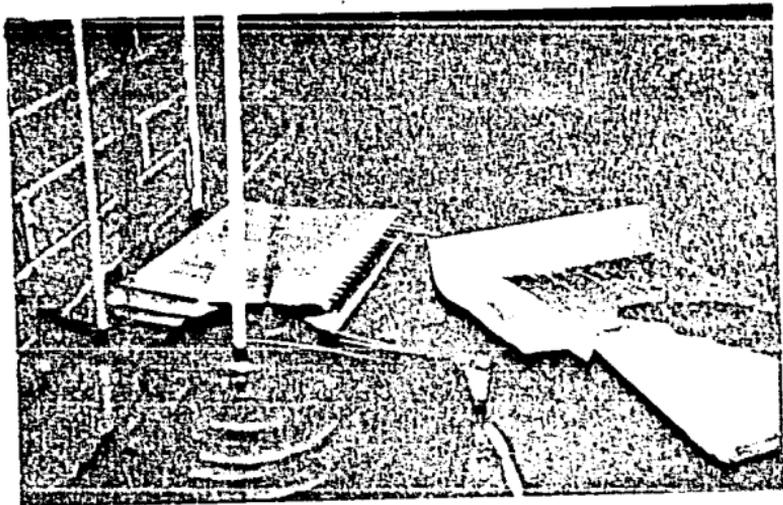
Los asfaltos rebajados comunmente se utilizan a temperaturas inferiores a su punto de inflamación. Un FR puede presentar un punto de inflamación a 30°C, de ahí que mientras más volátil es el solvente, mayor es el peligro que involucra su uso y deberán ser manipulados con precaución.



EQUIPO NECESARIO PARA LA REALIZACION DE LA PRACTICA.



OBTENCION DEL PUNTO DE IGNICION.



SE OBTIENE EL PUNTO DE ENCENDIDO EN EL PRODUCTO ASFALTICO.



## PRUEBA PUNTO DE ENCENDIDO



ESTUDIO POR EFECTUAR <u>PUNTO DE ENCENDIDO.</u>	ENSAYE NO. <u>1 y 2</u>
LOCALIZACION <u>ENEP " ARAGON "</u>	FECHA DE INICIACION <u>ABRIL / 1990.</u>
CALCULO <u>CELIA MARTINEZ RAYON.</u>	FECHA DE TERMINACION _____

Tipo de producto Asfáltico	Punto de ignición (°C)	Punto de encendido (°C)
FM - 1	68	80
FR - 3	40	68

Observaciones DE ACUERDO A LAS ESPECIFICACIONES SE OBTUVO  
EL RESULTADO REAL. VER TABLA DE ESPECIFICACIONES.

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

### XIII.3 ESPECIFICACIONES

Cementos asfálticos

CARACTERÍSTICAS	CEMENTO ASFÁLTICO			
	tipo 1	tipo 2	tipo 3	tipo 4
Punto de ablandamiento a 25°C, grados	160-200	80-100	60-70	40-50
Viscosidad Saybolt Furol A 150°C, segundos	60	85	100	120
Punto de ablandamiento a punto de flujo de Cleveland, °C Máximo	260	232	232	232
Punto de solidificación, °C	37-43	40-52	48-54	52-60
Consistencia, cSt, en caliente	60	80	100	100
Densidad en el laboratorio de ensayos, por método estándar	99.5	99.5	99.5	99.5
Punto de fusión, por método de prueba, 100/30, 163°C. Preservación de viscosidad por método, máximo	40	50	54	58
Pérdida por volatilización, por método, máximo	1.4	1.0	0.8	0.6

Especificaciones para cementos asfálticos

Asfalto refinado de fraguado rápido

CARACTERÍSTICAS	GRADO				
	FR 0	FR 1	FR 2	FR 3	FR 4
<b>PRUEBAS AL MATERIAL ASFÁLTICO</b>					
Punto de ablandamiento tipo abierto de 10g, °C máximo			27	27	27
Viscosidad Saybolt Furol A 150°C, segundos	75-150	75-150	60-200	70-500	125-250
Destilación: por ciento del residuo destilado a 300°C					
Residuo 25°C, máximo	15	10	60	75	8
Residuo 45°C, máximo	75	70	85	55	40
Residuo 65°C, máximo	90	85	87	83	80
Residuo 85°C, máximo	90	85	87	83	80
Residuo de la destilación a 210°C, por ciento del volumen total por método, máximo	50	60	67	73	78
Aguá por destilación, por ciento, máximo	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
<b>PRUEBAS AL RESIDUO DE LA DESTILACIÓN</b>					
Penetración, grados	50-120	80-100	80-100	80-120	80-150
Consistencia en caliente, máximo	100	100	100	90	80
Solubilidad en tetrahidrofurato de carbono, por ciento, máximo	99.5	99.5	99.5	99.5	99.5

Asfalto refinado de fraguado medio

CARACTERÍSTICAS	GRADO				
	FR 0	FR 1	FR 2	FR 3	FR 4
<b>PRUEBAS AL MATERIAL ASFÁLTICO</b>					
Punto de ablandamiento tipo abierto de 10g, °C máximo	38	38	66	66	66
Viscosidad Saybolt Furol A 150°C, segundos	75-150	75-150	60-200	70-500	125-250
Destilación: por ciento del residuo destilado a 300°C					
Residuo 25°C, máximo	25	20	60	5	0
Residuo 45°C, máximo	60-70	25-65	65-85	5-45	30-40
Residuo 65°C, máximo	75-85	70-80	80-87	55-85	40-60
Residuo de la destilación a 210°C, por ciento del volumen total por método, máximo	50	60	67	73	78
Aguá por destilación, por ciento, máximo	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
<b>PRUEBAS AL RESIDUO DE LA DESTILACIÓN</b>					
Penetración, grados	120-300	120-300	120-300	120-300	120-300
Consistencia en caliente, máximo	100	100	100	100	100
Solubilidad en tetrahidrofurato de carbono, por ciento, máximo	99.5	99.5	99.5	99.5	99.5

Especificaciones para asfaltos refinados de (a) fraguado rápido (FR) y (b) fraguado medio (FM)

### XIII.9 CONCLUSIONES.

Al efectuar esta prueba se tomarán las siguientes precauciones:

Realizar la prueba en un local libre de corrientes de aire y relativamente oscuro para que se puedan identificar fácilmente las flamas.

Evitar que el dispositivo de copa abierta de Cleveland esté sujeto a vibraciones durante las prueba.

Eliminar las burbujas que se encuentran en la superficie de la muestra contenida en la copa, antes de ajustar el nivel de ésta última.

Lavar la copa con un disolvente adecuado para eliminar cualquier residuo de la prueba, después de lo cual se seca con un paño absorbente.

## CAPITULO XIV

### ASENTAMIENTO DE 3 DIAS

#### XIV.1 INTRODUCCION

Se describe la prueba de asentamiento que se efectúa a las emulsiones asfálticas, para conocer el grado de homogeneidad que conservan durante periodos de almacenamiento prolongado y consiste en dejar en reposo muestras de emulsión, para después de un tiempo especificado determinar la diferencia de concentración de asfalto que presenten a diferentes niveles.

#### XIV.2 OBJETIVO

Determinar la tendencia de los glóbulos de asfalto al asentarse durante el almacenamiento de las emulsiones.

#### XIV.3 EQUIPO

El equipo necesario para efectuar esta prueba es el siguiente :

Dos (2) probetas de vidrio, de base ensanchada, provista de tapón de corcho o de vidrio, con diámetro exterior de cincuenta más menos cinco ( $50 \pm 5$ ) milímetros y capacidad de quinientos (500) centímetros cúbicos.

Transcurrido el período de reposo y utilizando la pipeta, se extraen de la parte superior cincuenta y cinco (55) centímetros cúbicos de cada una de las muestras contenidas en las probetas, cuidando de no perturbar el resto del contenido y se depositan cada una de estas porciones en su respectivo vaso de los que se utilizan para efectuar la prueba de residuo por evaporación; se homogeneizan utilizando la varilla de vidrio y se ajusta su peso para que cada porción sea de cincuenta (50) gramos.

A continuación se eliminan, utilizando la pipeta, los siguientes trescientos noventa (390) centímetros cúbicos de cada una de las muestras contenidas en las probetas, cuidando de no perturbar la parte restante en cada una de ellas.

En seguida se uniformiza la porción restante en cada una de las probetas y se toma de cada una de ellas una muestra de cincuenta (50) gramos, depositándola en su respectivo vaso, de los utilizados para la prueba de residuo por evaporación.

Se determina en cada una de las porciones de cincuenta (50) gramos, el contenido de residuo asfáltico por evaporación.

En esta prueba se calcula y reporta lo siguiente:

Los promedios de los contenidos de residuo asfáltico por evaporación, correspondientes a la parte superior y a la inferior de las respectivas muestras, designando cada promedio como R y R en el orden indicado.

Cuatro (4) vasos de precipitado, de vidrio refractario o aluminio, con capacidad de seiscientos (600) o mil (1000) centímetros cúbicos.

Cuatro (4) agitadores de vidrio con extremos redondos, de seis punto cuatro (6.4) milímetros de diámetro y dieciocho (18) centímetros de longitud.

Balanza de quinientos (500) gramos de capacidad y aproximación de cero punto un (0.1) gramo.

Horno provisto de termostato que mantenga temperaturas hasta de ciento setenta y cinco grados centígrados (175°C), con aproximación de dos grados centígrados (2°C).

#### XIV.4 MATERIAL.

Emulsión asfáltica compatible con agua.

#### XIV.5 DESARROLLO.

La prueba se efectúa en la forma siguiente:

De una muestra de emulsión debidamente homogeneizada, se vierten quinientos (500) centímetros cúbicos en cada una de las probetas, después de lo cual se tapan y en lugar libre de vibraciones, se dejan en reposo durante tres (3) días a la temperatura ambiente.

Se calcula y reporta el asentamiento de la emulsión, utilizando la siguiente fórmula:

$$S = R - R$$

En donde:

S es el asentamiento de la emulsión, en por ciento.

R es el contenido promedio de residuo por evaporación, en las porciones superiores de las muestras contenidas en las probetas, en por ciento.

R es el contenido promedio de residuo por evaporación, en las porciones inferiores de las muestras contenidas en las probetas, en por ciento.





## ASENTAMIENTO EN 3 DIAS



## (EMULSION ASFALTICA)

DESCRIPCION DE LA MUESTRA EMULSION ASFALTICA ENSAYE No. 1 y 2  
 ESTUDIO POR EFECTUAR ASENTAMIENTO A LOS 3 DIAS FECHA DE INICIACION JUNIO/90  
 PROCEDENCIA ENCO "ARAGON" FECHA DE TERMINACION \_\_\_\_\_  
 LABORATORISTA CELIA MARTINEZ R.

PESO PROBETA	119.8	118.9
PESO EMULSION	619.4	614.7
PROBETA + EMULSION	739.2	733.6
PESO BOTE	269.1	131.1
PESO EMULSION SUPERIOR	50	50
PESO BOTE + EMULSION SUPERIOR	319.1	181.1
PESO BOTE + EMULSION SUPERIOR	305.1	167.2
PESO BOTE + RESIDUO	294.75	163.7
PESO DEL H <sub>2</sub> O EVAPORADA	21.35	17.3
PESO BOTE	131.00	131.2
PESO EMULSION FONDO	50	50
PESO BOTE + EMULSION FONDO	181	170.1
PESO BOTE + EMULSION FONDO	174.1	161.58
PESO BOTE + RESIDUO	160.1	161.58
PESO DEL H <sub>2</sub> O EVAPORADA	20.7	19.42
ASENTAMIENTO	1.09	1.07

OBSERVACIONES POR ESPECIFICACION ES UNA EMULSION ASFALTICA  
ANIONICA. VEO TARIAS DE ESPECIFICACIONES.

XIV.8 ESPECIFICACIONES

Emulsiones asfálticas aniónicas

CARACTERÍSTICAS	GRADO				
	Tipo I		Tipo II		Tipo III
	AP-1	AP-2	AM-2	AL-1	
<b>PRUEBAS AL MATERIAL ASFALTICO</b>					
Viscosidad Saybolt-Furui a 50°C, segundos	20-100	75-400	100 Min	20-100	20-100
Viscosidad Saybell-Furui a 25°C, segundos					
Residuo de la destilación, porcentaje en peso, mínimo	57	67	62	57	57
Asealamiento en 5 días, diferencia en porcentaje, máxima	5	3	3	3	3
Cubrimiento en 5 días, diferencia en porcentaje, máxima					
35 ml de 0.02N CaCl <sub>2</sub> por ciento, mínimo	60	50			
40 ml de 0.4N CaCl <sub>2</sub> por ciento, máximo			30		
Retenido en la malla No. 20 por ciento, máximo	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Miscibilidad con cemento Portland, por ciento, máxima				2.0	2.0
<b>PRUEBAS AL RESIDUO DE LA DESTILACION</b>					
Penetración, 25°C, 100 g, 5 segundos, grada	100-200	100-200	100-200	100-200	100-200
Solubilidad en tetracloruro de carbono, por ciento, mínimo	97.5	97.5	97.5	97.5	97.5
Ductilidad, 25°C, cm, mínima	40	40	40	40	40

Nota: La viscosidad de las emulsiones se debe medir más de treinta por ciento (30%) al bajar su temperatura de entre los grados centígrados (20°C) a diez grados centígrados (10°C), al bajar más de treinta por ciento (30%) al bajar su temperatura de veinte grados centígrados (20°C) a cero grados centígrados (0°C).

Emulsiones asfálticas catiónicas

CARACTERÍSTICAS	GRADO					
	Tipo I		Tipo II		Tipo III	
	PR-2A	RR-2A	RM-2A	RM-3A	RL-2A	RL-3A
<b>PRUEBAS AL MATERIAL ASFALTICO</b>						
Viscosidad Saybell-Furui, 25°C, segundos	20-100	100-400	50-500	50-600	20-100	20-100
Viscosidad Saybell-Furui, 50°C, segundos						
Residuo de la destilación, porcentaje en peso, mínimo	60	65	60	65	57	57
Asealamiento en 5 días, diferencia en porcentaje, máximo	5	5	5	5	5	5
Retenido en la malla No. 20, por ciento, máximo	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Cubrimiento del agregado seco con arena de 1/8 pulg. Prueba de resistencia al agua						
Agregado seco, por ciento de cubrimiento, mínimo			60	60		
Agregado húmedo, por ciento de cubrimiento, mínimo			60	60		
Miscibilidad con cemento Portland, por ciento, máximo					P	P
Carga de la partícula, por ciento, máximo	Positivo	Positivo	Positivo	Positivo		
Densidad en volumen, por ciento, máximo	3	3	20	12	6.7	6.7
<b>PRUEBAS AL RESIDUO DE LA DESTILACION</b>						
Penetración, 25°C, 100 g, 5 segundos, grada	100-250	100-250	100-250	100-250	100-250	100-250
Solubilidad en tetracloruro de carbono, por ciento, mínimo	97	97	97	97	97	97
Ductilidad, 25°C, cm, mínima	40	40	40	40	40	40

Nota: La viscosidad de las emulsiones se debe medir más de treinta por ciento (30%) al bajar su temperatura de entre los grados centígrados (20°C) a diez grados centígrados (10°C), al bajar más de treinta por ciento (30%) al bajar su temperatura de veinte grados centígrados (20°C) a cero grados centígrados (0°C).

XIV 9 CONCLUSIONES.

El equipo deberá de estar completamente limpio.

Deberá tenerse cuidado al sacar la muestra representativa de la parte superior como el residuo para no perturbar el resto del contenido.

## CARGA DE LA PARTICULA

## XV.1 INTRODUCCION.

La preparación de las muestras se refiere a los procedimientos previos para uniformizarlas, mediante agitación moderada con una varilla de vidrio que estará limpia para evitar el rompimiento de la emulsión; así mismo, se cuidará que siempre se almacenen perfectamente tapadas y en lugares frescos no sujetos a cambios bruscos de temperatura.

En este capítulo se describe la prueba para determinar la carga eléctrica de sus glóbulos de asfalto. Cuando dichos glóbulos tienen carga eléctrica negativa, las emulsiones se clasifican como aniónicas, y cuando tienen carga eléctrica positiva se identifican como emulsiones catiónicas.

## XV.2 OBJETIVO.

Determinar la polaridad eléctrica de las partículas de una emulsión para identificar su carga eléctrica (negativa ó positiva).

## XV.3 EQUIPO.

El equipo para efectuar esta prueba es el siguiente:

Aparato que proporcione una corriente eléctrica directa de doce (12) voltios, provisto de una resistencia variable y un miliamperímetro, cuyo circuito eléctrico se muestra en el diagrama.

Dos electrodos formados cada uno por una placa de acero inoxidable, de cien (100) milímetros de longitud, veinticinco (25) milímetros de ancho y tres (3) milímetros de espesor, aproximadamente. Los electrodos están aislados entre sí y sostenidos rígidamente y paralelamente, distando entre sí trece (13) milímetros.

Vaso de recipientado, de vidrio, de ciento cincuenta a doscientos cincuenta (150 a 250) centímetros cúbicos de capacidad.

Cronómetro con aproximación de cero punto dos (0.2) segundos.

#### XV.4 MATERIAL.

Emulsión asfáltica compatible con agua

#### XV.5 DESARROLLO.

La prueba se efectúa en la forma siguiente:

De una muestra de emulsión asfáltica obtenida, se vierte en el vaso una cantidad de emulsión suficiente para que los electrodos puedan sumergirse veinticinco (25) milímetros aproximadamente dentro de la emulsión, sin tocar el fondo del vaso.

Se conectan al dispositivo de corriente los electrodos limpios y secos, y en seguida se introducen en la emulsión hasta que en una longitud de veinticinco (25) milímetros queden sumergidos, sin tocar las paredes ni el fondo del vaso.

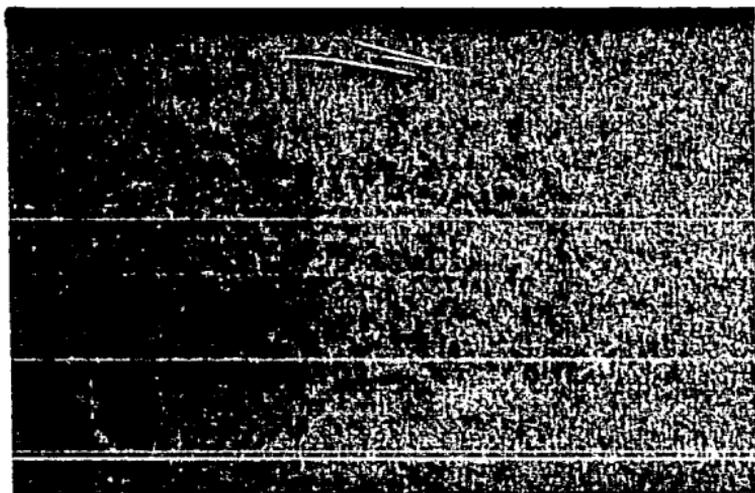
Se conecta la corriente eléctrica, se mueve el botón de ajuste para tener una intensidad de ocho (8) miliamperios y en este momento se acciona el cronómetro.

Cuando haya transcurrido un tiempo de treinta (30) minutos de aplicación de la corriente; o bien, si antes de este tiempo se reduce la intensidad de la misma a dos (2) miliamperios, se acciona el interruptor, se desconectan los electrodos, se retiran de la emulsión y se lavan con agua de la llave.

Normalmente después de este proceso se habrá adherido una capa de asfalto en uno de los electrodos, de no ser así, se repetirán en la misma muestra los pasos indicados, aplicando una mayor intensidad de corriente sin rebasar la capacidad máxima del miliamperímetro para lograr que se adhiera asfalto en uno de los electrodos.

Se observa en cual de los electrodos se encuentra adherido el asfalto; las emulsiones aniónicas depositan una capa apreciable de asfalto sobre el ánodo o electrodo positivo, mientras que el cátodo o electrodo negativo, se conservará relativamente limpio; lo contrario ocurre con las emulsiones catiónicas.

Se reportan los resultados de la prueba en términos de la polaridad determinada a los glóbulos de asfalto de la emulsión; como positiva si el asfalto se ha depositado en el cátodo, o como negativa si las partículas quedan adheridas en el ánodo. Cuando para realizar la prueba se utiliza una intensidad de corriente mayor de ocho (8) miliamperios, también se reportará esta otra intensidad de la corriente.



EQUIPO Y DESARROLLO DE LA PRUEBA.



## PRUEBA CARGA DE LA PARTICULA

ESTUDIO POR EFECTUAR PRUEBA CARGA DE LA PARTICULA ENSAYE NO. 1 y 2  
LOCALIZACION ENEP " ARAGON " FECHA DE INICIACION MAYO / 1990  
CALCULO CELIA MARTINEZ RAYON. FECHA DE TERMINACION \_\_\_\_\_

Tipo de producto Asfáltico	Lectura inicial (Mikamper)	Lectura final (Mikamper)	Polaridad de la partícula
EMULSION ASFALTICA COMPATIBLE CON AGUA	8.0	8.6	EMULSION CATIONICA ( Cargada electropositivamente. )
EMULSION ASFALTICA COMPATIBLE CON AGUA	8.0	8.9	EMULSION CATIONICA ( Cargada electropositivamente )

Observaciones POR ESPECIFICACIONES PUEDE SER DE ROMPIMIENTO  
RAPIDO O ROMPIMIENTO LENTO. VER TABLAS DE -  
ESPECIFICACIONES.

XV.8 ESPECIFICACIONES

Emulsiones asfálticas aniónicas

CARACTERÍSTICAS	GR A D O				
	Hemipunto medio		Hemipunto medio		Hemipunto medio
	MA-1	MA-2	MA-2	MA-1	MA-1
<b>PRUEBAS AL MATERIAL ASFÁLTICO</b>					
Viscosidad Saybolt-Furl a 50°C, segundos	20-100	75-100	100 Min	20-100	20-100
Viscosidad Saybolt-Furl a 25°C, segundos					
Residuo de la destilación, por ciento en peso, mínimo	57	62	62	57	57
Asealamiento en 5 días, diferencia en porcentaje, máximo	5	3	3	5	5
Demulsibilidad					
35 ml de 0.2% CaCl <sub>2</sub> por ciento, máximo	60	50	50	60	60
50 ml de 0.1% CaCl <sub>2</sub> por ciento, máximo					
Retenido en la malla No. 20 por ciento, máximo	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Mezclabilidad con cemento Portland, por ciento, máximo				2.0	2.0
<b>PRUEBAS AL RESIDUO DE LA DESTILACION</b>					
Penetración, 25°C, 100 g, 5 segundos, grados	100-200	100-200	100-200	100-200	100-200
Solubilidad en tritocrómico de carbono, por ciento, mínimo	97.5	97.5	97.5	97.5	97.5
Ductilidad, 25°C, cm, mínimo	40	40	40	40	40

Nota: La viscosidad de las emulsiones no debe aumentarse más de treinta por ciento (30%) al bajar de temperatura de veinte grados centígrados (20°C) a diez grados centígrados (10°C), ni bajar más de treinta por ciento (30%) al subir de temperatura de veinte grados centígrados (20°C) a treinta grados centígrados (30°C).

Emulsiones asfálticas catiónicas

CARACTERÍSTICAS	GR A D O					
	Hemipunto medio		Hemipunto medio		Hemipunto medio	
	MA-1	MA-2	MA-2	MA-1	MA-1	MA-1
<b>PRUEBAS AL MATERIAL ASFÁLTICO</b>						
Viscosidad Saybolt-Furl, 25°C, segundos	20-100	100-100	50-500	50-500	20-100	20-100
Viscosidad Saybolt-Furl, 50°C, segundos						
Residuo de la destilación, porcentaje en peso, mínimo	60	65	60	65	57	57
Asealamiento en 5 días, diferencia en porcentaje, máximo	5	5	5	5	5	5
Retenido en la malla No. 20, por ciento, máximo	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Cubrimiento del agregado (en condiciones de prueba [a]) Prueba de resistencia al agua						
Agregado seco, por ciento de cubrimiento, mínimo			60	60		
Agregado húmedo, por ciento de cubrimiento, mínimo			60	60		
Mezclabilidad con cemento Portland, por ciento, máximo					2	2
Carga de la partícula, pH mínimo	Positiva	Positiva	Positiva	Positiva	7.7	7.7
Disolvente en volumen, por ciento, máximo	3	3	20	12		
<b>PRUEBAS AL RESIDUO DE LA DESTILACION</b>						
Penetración, 25°C, 100 g, 5 segundos, grados	100-250	100-250	100-250	100-250	100-250	100-250
Solubilidad en tritocrómico de carbono, por ciento, mínimo	97	97	97	97	97	97
Ductilidad, 25°C, cm, mínimo	40	40	40	40	40	40

Nota: La viscosidad de las emulsiones no debe aumentarse más de treinta por ciento (30%) al bajar de temperatura de veinte grados centígrados (20°C) a diez grados centígrados (10°C), ni bajar más de treinta por ciento (30%) al subir de temperatura de veinte grados centígrados (20°C) a treinta grados centígrados (30°C).

**XV.9 CONCLUSIONES.**

**En esta prueba se tendrán las siguientes precauciones:**

**Verificar que la emulsión empleada para las pruebas sea homogénea.**

**No mover el vaso con la emulsión cuando esté circulando la corriente eléctrica.**

## CAPITULO XVI

### OBTENCION DE OPTIMOS DE ASFALTOS POR EL METODO DE MARSHALL

#### XVI.1 INTRODUCCION.

El método Marshall está limitado al proyecto y control de la ración de mezclas asfálticas hechas en planta estacionaria, - en caliente, utilizando cemento asfáltico. En esta prueba se determinarán los valores de estabilidad y de flujo en especímenes cilíndricos, compactados axialmente con un sistema determinado y probados a sesenta grados Celsius (60°C). El valor de estabilidad se determinará midiendo la carga necesaria para producir la falla del espécimen, aplicada en sentido normal su eje. La deformación vertical producida en el espécimen por dicha carga será el valor de flujo. El valor de estabilidad expresa la resistencia estructural de la mezcla compactada, y esta afectada principalmente por el contenido de - asfalto, la composición granulométrica y el tipo del agregado. Principalmente, el valor de estabilidad es un índice de la calidad del agregado. El valor de flujo representa la deformación requerida, en el sentido del diámetro del espécimen, para producir su fractura. Este valor es una indicación de la - tendencia de la mezcla para alcanzar una condición plástica, y consecuentemente de la resistencia que ofrecerá la carpeta a deformarse bajo la acción de las cargas impuestas por los vehículos.

## XVI.2 OBJETIVO.

Determinar el contenido óptimo de asfalto que habrá de contener un concreto asfáltico.

## XVI.3 EQUIPO.

El equipo necesario para la elaboración y prueba de los especímenes es el siguiente:

Un molde de compactación, provisto de un collarín y de una placa de base.

Un sostén del molde de compactación para sujetar firmemente el molde.

Un pisón de compactación, con superficie circular de apisonado de noventa y ocho punto cuatro (98.4) milímetros (3 7/8") de diámetro, equipado con una pesa deslizante de cuatro punto quinientos treinta y seis (4.536) kilogramos (10-ibs), cuya altura de caída es de cuarenta y cinco punto siete (45.7) centímetros (18").

Una máquina de compresión Marshall, accionada con motor eléctrico que permite aplicar cargas, por medio de una cabeza de prueba con forma de anillo seccionado, a una velocidad de cincuenta punto ocho (50.8) milímetros por minuto (2 pulg/min.) Está equipada con un anillo calibrado para determinar el valor de las cargas y

un extensómetro para medir las deformaciones del anillo.

Un medidor de flujo.

Un tanque de saturación con dispositivo eléctrico para mantener constante la temperatura del agua.

Hornilla eléctrica para calentar los agregados.

Charola de lámina.

Cucharones de lámina.

Un termómetro blindado para registrar temperaturas entre diez grados Celsius y doscientos grados Celsius (10°C y 200°C).

Una balanza con capacidad de veinte (20) kilogramos y aproximación de un (1) gramo.

Una cuchara de albañil.

Una espátula.

Un baño de agua para calentar el pisón de compactación y el molde.

#### XVI.4 MATERIAL.

Grava, Cemento asfáltico del No. 8.

#### XVI.5 DESARROLLO.

Con relación a la elaboración de los especímenes se considerarán los siguientes conceptos:

Fijada la granulometría de la mezcla asfáltica, se determinará el porcentaje en peso de los siguientes tamaños en que ha sido separado previamente el material pétreo. Material retenido en la malla de doce punto siete (12.7) milímetros (1/2").

Material retenido en la malla de seis punto treinta y cinco (6.35) milímetros (1/4") y que pasa la malla de doce punto siete (12.7) milímetros (1/2").

Material retenido en la malla Núm. 10 y que pasa la malla - de seis punto treinta y cinco (6.35) milímetros (1/4").

Material que pasa la malla Núm. 40.

Para cada contenido de asfalto se fabricarán tres (3) especímenes, cada uno (1) de los cuales requiere aproximadamente - mil doscientos (1,200) gramos de agregado pétreo. Se tomará de cada uno (1) de los tamaños mencionados la cantidad de - muestra que resulte de multiplicar el porcentaje en peso de cada fracción por el peso total de la muestra. Las fracciones ya pesadas se mezclarán previamente a la adición del 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. No deberá omitirse la corrección allí mencionada para el caso - de los cementos asfálticos que tienen un menor poder de cubri- miento que los asfaltos rebajados.

Estas cantidades de cemento asfáltico deberán corresponder a los siguientes porcentajes de cemento asfáltico, expresados - en relación al peso del material pétreo:

Contenido calculado - 1%

Contenido calculado neto

Contenido calculado + 0.5%

Contenido calculado + 1.0%

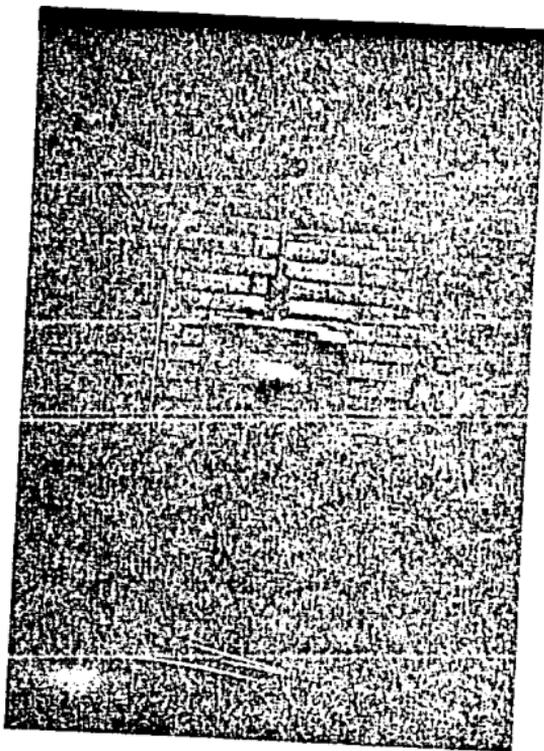
Contenido calculado + 1.5%

## Contenido calculado + 2.0%

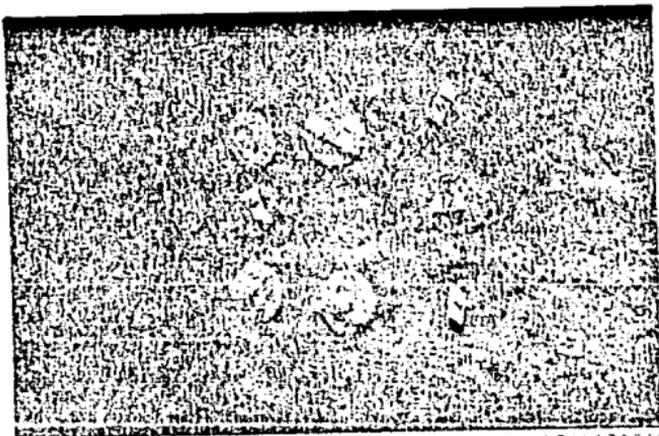
Se mezclarán los agregados y el cemento asfáltico, calentados previamente a las temperaturas de ciento setenta y cinco grados Celsius y ciento veinte grados Celsius (175°C y 120°C), - respectivamente, hasta obtener una distribución uniforme del asfalto. La temperatura de la mezcla no deberá ser menor de cien grados Celsius (100°C) al momento de elaborar el espécimen. En ningún caso la mezcla deberá ser recalentada.

Para compactar la mezcla asfáltica se procederá en la forma siguiente: el pisón de compactación y el molde se calentarán en un baño de agua hirviendo. Una vez caliente se sacará el equipo del baño y se colocará un papel filtro en el fondo del molde y se llenará con la mezcla caliente. Se apoyará el pisón sobre la mezcla y se aplicarán cincuenta (50) golpes con la pesa deslizante. La cara del pisón será mantenida paralela a la base del molde durante el proceso de compactación. Se quitará el collarín y se invertirá la posición del molde; se colocará el collarín y se aplicarán otros cincuenta (50) golpes en el espécimen. El procedimiento de compactación anteriormente descrito se aplicará al estudio de mezclas asfálticas proyectadas para recibir presiones de contacto que no exceden de siete (7) kilogramos por centímetro cuadrado (100 lbs/pulg<sup>2</sup>). El número de golpes en cada cara del espécimen deberá aumentarse a setenta y cinco (75), cuando la mezcla se proyecte para recibir presiones de contacto comprendidas entre siete y catorse (7 y 14) kilogramos por centímetro cuadrado (100 a 200 lbs-

pulg2). Se removerá el collarín y la placa de base, y el molde con su contenido se sumergirá en agua fría por un tiempo mínimo de dos (2) minutos. Se extraerá el espécimen del molde, se identificará y se dejará enfriar a la temperatura ambiente durante doce (12) a veinticuatro (24) horas. Los especímenes compactados deberán tener una altura de sesenta y tres punto cinco (63.5) milímetros (2 1/2"), con una tolerancia de tres punto dos (3.2) milímetros (1/8"), y en otro caso deberá repetirse el proceso.



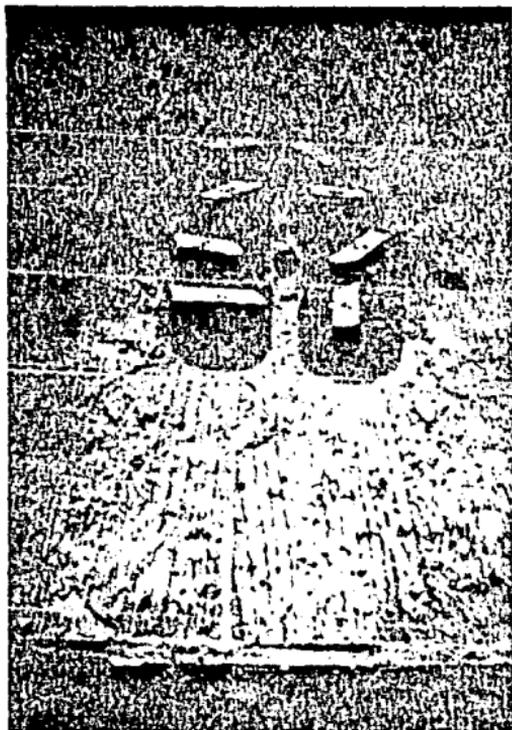
EQUIPO UTILIZADO PARA LA PRUEBA EN  
BAÑO MARIA



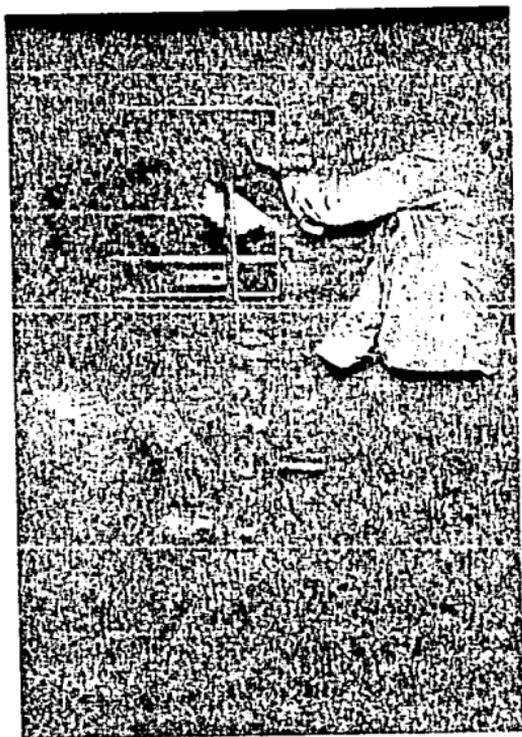
TOTAL DE PASTILLAS ELABORADAS PARA LA REALIZACION  
DE LA PRUEBA.



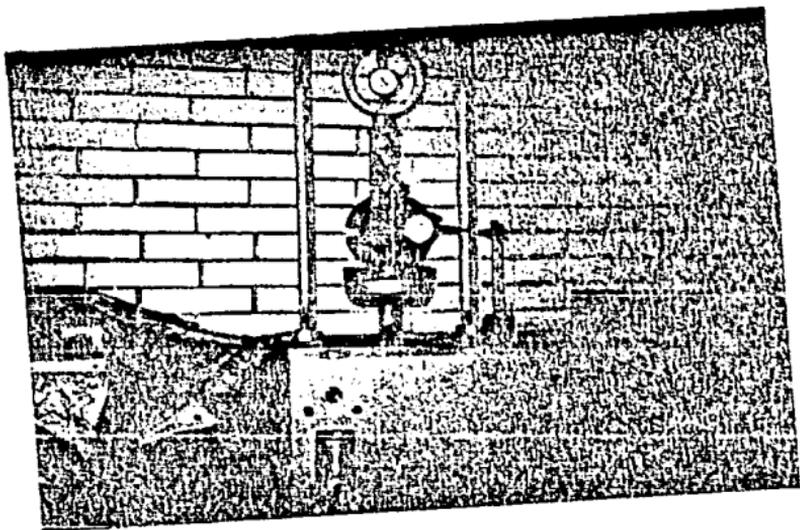
OBTENCION DEL FENO  
DE UNA PASTILLA  
CON PARAFINA EN  
AGUA.



8 PASTILLAS ELABORADAS CON DIFERENTE  
PORCENTAJE DE CEMENTO ASFALTICO.

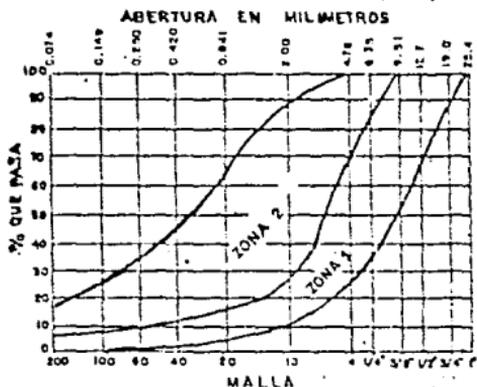


ELABORACION DE UNA PASTILLA.

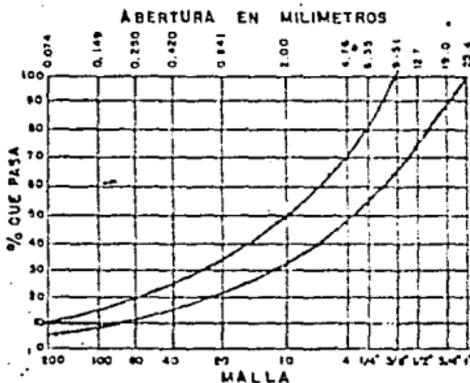


DETERMINACION DEL FLUJO Y LA ESTABILIDAD EN LA  
PRENSA MARSHALL.

XVI.7 ESPECIFICACIONES ZONAS DE ESPECIFICACIONES GRANULOMETRICAS PARA MATERIALES PETREOS QUE SE EMPLEEN EN MEZCLAS ASFALTICAS EN EL LUGAR



ZONA DE ESPECIFICACION GRANULOMETRICA PARA MATERIALES PETREOS QUE SE EMPLEEN EN CONCRETOS ASFALTICOS



XVI.8 CALCULOS

CALCULO DEL CONTENIDO MINIMO DE CUBRIMIENTO TOTAL

MALLA	RET.	AREA ESPEC.	SUP. PARCIAL	I A	C.M.A.
(1)	(2)	(3)	4=(2) X (3)	(5)	6=(4) x (3)
3/4 - 4	42	.41	17.22	.008	.138
4 - 40	38	2.05	77.9	.008	.623
40 - 200	12	15.38	184.56	.008	1.476
Pasa 200	8	53.30	426.4	.008	<u>3.411</u>
					6

Nota: Para éste cálculo se utilizó la Tabla 1, 2 y 3.

PORCENTAJE DE ASPALTO CON RESPECTO AL CONTENIDO MINIMO DE CUBRIMIENTO TOTAL				
- .5 %	+ .5 %	+ 1 %	1.5 %	2 %
5.5 %	6.5 %	7 %	7.5 %	8 %

Nota: Se le agregó 3 % por desperdicio

Material se retiene		Constante de
Pasa malla	enmalla	área m <sup>2</sup> /kg
38.1 cm (1 1/2")...	19.05 cm (3.4")	0.27
19.05 cm (3/4")...	Núm. 4	0.41
Número 4 ...	Núm. 40	2.05
Número 40 ...	Núm. 3000	15.38
Número 300 ...		53.30

Tabla 1.- Constantes de área para encontrar el porcentaje de contenido mínimo de cubrimiento total con base en la granulometría del material.

Material	Índice Asfáltico
Gravas o arenas de río o materiales redondeados, de baja absorción ...	0.0055
Gravas angulosas o redondeadas, trituradas, de baja absorción ...	0.0060
Gravas angulosas o redondeadas, de alta absorción y rocas trituradas de absorción media ...	0.0070
Rocas trituradas de alta absorción ...	0.0080

Tabla 2.- Índice asfáltico para encontrar el porcentaje de contenido mínimo de cubrimiento total en base a granulometría del material.

Material	Índice
Gravas y arenas de río o materiales redondeados de baja absorción ...	0.15
Gravas trituradas de baja absorción ...	0.20
Rocas trituradas de absorción media ...	0.30
Rocas trituradas de alta absorción ...	0.35

Tabla 3.- Coeficiente asfáltico para encontrar el porcentaje de contenido mínimo de cubrimiento total en base a la granulometría del material pétreo.

## PRUEBA MARSHALL

## GRANULOMETRIA

MALLA	PASA %	RETENIDO PARCIAL %	PESO PARA 1 PASTILLA 900 gr		PARA 18 PASTILLAS
			MALLA	gr	gr
3/4	100	0	3/4		
1/2	88	12	1/2	108	1944
1/8	78		4	270	4860
4	58	30	10	72	1296
10	42	8	40	270	4860
20	28		200	108	1944
40	20	30	PASA	72	1296
60	15				
100	12				
200	8	12			
PASA 200		8			

Nota para sacar esta granulometria se utilizaron las graficas a y b



### PRUEBA MARSHALL

**OPERADOR** CELIA MARTINEZ BAYON

**MATERIAL** GRAVA, CEMENTO ASEALTICO

**MATERIAL** ASFALTICO CEMENTO ASEALTICO No. 8

**DESCRIPCIONES**
**FECHA**
**TAMAJO MAXIMO** 1/2"

**ADITIVO EMPLEADO**

GRABE NO.	PRUEBA NO.	% DE AGREGADO SOLICITADO POR PISO DE ESTRADA	% DE CEMENTO AGREGADO POR PISO DE ESTRADA EN P.C.E.	P E T R O				V O L U M E N (cm <sup>3</sup> )										V O L U M E N % T O T A L			E S T A B I L I D A D (kg)			P L A N O DE 100 cm <sup>2</sup>		P L A N O DE 100 cm <sup>2</sup>																							
				ESPECIMEN A TEMPERATURA DE AIRE		ESPECIMEN B EN OIL BATH DE AIRE		ESPECIMEN C TEMPERATURA DE AIRE		ESPECIMEN D TEMPERATURA DE AIRE		PARAFINA	ESPECIMEN	FORMA	ESPECIMEN	FORMA	ESPECIMEN	ESPECIMEN	ESPECIMEN	ESPECIMEN	ESPECIMEN	ESPECIMEN	ESPECIMEN	ESPECIMEN	ESPECIMEN		ESPECIMEN																						
				f	g	h	i	j	k	l	m																							n	o	p	q	r	s	t	u	v							
				c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t	u	v	w	x		y	z	aa	ab	ac	ad	ae	af	ag	ah	ai	aj	ak	al	am	an	ao	ap	aq	ar	as	at	au
1	5.5	5.21	1054.4	986.1	462.6	68.3	509.80	75.74	213.06	1922	2208	11.326	75.911	12.963	21.09	730	6.35	1	4258	190	4.9																												
2	5.5	5.21	1018.1	952.7	405.7	75.3	612.30	81.72	227.68	1786	2208	10.33	70.560	19.100	29.44	193	6.35	1	1247	450	4.5																												
3	5.5	5.21	1011.1	950.7	429.1	80.3	602.00	83.34	111.66	1860	2208	10.26	73.390	15.960	26.71	300	6.35	1	1947	130	3.1																												
4	6.0	5.70	1035.6	954.5	450.1	71.0	485.50	79.89	505.61	1910	2197	12.08	74.95	12.92	25.05	552	6.35	1	3595	320	3.2																												
5	6.0	5.70	1121.6	1020.8	483.8	100.8	637.80	113.26	623.54	1950	2197	12.32	76.46	11.21	23.53	257	6.35	1	1666	130	3.3																												
6	6.0	5.70	1211.2	953.0	410.7	78.7	621.00	89.43	332.57	1790	2197	11.33	70.721	18.26	29.69	195	6.35	1	1260	390	3.9																												
7	6.5	6.10	1026.6	960.3	430.1	66.3	596.50	74.49	622.00	1839	2175	12.37	71.98	15.56	28.02	272	6.35	1	1761	180	3.8																												
8	6.5	6.10	991.5	935.4	403.5	55.1	588.00	61.91	626.09	1779	2175	12.06	69.64	18.30	10.36	189	6.35	1	1271	360	3.6																												
9	6.5	6.10	996.8	920.1	412.2	76.7	621.60	86.18	498.42	1856	2175	12.51	72.23	15.26	27.71	278	6.35	1	1277	430	4.3																												
10	7.0	6.54	1002.1	916.2	409.0	55.9	602.10	61.81	639.90	1754	2167	12.75	68.32	18.93	11.68	167	6.35	1	1077	430	4.3																												
11	7.0	6.54	1015.2	973.0	451.0	42.7	604.70	41.99	616.22	1883	2167	13.68	73.33	12.99	26.67	298	6.35	1	1931	460	4.6																												
12	7.0	6.54	1019.2	963.9	425.7	55.8	624.00	62.79	631.20	1814	2167	13.18	70.65	16.17	29.35	280	6.35	1	1816	430	4.3																												
13	7.5	7.98	1054.5	982.5	457.1	72.0	697.40	80.99	616.50	1902	2140	14.75	73.23	11.52	26.27	256	6.35	1	2313	580	5.8																												
14	7.5	6.98	1007.3	960.0	424.0	43.0	609.00	48.41	620.69	1844	2140	14.30	71.46	15.24	28.54	264	6.35	1	2365	450	4.5																												
15	7.5	6.98	1041.9	980.1	448.7	61.8	693.70	69.44	623.76	1871	2150	14.51	72.53	12.96	27.37	280	6.35	1	1816	430	4.3																												
16	8.0	7.41	1055.1	957.6	432.0	67.5	623.10	98.31	624.79	1844	2136	15.18	71.13	13.69	28.87	327	6.35	1	2123	420	4.2																												
17	8.0	7.41	1070.0	990.8	455.6	79.2	694.40	94.99	625.41	1986	2136	15.53	72.75	11.72	27.25	322	6.35	1	2091	390	3.9																												
18	8.0	7.41	1082.0	997.0	462.2	85.0	694.80	95.51	624.29	1901	2136	15.66	73.36	10.98	26.64	277	6.35	1	1797	860	8.6																												

**K = CONSTANTE DE ANILLO**

$$K = \frac{100}{\frac{\% C.A.}{D.C.A.} + \frac{\% P.F.}{D.M.F.}}$$

**DENSIDAD CEMENTO ASFALTICO** (D.C.A.) = 0.9

**DENSIDAD MATERIAL PETREO** (D.M.P.) = 2.4

**DENSIDAD PARAFINA** (D.P.) = 0.89

**OBSERVACIONES:**

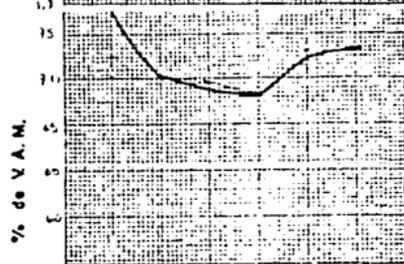
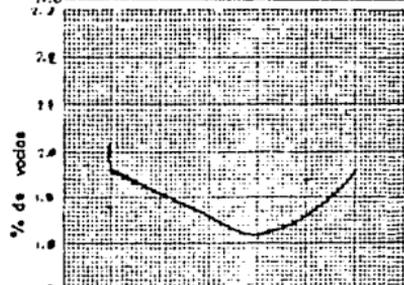
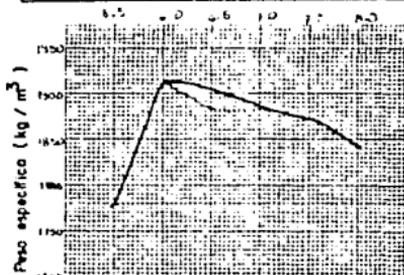
DEBE TENER LA TEMPERATURA REQUERIDA EN EL PROYECTO.  
 YA QUE MUCHAS VECES EL AGREGADO PETREO NO TIENE LA  
 MISMA ADHERENCIA CON EL CEMENTO ASFALTICO QUE CUANDO  
 ESTOS SE ENCUENTRAN EN LA TEMPERATURA ADECUADA.



# PRUEBA MARSHALL



ESTUDIO POR EFECTUAR PRUEBA MARSHALL ENSAYE NO 1  
 LOCALIZACION ENEP "ARAGON" FECHA DE INICIACION JULIO / 1990  
 CALCULO CELIA MARTINEZ RAYON. FECHA DE TERMINACION \_\_\_\_\_



% C.A. En peso respecto al agregado

CARACTERISTICAS	Datos Obtenidos	Especificaciones
% CONTENIDO OPTIMO DE C.A.	6.0	
PESO ESPECIFICO (kg/m³)	1910	
VAIDOS (%)	1.82	
V.A.M (%)	68.3	
ESTABILIDAD (kg)	552	
FLUJO (mm)	4.60	
ESPECIMEN COMPACTADO CON <u>75</u>		
GOLPES DEL PISON POR CARA, A LA		
TEMPERATURA DE <u>100°C</u>		

## CONCLUSIONES

El método Marshall, para obtener el óptimo de asfalto, nos indica que el óptimo de asfalto se localiza en el material entre el 6.0 % y el 7 % del contenido de producto asfáltico y visualmente se encuentra en el 6.5 % .

B I B L I O G R A F I A .

- \*\* ESTRUCTURACION DE VIAS TERRESTRES \*\*  
M. EN I. FERNANDO OLIVERA BUSTAMANTE.  
EDITORIAL CECSA.
- \*\* NORMAS DE CONSTRUCCION DE LA SECRETARIA DE COMUNICACIONES  
Y TRANSPORTES \*\*
- \*\* INSTRUCTIVO PARA EFECTUAR PRUEBAS EN MATERIALES DE PAVIMEN  
TACION \*\*  
VOLUMEN 2  
SECRETARIA DE ASENTAMIENTOS HUMANOS Y OBRAS PUBLICAS.
- \*\* NORMAS PARA MUESTREO Y PRUEBAS DE MATERIALES, EQUIPOS Y  
SISTEMAS \*\*  
CARRETERAS Y AEROPUERTOS ( PAVIMENTOS ( 1 ) ).  
SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES.
- \*\* NORMAS PARA MUESTREO Y PRUEBAS DE MATERIALES DE PAVIMEN  
TACION \*\*  
MATERIALES PARA TERRACERIAS.  
SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES.
- \*\* NORMAS DE CONSTRUCCION \*\*  
TOMO IX. MUESTREO Y PRUEBAS DE MATERIALES.  
SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES.