



**UNIVERSIDAD MICHOACANA DE
SAN NICOLÁS DE HIDALGO**

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

T E S I S

**“ESTUDIO COMPARATIVO DE MATERIALES
PETREOS DEL BANCO "LOS NOGALES" Y DEL
BANCO "MINA LA ESPERANZA" EN LA REGIÓN DE
ZITACUARO MICHOACÁN, PARA EL DISEÑO DE UN
CONCRETO ASFALTICO DE UN PAVIMENTO
FLEXIBLE”.**

**PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO CIVIL**

**PRESENTA
ALEJANDRO PEGUERO ZAVALA**

**ASESOR DE TESIS:
ING. ALEJANDRO PERALTA ARNUD**

MORELIA, MICHOACÁN, MAYO 2007



Agradecimientos

- *Agradezco primeramente a dios por haberme prestado la vida para poder realizar mis anhelos, por que gracias a el, he logrado ser lo que ahora soy.*
- *A tí mama, por que siempre estuviste conmigo, desde que me viste nacer y crecer, en mis tiempos difíciles tu apoyo fue incondicional, porque tus bendiciones siempre están conmigo y hoy veo realizada una parte de mis anhelos."GRACIAS MAMA"*
- *A tí papa, porque me enseñaste lo bueno y lo malo de la vida, porque por distintas razones, tal vez ha sido poco el tiempo que hemos convivido, pero para mí hasta hoy tu apoyo y tus sabios consejos, han sido suficientes para formar gran parte de mi vida,"GRACIAS PAPA"*
- *A mis hermanas LILIANA Y MAYRA por que siempre han depositado su confianza en mí, espero este trabajo sirva de motivación para ustedes "GRACIAS"*
- *A mí esposa, ROSARIO porque desde que la conocí, siempre ha estado conmigo en los momentos difíciles, me ha comprendido y apoyado para poder dar este gran paso en mi vida "GRACIAS CHAYO"*
- *A mí asesor, el Ing. ALEJANDRO PERALTA ARNAUD, porque en el pude encontrar no solo un asesor, sino un gran amigo.*
- *A todos mis compañeros y amigos con los que compartí gran parte del tiempo.*

INDICE

INTRODUCCIÓN

CAPITULO I. CARACTERISTICAS MECANICAS DEL AGREGADO MINERAL

A.)- BANCO "LOS NOGALES"

- A.I.I LOCALIZACIÓN GEOGRAFICA.
- A.I.II GEOLOGIA DEL LUGAR Y TOPOGRAFÍA.
- A.I.III BANCOS DE MATERIAL.

A.II).- CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL PÉTREO

- A.II.I INTRODUCCIÓN.
- A.II.II IDENTIFICACIÓN MUESTREO Y TRANSPORTE DEL MATERIAL PÉTREO.
- A.II.III PREPARACIÓN DE LA MUESTRA.
- A.II.IV DETERMINACIÓN DEL PESO VOLUMÉTRICO SECO SUELTO.
- A.II.V ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO.
- A.II.VI DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD RELATIVA APARENTE.
- A.II.VII DETERMINACION DE LA ABSORCIÓN DEL MATERIAL PÉTREO.
- A.II.VIII DETERMINACIÓN DEL EQUIVALENTE DE ARENA.
- A.II.IX DETERMINACIÓN DE LA CONTRACCIÓN LINEAL.
- A.II.X DETERMINACIÓN DE LA FORMA DE LA PARTÍCULA.
- A.II.XI DETERMINACIÓN DE LA PRUEBA DE DESGASTE DE LOS ÁNGELES.
- A.II.XII DETERMINACIÓN DE LA AFINIDAD ENTRE EL MATERIAL PÉTREO Y EL ASFALTO.
- A.II.XIII DETERMINACIÓN DEL PESO ESPECÍFICO RELATIVO APARENTE POR INMERSIÓN DEL MATERIAL PÉTREO EN CEMENTO ASFÁLTICO FLUIDIFICADO (CUERPO DE INGENIEROS).
- A.II.XIV RESUMEN DE RESULTADOS
- A.II.XV CONCLUSIONES

B.)- BANCO "MINA LA ESPERANZA"

- B.I.I LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA.
- B.I.II GEOLOGIA DEL LUGAR Y TOPOGRAFÍA.
- B.I.III BANCOS DE MATERIAL.

B.II.)- CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL PÉTREO

- B.II.I INTRODUCCIÓN.
- B.II.II IDENTIFICACIÓN MUESTREO Y TRANSPORTE DEL MATERIAL PÉTREO.
- B.II.III PREPARACIÓN DE LA MUESTRA.
- B.II.IV DETERMINACIÓN DEL PESO VOLUMÉTRICO SECO SUELTO.
- B.II.V ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO.
- B.II.VI DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD RELATIVA APARENTE.
- B.II.VII DETERMINACIÓN DE LA ABSORCIÓN DEL MATERIAL PÉTREO.
- B.II.VIII DETERMINACIÓN DE LA FORMA DE LA PARTÍCULA.
- B.II.IX DETERMINACIÓN DE LA PRUEBA DE DESGASTE DE LOS ÁNGELES.
- B.II.X DETERMINACIÓN DE LA AFINIDAD ENTRE EL MATERIAL PÉTREO Y EL ASFALTO.
- B.II.XI RESUMEN DE RESULTADOS
- B.II.XII CONCLUSIONES

CAPITULO II. CARACTERISTICAS MECANICAS DEL ASFALTO AC – 20

II.I INTRODUCCIÓN.

II.II CARACTERÍSTICAS DEL CEMENTO ASFÁLTICO.

II.II.I DENSIDAD O PESO ESPECÍFICO RELATIVO DEL ASFALTO.

II.II.II PRUEBA DE VISCOSIDAD SAYBOLT - FUROL.

II.II.III PRUEBA DE PENETRACIÓN.

II.II.IV SOLUBILIDAD EN TETRACLORURO DE CARBONO.

II.II.V PUNTO DE INFLAMACIÓN.

II.II.VI PRUEBA DE DUCTILIDAD.

II.II.VII PUNTO DE REBLANDECIMIENTO.

II.II.VIII PÉRDIDA POR CALENTAMIENTO Y PENETRACIÓN RETENIDA.

II. III CONCLUSIONES.

CAPITULO III. CALCULO DEL CONTENIDO MINIMO DE ASFALTO

A.III BANCO LOS NOGALES

B.III BANCO MINA LA ESPERANZA

CAPITULO IV. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO ÓPTIMO DE ASFALTO

IV.I INTRODUCCIÓN.

IV.II MÉTODO MARSHALL

A.IV).- BANCO "LOS NOGALES"

A.IV.III DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO ÓPTIMO DE ASFALTO.

A.IV.IV RESUMEN DE RESULTADOS EN FORMA GRÁFICA.

B.IV).- BANCO "MINA LA ESPERANZA"

B.IV.III DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO ÓPTIMO DE ASFALTO.

B.IV.IV RESUMEN DE RESULTADOS EN FORMA GRÁFICA.

IV.V CONCLUSIONES.

CAPITULO V. ANALISIS DE RESULTADOS

CAPITULO VI. RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFIA

INTRODUCCION

INTRODUCCION

EN EL DESARROLLO DE LA INFRAESTRUCTURA CARRETERA Y AEROPORTUARIA DE NUESTRO PAÍS EL EMPLEO DE MÉTODOS ECONÓMICOS Y EFICIENTES EN LA CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTOS SIEMPRE HA SIDO UN TEMA DE GRAN IMPORTANCIA.

LAS VÍAS TERRESTRES SON EL MEDIO NATURAL MAS IMPORTANTE A NIVEL MUNDIAL DE INTERCAMBIO DE BIENES Y SERVICIOS ENTRE LAS COMUNIDADES; EL CONJUNTO DE CARRETERAS, CAMINOS RURALES, PUENTES, AUTOPISTAS, RED VIAL, ETC. AYUDA A MULTIPLICAR ESAS POSIBILIDADES DE INTERCAMBIO CREANDO POR CONSIGUIENTE: MAYORES OPORTUNIDADES DE DESARROLLO ECONÓMICO Y BIENESTAR SOCIAL.

EN EL AÑO DE 1925 LA RED CARRETERA NACIONAL ESTABA CONSTITUIDA POR 600 KILÓMETROS Y 40,000 VEHÍCULOS AUTOMOTORES. EN ÉSTE MISMO AÑO SE CREA "LA COMISIÓN NACIONAL DE CAMINOS".

PARA EL AÑO DE 1950 LA RED CARRETERA YA CONTABA CON 22,000 KILÓMETROS Y UN VOLUMEN VEHICULAR DE 302,798 VEHÍCULOS; PARA EL AÑO DE 1975 SE CUENTA CON 185,000 KILÓMETROS DE CARRETERAS DE LA RED TRONCAL; ASÍ COMO CAMINOS REVESTIDOS Y RURALES, CON UN PARQUE VEHICULAR DE 3,586,125 VEHÍCULOS.

EN LA MEDIDA EN QUE SE LOGRA LA INTEGRACIÓN TERRITORIAL, VARIAS CARRETERAS YA PRESENTABAN CONDICIONES DE FLUJO INESTABLE, CON BAJAS VELOCIDADES Y CONGESTIONAMIENTOS EN LOS PERIODOS DE MÁXIMA DEMANDA DE TRANSITO; EL DATO MÁS ACTUAL CON QUE CUENTA LA S.C.T. EN EL AÑO 2000 LA RED CARRETERA ESTABA INTEGRADA POR 365,119 KILÓMETROS CON UN TOTAL DE 14, 000,000 DE VEHÍCULOS.

ANTE LA INMINENTE APERTURA COMERCIAL DEL PAÍS Y CON OBJETO DE SATISFACER LA DEMANDA DE MOVIMIENTO ENTRE CIUDADES Y REGIONES PLENAMENTE DESARROLLADAS, EL GOBIERNO FEDERAL SE DA A LA TAREA DE IMPLEMENTAR LA POLÍTICA DE CONCESIONAR LA CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE AUTOPISTAS; SIENDO DETERMINANTE LA PARTICIPACIÓN DECIDIDA DEL SECTOR PRIVADO, ASÍ COMO LA CALIDAD DE LAS OBRAS DE LAS OBRAS EJECUTADAS EN DICHS TRABAJOS PARA GARANTIZAR UN EXCELENTE FUNCIONAMIENTO DE LAS OBRAS DURANTE SU VIDA ÚTIL.

LA DEMANDA DE VOLUMEN DE VEHÍCULOS QUE TRANSITAN POR LA RED CARRETERA DEL PAÍS ESTÁ COMPRENDIDA ENTRE 1500 A 6000 VEHÍCULOS DIARIOS COMO PROMEDIO DEPENDIENDO DEL TIPO DE CAMINO; CABE MENCIONAR QUE EL PORCENTAJE DE VEHÍCULOS PESADOS QUE UTILIZAN ESTA RED ES HASTA DEL 33 %, LA CARGA MÁXIMA PERMITIDA EN MÉXICO ES DE 9 TONELADAS POR EJE TANDEM Y DE 7.5 TONELADAS POR EJE TRIPLE, LAS CARGAS REALES EN AMBOS TIPOS DE EJES SON HASTA DE 15 TONELADAS POR CADA EJE.

TOMANDO EN CUENTA LO MENCIONADO ANTERIORMENTE, EL DIAGNÓSTICO ES GRAVE, YA QUE ACTUALMENTE LA MAYORÍA DE LA RED CARRETERA NO ESTÁ EN CONDICIONES PARA SOPORTAR IMPORTANTE NÚMERO Y TIPO DE VEHÍCULOS; ADEMÁS DE QUE MÁS DEL 50 % OPERA CON BAJOS NIVELES DE SERVICIO.

EL PROBLEMA SE AGRAVA CONFORME PASA EL TIEMPO, MOTIVADO POR LA DEFICIENTE CONSERVACIÓN DE NUESTRA RED CARRETERA, ASÍ COMO LA ACUMULACIÓN DE DIFERENTES FACTORES COMO SON: LA EDAD, TIPOS DE DISEÑOS, DEFECTOS DE CONSTRUCCIÓN, SOBRE FATIGA DE LOS MATERIALES, MALA CALIDAD DE LOS MATERIALES, OBRAS DE DRENAJE OBSOLETAS, MEDIO AMBIENTE CAMBIANTE CON PRECIPITACIONES PLUVIALES SEVERAS E INCREMENTO DE LAS CARGAS DEL PARQUE VEHICULAR, TODO ESTO PROVOCADO POR UNA DEFICIENTE SUPERVISIÓN DE LAS OBRAS Y POR NO CONTAR CON UN ESTRICTO CONTROL DE CALIDAD DE LOS MATERIALES UTILIZADOS PARA LA REALIZACIÓN DE LAS OBRAS SEÑALADAS ANTERIORMENTE.

ACTUALMENTE EN NUESTRO PAÍS EL 94% DE NUESTRAS VÍAS TERRESTRES SON CONSTITUIDAS EMPLEANDO MATERIALES ASFÁLTICOS, EMPLEANDO LOS DIFERENTES TIPOS DE PRESENTACIONES:

1. CEMENTO ASFÁLTICO 40 %
2. EMULSIÓN ASFÁLTICA 54 %
3. OTROS 6 %

POR LO ANTERIOR LA CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTOS FLEXIBLES SE HARÁ CON CEMENTO ASFÁLTICO PARA MEZCLAS ELABORADAS EN CALIENTE Y EN PLANTA, Y CON EMULSIÓN ASFÁLTICA PARA MEZCLAS ELABORADAS EN FRÍO.

LAS CARPETAS ASFÁLTICAS CON MEZCLA EN CALIENTE, SON AQUELLAS QUE SE CONSTRUYEN MEDIANTE EL TENDIDO Y COMPACTACIÓN DE UNA MEZCLA DE MATERIALES PÉTREOS Y CEMENTO ASFÁLTICO, UTILIZANDO CALOR COMO VEHÍCULO DE INCORPORACIÓN, PARA QUE ESTAS TRABAJEN EFICIENTEMENTE SE DEBERÁ CUIDAR QUE ESTA TEMPERATURA SEA LA IDEAL PARA SU TENDIDO Y LA COMPACTACIÓN. SEGÚN LA GRANULOMETRÍA DEL MATERIAL PÉTREO QUE SE UTILICE, PUEDEN SER DE GRANULOMETRÍA DENSA, SEMIABIERTA O ABIERTA.

LAS CARPETAS ASFÁLTICAS CON MEZCLA EN CALIENTE SE CONSTRUYEN PARA PROPORCIONAR AL USUARIO UNA SUPERFICIE DE RODAMIENTO UNIFORME, BIEN DRENADA, RESISTENTE AL DERRAPAMIENTO, CÓMODA Y SOBRE TODO QUE BRINDE SEGURIDAD AL USUARIO.

EL INGENIERO CONSTRUCTOR DE PAVIMENTOS SE ENCUENTRA EN FORMA COTIDIANA CON EL GRAVE PROBLEMA DE ADHERENCIA (ADHESIVIDAD - AFINIDAD) ENTRE LOS MATERIALES (ASFÁLTICOS - PÉTREOS) PARA LA REALIZACIÓN DE: MEZCLAS ASFÁLTICAS, CARPETAS DE RIEGO O TRATAMIENTOS SUPERFICIALES Y BASES HIDRÁULICAS (BASES NEGRAS).

LA TECNOLOGÍA QUE SE EMPLEA EN LA ACTUALIDAD EN LAS REFINERÍAS PARA OBTENER EL MAYOR VOLUMEN DE METROS CÚBICOS POSIBLES DE PETRÓLEO CRUDO, IMPACTA EN LA CALIDAD DE LOS PRODUCTOS ASFÁLTICOS AL SUFRIR MODIFICACIONES EN SUS PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS.

LO ANTERIOR OBLIGA AL INGENIERO CONSTRUCTOR DE VÍAS TERRESTRES A LLEVAR EN FORMA SISTEMÁTICA UN CONTROL DE CALIDAD EN LAS PROPIEDADES DE LOS ASFALTOS EN RELACIÓN CON LOS MATERIALES PÉTREOS. LA ADHERENCIA ES UNA DE LAS PROPIEDADES MAYORMENTE AFECTADA.

PERO NO TODO VA RELACIONADO CON LA CALIDAD DEL MATERIAL ASFÁLTICO, TAMBIÉN ES CONOCIDO EL PROBLEMA NO MENOS GRAVE QUE PRESENTAN LOS MATERIALES PÉTREOS QUE SON UTILIZADOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTOS CON LA ADHERENCIA, MISMA QUE SE VE AFECTADA POR LOS FACTORES COMO: RUGOSIDAD O PULIMENTO DE LA SUPERFICIE DEL AGREGADO PÉTREO, EXCESO DE POLVO, LA ABSORCIÓN, FORMA DEL AGREGADO, PRESENCIA DE MINERALES EN EL MATERIAL, INTEMPERISMO ACELERADO Y SUMÁNDOSE A LOS ANTERIORES TENEMOS QUE MENCIONAR LOS EFECTOS NEGATIVOS POR PARTE DEL ASFALTO: LA VISCOSIDAD DE ÉSTE EN EL MOMENTO DE SU APLICACIÓN, DUCTILIDAD, PENETRACIÓN, Y VOLUMEN DEL ASFALTO EMPLEADO.

REQUISITOS QUE DEBEN SATISFACER UN BUEN PAVIMENTO.

ENTRE LOS REQUISITOS DE CALIDAD QUE DEBE SATISFACER UN BUEN PAVIMENTO TENEMOS LOS SIGUIENTES:

- A) **ESTABILIDAD.** PROPIEDAD DE LOS PAVIMENTOS DE RESISTIR DESPLAZAMIENTOS LATERALES.
- B) **DURABILIDAD.** AGREGADOS DURABLES Y PRÁCTICAMENTE IMPERMEABLES.
- C) **FLEXIBILIDAD.** RESISTENCIA A DEFORMACIONES PRODUCIDAS POR EL TRANSITO.
- D) **TEXTURA.** REQUISITOS DE SEGURIDAD PARA LOS CONDUCTORES.
- E) **AGREGADOS.** REPRESENTAN LA ESTABILIDAD MECÁNICA. SE CLASIFICA EN TRES GRUPOS.
 - **MATERIALES NATURALES** QUE NO REQUIEREN NINGÚN TIPO DE TRATAMIENTO
 - **MATERIALES NATURALES O ESCORIAS** QUE REQUIEREN PREVIO CRIBADO O TRITURADO.
 - **MEZCLA DE AMBOS GRUPOS**

DESGASTE: PARA COMPROBAR SU RESISTENCIA A LA ACCIÓN DE PLANCHADO Y LA ACCIÓN DEL TRANSITO SIN QUE ESTE NO SUFRA FRACTURAS, SE DETERMINAN POR MEDIO DE LA PRUEBA DEVAL Y LOS ÁNGELES, SIENDO ESTA ULTIMA LA MÁS USADA POR SU MAYOR ACERCAMIENTO A LA REALIDAD DEL COMPORTAMIENTO DEL MATERIAL PÉTREO.

FRICCIÓN INTERNA: ESTA PRUEBA SE REALIZA AL MATERIAL PÉTREO EN CONJUNTO CON EL PRODUCTO ASFÁLTICO Y SE DETERMINA POR ESTABILIDAD, DEPENDE MUCHO DE LA FORMA DE LA PARTÍCULA.

PUREZA O LIMPIEZA: EL MATERIAL PÉTREO USADO EN UNA CARPETA ASFÁLTICA DEBE ESTAR LIMPIO DE POLVO Y SIN CONTAMINACIÓN DE SUSTANCIAS ORGÁNICAS, PARA QUE ESTAS NO INTERFIERAN ENTRE LA ADHERENCIA DEL ASFALTO CON EL MATERIAL PÉTREO, ESTO EN ALGUNAS OCASIONES SE PUEDE OBSERVAR VISUALMENTE, PERO LA DETERMINACIÓN CONCLUYENTE SE LOGRA MEDIANTE UN LAVADO Y UNA PRUEBA DE GRANULOMETRÍA

SANIDAD O ESTABILIDAD: ES PARA VERIFICAR SI EL MATERIAL PÉTREO ES RESISTENTE A LA ACCIÓN DEL INTEMPERISMO, LA PRUEBA CONSISTE EN EXPONER LA MUESTRA EN UNA SOLUCIÓN DE SULFATO DE SODIO PARA DESPUÉS SECAR AL HORNO. SI EL AGREGADO PÉTREO ES DE MALA CALIDAD, ESTE SE DESBORONARA, CUARTEARA O SE QUEBRARÁ DESPUÉS DE 5 CICLOS.

EL OBJETIVO PRINCIPAL DE ÉSTE TRABAJO ES PODER DETERMINAR CUAL ES EL COMPORTAMIENTO A LARGO PLAZO DE UN CONCRETO ASFÁLTICO, EMPLEANDO COMO LIGANTE AL CEMENTO ASFÁLTICO AC-20, AGREGADO PÉTREO DE ORIGEN VOLCÁNICO Y COMPARARLO CON UNA MEZCLA DE MATERIAL VOLCÁNICO CON MATERIAL PRODUCTO DE TRITURACIÓN PARA CUMPLIR CON LOS REQUERIMIENTOS DE LA S.C.T. Y ASÍ COMPARAR LOS RESULTADOS QUE NOS ARROJA UNA MEZCLA EN CALIENTE QUE NO CUMPLE EN ALGUNOS PARÁMETROS QUE NOS MARCA LA S.C.T. CON UNA QUE SÍ CUMPLIRÁ CON LOS PARÁMETROS INDICADOS POR LA S.C.T.

EN LOS DOS PRIMEROS CAPÍTULOS DE ÉSTE TRABAJO SE PRESENTA LA CARACTERIZACIÓN DE CADA UNO DE LOS MATERIALES QUE FORMARÁN LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS. SE PRESENTAN TODAS LAS PRUEBAS DE LABORATORIO QUE FUE NECESARIO REALIZARLES, TANTO AL AGREGADO PÉTREO COMO AL CEMENTO ASFÁLTICO DEL TIPO AC-20, TAMBIÉN LA CORRESPONDIENTE CORRELACIÓN CON LO MARCADO EN LAS ESPECIFICACIONES DE LA S.C.T.

EN EL CAPÍTULO TRES, SE DA A CONOCER EL CONTENIDO MÍNIMO DE MATERIAL ASFÁLTICO NECESARIO PARA COMENZAR EL CÁLCULO HACIA EL CONTENIDO ÓPTIMO DE ASFALTO PARA CADA UNA DE LAS MEZCLAS.

EN EL CAPITULO CUATRO SE DARÁ A CONOCER LA PREPARACIÓN DE LOS ESPECIMENES QUE SERÁN PROBADOS O ENSAYADOS. PARTIENDO DEL CÁLCULO DEL CONTENIDO ÓPTIMO DE CEMENTO ASFÁLTICO POR EL MÉTODO MARSHALL Y TERMINANDO CON LA ELABORACIÓN Y ENSAYE DE LOS ESPECIMENES.

EN EL CAPITULO CINCO DE ÉSTE TRABAJO SE MUESTRAN LOS RESULTADOS COMPARATIVOS ENTRE LA MEZCLA ASFÁLTICA CON MATERIAL VOLCÁNICO EN SU TOTALIDAD Y LA MEZCLA ASFÁLTICA CON GRAVA TRITURADA Y MATERIAL VOLCÁNICO.

FINALMENTE EN EL CAPITULO SEIS PRESENTAN LAS RECOMENDACIONES GENERALES SOBRE LOS RESULTADOS QUE SE PRESENTARON EN EL PRESENTE TRABAJO TOMANDO EN CUENTA LA COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS ASÍ COMO SU COMPARACIÓN CON LOS PARÁMETROS EXIGIDOS POR LA SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES.

FINALMENTE SE PRESENTAN LAS CONCLUSIONES GENERALES OBTENIDAS EN EL PRESENTE TRABAJO.

CAPITULO I

CARACTERISTICAS

MECANICAS DEL

AGREGADO MINERAL

"BANCO LOS NOGALES"

A).- BANCO LOS NOGALES

A. I. I. LOCALIZACIÓN GEOGRAFICA

SE ENCUENTRA LOCALIZADO HACIA EL NORESTE DEL ESTADO DE MICHOACÁN, A UNA ALTURA DE 2,080 MSNM, TOMANDO LA CARRETERA MARAVATIO — CIUDAD HIDALGO Y DESVIÁNDOSE HACIA LA IZQUIERDA EN EL KM. 16+500 TOMANDO LA BRECHA HACIA EL BANCO APROXIMADAMENTE 1KM.; CUYA LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA ES LA SIGUIENTE:



CLIMA

SU CLIMA ES TEMPLADO, CON VERANOS CÁLIDOS Y PRECIPITACIONES DE JUNIO A SEPTIEMBRE.

A. I. II. GEOLOGIA DEL LUGAR Y TOPOGRAFIA

EL ESTADO DE MICHOACÁN SE ENCUENTRA UBICADO EN EL EJE NEOVOLCANICO DE LA REPUBLICA MEXICANA Y DE TAL MANERA HACIENDO DE ESTA UNA REGIÓN MUY MONTAÑOSA Y CON SUPERFICIES MUY ACCIDENTADAS LA MAYORÍA DE LAS ROCAS QUE SE UTILIZAN PARA LAS CONSTRUCCIONES TIENEN UN ORIGEN VOLCÁNICO.

LA MAYORÍA DE LAS MONTAÑAS QUE SIRVEN COMO BANCOS DE MATERIALES SON DEPÓSITOS DE ROCAS QUE EXPULSARON LOS VOLCANES COMO ROCAS ÍGNEAS EXTRUSIVAS.

FORMACIÓN DE LAS ROCAS IGNEAS:

LAS ROCAS ÍGNEAS QUE SE ENCUENTRAN ACTUALMENTE EN LA SUPERFICIE TERRESTRE SE FORMARON A TRAVÉS DEL MAGMA PROCEDENTE DE DEPÓSITOS PROFUNDOS; A LA ROCA FUNDIDA DENTRO DE LA CORTEZA TERRESTRE SE LE LLAMA MAGMA Y CUANDO SE DERRAMA SOBRE LA SUPERFICIE TERRESTRE SE LE LLAMA LAVA Y LOS FRAGMENTOS SÓLIDOS DEL MAGMA QUE SON ARROJADOS SE LES CONOCE CON EL NOMBRE DE PIROCLÁSTICOS.

EVENTUALMENTE LOS RESTOS PIROCLÁSTICOS LLEGAN A ENDURECERSE CONVIRTIÉNDOSE EN ROCA POR MEDIO DE LA PRECOLACIÓN DEL AGUA EN EL SUBSUELO. EN CIERTO SENTIDO ESTAS ROCAS SE PODRÍAN CLASIFICAR COMO SEDIMENTARIAS PERO POR CONSTAR DE FRAGMENTOS DE MAGMA SOLIDIFICADA SE LES INCLUYO COMO ROCAS ÍGNEAS Y SE CLASIFICAN EN DOS GRANDES GRUPOS COMO R.I. INTRUSIVAS Y R.E. EXTRUSIVAS ESTO SE DEBE A LA MANERA EN QUE SE ENFRIARON DENTRO DEL CONO O FUERA DE ÉL.

LA CENIZA VOLCÁNICA ENDURECIDA HASTA CONVERTIRSE EN ROCA SE LE LLAMA TOBA. UNA ROCA ENDURECIDA QUE FORME BLOQUES ANGULARES DE LAVA SOLIDIFICADA RELATIVAMENTE GRANDES INCLUIDOS EN UNA MASA DE CENIZA RECIBE EL NOMBRE DE BRECHA VOLCÁNICA. SI LOS FRAGMENTOS SON GRANDES INCLUIDO ESTÉN REDONDEADOS, LA ROCA SE LE LLAMA CONGLOMERADO VOLCÁNICO.

COMPOSICIÓN

LA COMPOSICIÓN MINERAL Y EL COLOR DE LAS ROCAS ESTÁN RELACIONADOS CON SU COMPOSICIÓN QUÍMICA.

EL ANÁLISIS QUÍMICO DE UNA ROCA ÁCIDA COMO EL GRANITO Y UNA ROCA BÁSICA COMO EL BASALTO, SON COMPARADAS OBSERVARSE MARCADAS DIFERENCIAS TALES: COMO LA MAYOR PROPORCIÓN DE SÍLICE (SiO_2) Y DE ALCALISIS (Na_2O , K_2O) EN LAS ROCAS ÁCIDAS Y UN CONTENIDO MÁS ALTO DE CAL, MAGNESIO Y ÓXIDOS DE HIERRO EN LAS BÁSICAS.

DURANTE EL ENFRIAMIENTO DEL MAGMA SUS DIFERENTES MINERALES SE UNEN PARA FORMAR CRISTALES SILICATADOS COMO LAS PIROXENAS, LAS ANFIBOLAS, Y LOS FELDESPATOS Y LOS ÓXIDOS COMO LA MAGNETITA. EN UN MAGMA BÁSICO LOS MINERALES COMO EL OLIVINO Y LA MAGNETITA A MENUDO SON LOS PRIMEROS EN CRISTALIZAR CONSUMIENDO PARTE DEL SÍLICE, MAGNESIO Y HIERRO EL RESTANTE MAGNESIO Y HIERRO JUNTO CON EL CaO Y Al_2O_3 ES CONSUMIDO POSTERIORMENTE EN LA AUGITA (PIROXENA), HORBLENDA (ANFIBOLA) Y MICA OSCURA. TALES MINERALES DE ACUERDO A SU COMPOSICIÓN SE LLAMAN FERROMAGNESIANOS, O MAFICOS.

EN CONTRASTE CON ESTOS MINERALES OSCUROS O RELATIVAMENTE PESADOS, LOS ÁLCALIS Y EL CALCIO JUNTO CON Al_2O_3 Y SiO_2 FORMAN LOS MINERALES FELSICOS, LOS CUALES INCLUYEN A LOS FELDESPATOS, FELDESPATOIDES Y CUARZO. EN LAS ROCAS ÁCIDAS PREDOMINAN LOS MINERALES Y DAN A LA ROCA UN COLOR MÁS PÁLIDO EN CONTRASTE EL COLOR MÁS OSCURO DE LAS ROCAS BÁSICAS.

LAS ROCAS MÁS REPRESENTATIVAS DEL CERRO "LOS NOGALES"; BRECHA VOLCÁNICA BASÁLTICA ROCAS ÍGNEAS EXTRUSIVAS ÁCIDAS Y CONGLOMERADOS.

ROCAS BÁSICAS:

ESTAS ROCAS BÁSICAS ALGUNAS DE LAS CUALES SON ECONÓMICAMENTE IMPORTANTES COMO PIEDRAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS Y AGREGADOS, TIENEN UN GRAN CONTENIDO DE MINERALES FERROMAGNECIANOS, LO CUAL DAN A LA ROCA UNA APARIENCIA OSCURA DENTRO DE LA CUAL SE CLASIFICAN LOS BASALTOS.

BASALTO: EL BASALTO ES OSCURO, DENSO, COMÚNMENTE CON PEQUEÑOS CRISTALES PORFIRITICOS E INTEMPERIZA A UN COLOR CASTAÑO EN SUS AFLORAMIENTOS. ES LA MÁS COMÚN DE TODAS LAS LAVAS, SE HAN ESTIMADO QUE LAS COLADAS DE BASALTO EN EL MUNDO TIENEN CINCO VECES EL VOLUMEN DE TODAS LAS OTRAS ROCAS EXTRUSIVAS.

MINERALES: ESENCIALMENTE PLAGIOCLASA (LABRADORITA) Y AUGITA PERO ALGUNOS BASALTOS TIENEN UNA PLAGIOCLASA MÁS CALCICA. EL OLIVINO OCURRE EN MUCHOS BASALTOS Y PUEDE MOSTRAR ALGUNAS ALTERACIONES A SERPENTINA. LA MAGNETITA Y LA ILMENITA SON ACCESORIOS COMUNES SI ESTÁN PRESENTES VESÍCULAS PUEDEN ESTAR LLENOS DE CALCITA, CLORITA, CALCEDONIA Y OTROS MINERALES SECUNDARIOS LA NEFELINA, LEUCITA Y ANALITA SE ENCUENTRAN EN LOS BASALTOS CON CONTENIDO DE SÍLICE MÁS BAJO.

ROCAS INTERMEDIAS:

ANDESITA.- LA ANDESITA SON ROCAS VOLCÁNICAS DE GRANO FINO, SON COMUNES COMO COLADAS DE LAVA EN REGIONES OROGÉNICAS Y OCASIONALMENTE FORMAS PEQUEÑAS INTRUSIONES. SON COMPACTAS Y COMÚNMENTE DE COLOR CASTAÑO Y EN EXTENSIÓN TOTAL OCUPAN EL SEGUNDO LUGAR DESPUÉS DEL BASALTO.

MINERALES: ESENCIALMENTE PLAGIOCLASAS (PRINCIPALMENTE ANDESITA) Y UN MINERAL MAFICO (HORBLENDA, BIOTITA, AUGITA). LOS PEQUEÑOS CRISTALES PORFIRITICOS SE UBICAN EN LA MESOSTASIS QUE PUEDE SER VÍTREA, CRIPTOCRISTALITICA O CRITOLITICA.

TOPOGRAFÍA

PRESENTA UN SISTEMA MONTAÑOSO CON FUERTE LOMERÍO Y EL VALLE TECTÓNICO LACUSTRE.

A. I. III. BANCOS DE MATERIAL

LOS BANCOS DE MATERIALES PÉTREOS CON LOS QUE SE CUENTA SON LOS SIGUIENTES:

- 1.-BANCO "LOS NOGALES"
- 2.-BANCO "EL ZOPILOTE"
- 3.-BANCO DE TADEO CORIA

PARA ESTE TRABAJO ANALIZAREMOS EL BANCO "LOS NOGALES"

BANCO "LOS NOGALES"

EL BANCO CUENTA EN SUS BETAS CON MATERIALES DE ORIGEN VOLCÁNICO BASALTO LOS CUALES PUEDEN SERVIR PARA FORMAR LAS DIFERENTES CAPAS DE LA ESTRUCTURA DE UN CAMINO: BASES, SUB BASES, SUB RASANTE (FILTRO), ASÍ COMO CARPETA ASFÁLTICA EN CALIENTE Y EN FRIÓ.



Formaciones del banco "Los Nogales" explotado en un 20 %

CAPITULO A.II

CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL PÉTREO DEL BANCO "LOS NOGALES"

A.II.I INTRODUCCIÓN

LOS MATERIALES PÉTREOS PARA CONSTRUIR MEZCLAS ASFÁLTICAS SON SUELOS INERTES, PROVENIENTES DE RÍOS, ARROYOS O DEPÓSITOS NATURALES (BANCOS DE MATERIALES), LOS CUALES REQUIEREN DE UN PROCESO DE CRIBADO O TRITURADO PARA SER UTILIZADOS EN LAS DIFERENTES ESTRUCTURAS.

UN MATERIAL PÉTREO COMÚN INCLUYE GRAVA, ARENA, PIEDRA MOLIDA Y POLVO. EN UNA MEZCLA ASFÁLTICA EL AGREGADO PÉTREO REPRESENTA APROXIMADAMENTE EL 95% DEL PESO TOTAL DE LA MEZCLA. ESTO QUIERE DECIR QUE LA CALIDAD DEL AGREGADO ES UN FACTOR FUNDAMENTAL PARA EL COMPORTAMIENTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE Y ESTE PROPORCIONARÁ UNA SUPERFICIE ADECUADA PARA EL RODAMIENTO, YA QUE EN ESTA SE PRESENTARÁN ESFUERZOS TANGENCIALES (FRICCIÓN). LA UNIÓN DEL MATERIAL PÉTREO CON UN CEMENTO ASFÁLTICO DEBERÁ SER CAPAS DE RESISTIR ESTOS ESFUERZOS Y TENER UNA TEXTURA APROPIADA PARA EL RODAMIENTO DE LOS VEHÍCULOS, LA CUAL BRINDE SEGURIDAD A LOS USUARIOS.

PARA LA DETERMINACIÓN LA CALIDAD DEL MATERIAL PÉTREO O AGREGADO QUE SE UTILIZARA EN ESTE ESTUDIO, SE REALIZAN LAS SIGUIENTES PRUEBAS:

- IDENTIFICACIÓN, MUESTREO Y TRANSPORTACIÓN DEL MATERIAL PÉTREO.
- PREPARACIÓN DE LA MUESTRA.
- DETERMINACION DEL PESO VOLUMÉTRICO SECO SUELTO (P.V.S.S.)
- ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO
- DETERMINACION DE LA DENSIDAD RELATIVA APARENTE.
- DETERMINACION DE LA ABSORCIÓN DEL MATERIAL CRIBADO EN LA MALLA 1/2" Y RETENIDO EN LA MALLA 3/8".
- DETERMINACION DEL EQUIVALENTE DE ARENA.
- DETERMINACION DE LA CONTRACCION LINEAL
- DETERMINACION DE LA FORMA DE LA PARTICULA
- DETERMINACION DEL DESGASTE DE LOS ÁNGELES.
- DETERMINACION DE LA AFINIDAD ENTRE EL MATERIAL PÉTREO Y EL ASFALTO

- DETERMINACION DEL PESO ESPECIFICO RELATIVO APARENTE POR INMERSION DEL MATERIAL PETREO EN CEMENTO ASFALTICO FLUIDIFICADO (CUERPO DE INGENIEROS)
- RESUMEN DE RESULTADOS
- CONCLUSIONES

A.II.II IDENTIFICACIÓN, MUESTREO Y TRANSPORTACIÓN DEL MATERIAL PÉTREO

LA OBTENCIÓN DE LA MUESTRA REPRESENTATIVA PARA ESTE ESTUDIO SE REALIZO DEL BANCO DE MATERIAL LLAMADO (BANCO LOS NOGALES), EL CUAL SE ENCUENTRA UBICADO EN EL KILÓMETRO 16+500 DE LA CARRETERA **MARAVATIO-CIUDAD HIDALGO** DESVIACIÓN IZQUIERDA, ESTE BANCO DE MATERIAL SE CARACTERIZA POR LA EXPLOTACIÓN DE MATERIAL DE ORIGEN VOLCÁNICO PARA LA CONSTRUCCIÓN, A LAS POBLACIONES CERCANAS COMO: MARAVATIO, IRIMBO, APORO, TUXPAN, CIUDAD HIDALGO, ZITACUARO, ETC.

EL OBJETIVO ES OBTENER Y TRAER AL LABORATORIO DONDE SE REALIZARÁ EL ESTUDIO DE UNA MUESTRA REPRESENTATIVA DEL MATERIAL QUE SE VA A EMPLEAR EN LA ELABORACIÓN DE LA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PARA PODER REALIZAR LOS ESTUDIOS O PRUEBAS CORRESPONDIENTES DE DICHO MATERIAL, EL EQUIPO UTILIZADO PARA PODER LLEVAR A CABO ESTA TAREA ES: UN MEDIO DE TRANSPORTE, COSTALES Y PALAS.

PARA OBTENER LA MUESTRA DEL MATERIAL PÉTREO LO PODEMOS REALIZAR:

- **DIRECTAMENTE EN LOS BANCOS DE MATERIAL.**
- EN LOS CAMIONES QUE ESTÉN SUMINISTRANDO EL MATERIAL A ALGUNA OBRA EN PROCESO.
- DEL MATERIAL QUE YA ESTE EN LA OBRA.

A.II.III PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

DESPUÉS DE HABER OBTENIDO LA MUESTRA REPRESENTATIVA DE MATERIAL QUE VAMOS A EMPLEAR EN LA ELABORACIÓN DE LA MEZCLA SE PROCEDIÓ A REALIZAR EL SECADO DEL MATERIAL EXTENDIÉNDOLO SOBRE UNA SUPERFICIE LISA Y QUE ESTE LIBRE DE OTROS MATERIALES; EVITANDO QUE SE CONTAMINE CON POLVO O BASURA.

PARA PODER SABER QUE NUESTRO MATERIAL HA PERDIDO COMPLETAMENTE LA HUMEDAD LO CAMBIAMOS DE LUGAR POR MEDIO DE UN PALEADO DÁNDOLE VUELTA DE UN LADO A OTRO Y LO VOLVEMOS A EXTENDER HASTA QUE EL MATERIAL ESTE COMPLETAMENTE SECO.

UNA VEZ QUE EL MATERIAL HAYA PERDIDO LA HUMEDAD LO AMONTONAMOS Y SE TRASPALEA PARA LOGRAR QUE LOS TAMAÑOS QUEDEN UNIFORMES, REPETIMOS ESTE PROCEDIMIENTO UNAS CUATRO VECES PARA LOGRAR QUE PRESENTE UN ASPECTO HOMOGÉNEO, SE PROCEDE A FORMAR UN CONO COLOCANDO CON LA PALA EL MATERIAL EN EL VÉRTICE DE ESTE PROCURANDO QUE LA DISTRIBUCIÓN SE HAGA UNIFORME, CON LA PALA SE FORMA UN CONO TRUNCADO ENCAJANDO LA

PALA EN FORMA RADIAL Y HACIENDO EL MATERIAL HACIA LA PERIFERIA PERPENDICULARES SOBRE LA SUPERFICIE HORIZONTAL PROCURANDO QUE EL DIÁMETRO SEA DE 4 A 8 VECES EL ESPESOR, SE PROCEDE A DIVIDIR CON UNA REGLA QUEDANDO ASÍ EN FORMA DE CUATRO CUADRANTES, TOMANDO ASÍ LOS CUADRANTES OPUESTOS PARA PROCEDER AL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO CORRESPONDIENTE Y A TODAS LAS PRUEBAS DE CALIDAD SEÑALADAS.



SE EXTIENDE EL MATERIAL PARA QUE PIERDA LA HUMEDAD Y SECARLO TOTALMENTE

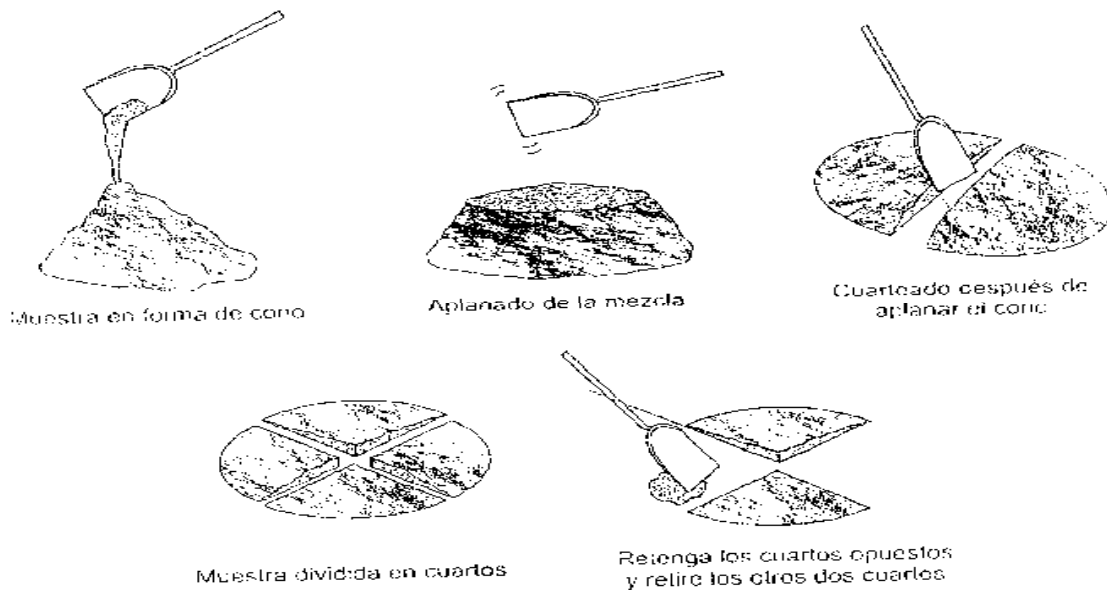


FIGURA 2.- Cuarteo manual

A.II.IV DETERMINACIÓN DEL PESO VOLUMÉTRICO SECO SUELTO (P. V. S. S.)

EL OBJETIVO DE LA PRUEBA CONSISTE EN CONOCER LA CANTIDAD DE MATERIAL EN PESO SECO SUELTO POR METRO CÚBICO.

EL PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR LA PRUEBA ES EL SIGUIENTE:

SE VIERTE MATERIAL EL CUAL FUE PREVIAMENTE CUARTEADO DENTRO DE UN RECIPIENTE DE VOLUMEN CONOCIDO DEJÁNDOLO CAER DE UNA ALTURA DE 20 CM. MEDIDA A PARTIR DE LA PARTE SUPERIOR DEL RECIPIENTE, LLENANDO COMPLETAMENTE HASTA FORMAR UN CONO. ENSEGUIDA SE ENRASA UTILIZANDO UNA VARILLA LISA O UNA REGLA Y SE PROCEDE A PESARLO.

AL PESO OBTENIDO SE LE RESTA EL PESO DEL RECIPIENTE PARA OBTENER EL PESO DE LA MUESTRA. EL PROCEDIMIENTO PARA OBTENER EL PESO LO HAREMOS DOS O TRES VECES CON EL FIN DE QUE LOS PESOS SEAN APROXIMADAMENTE IGUALES.

PARA OBTENER NUESTRO PESO VOLUMÉTRICO SECO SUELTO (P.V.S.S.) UTILIZAMOS LA SIGUIENTE EXPRESIÓN:

$$\text{P.V.S.S.} = \frac{W_M}{V_R} * 1000$$

P.V.S.S. = PESO VOLUMÉTRICO SECO SUELTO, EN KILOGRAMOS POR M³.

W_M = PESO DE LA MUESTRA EN KILOGRAMOS.

V_R = VOLUMEN DEL RECIPIENTE, CM³.

$$\text{P.V.S.S.} = \frac{14'390}{10'800} * 1000 = 1332 \text{ Kg./ m}^3$$



Cuarreamos el material para tomar una muestra representativa



Tomamos un promedio de 3 muestras representativas para el P. V. S. S.

A.II.V DETERMINACIÓN DEL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO.

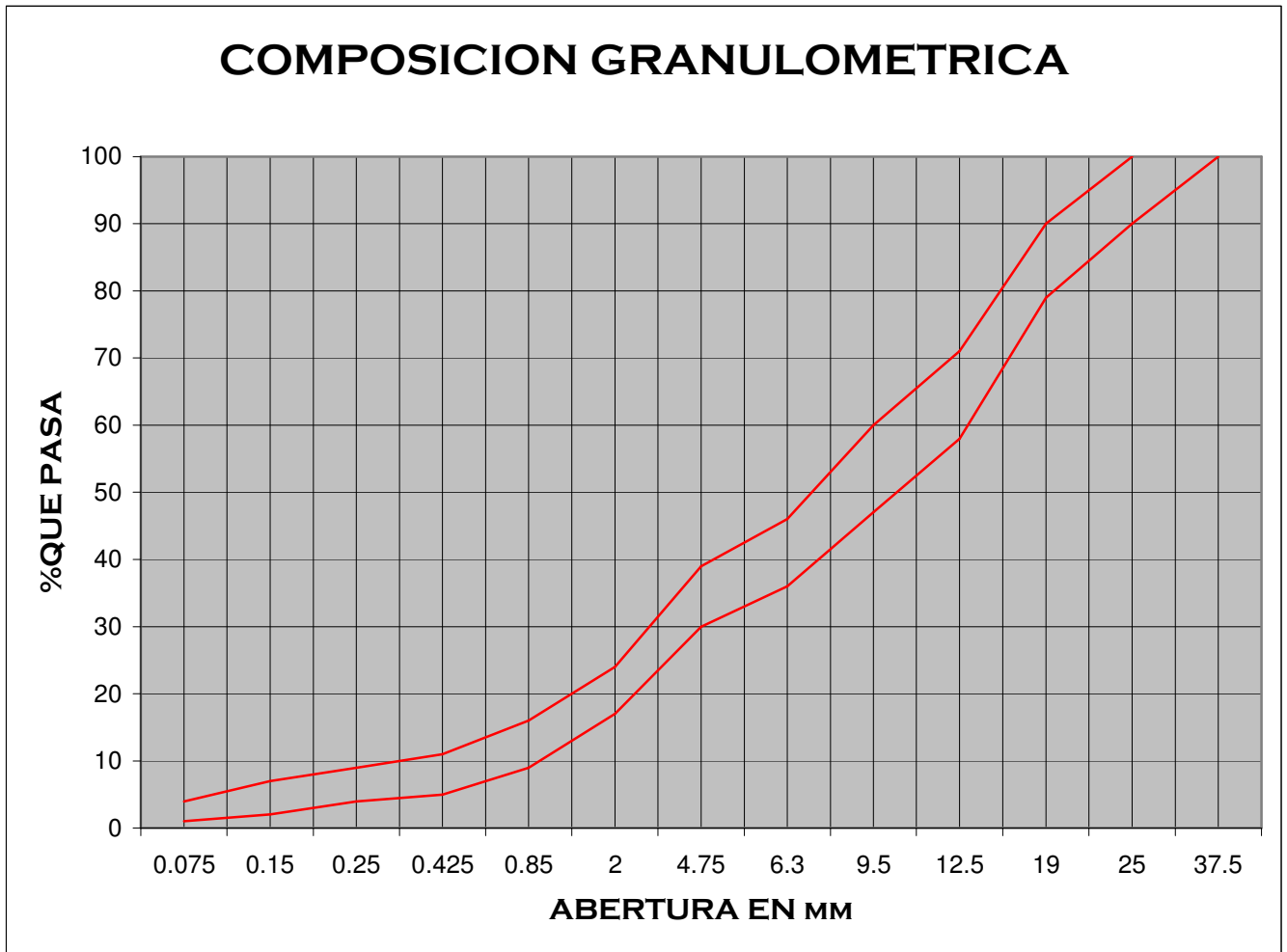
EL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO SE REFIERE A LA DETERMINACIÓN DE LA CANTIDAD EN PORCENTAJE DE LOS DIVERSOS TAMAÑOS DE PARTÍCULAS QUE CONSTITUYE EL MATERIAL PÉTREO.

LA GRANULOMETRÍA NOS PERMITE CONOCER LA ESTABILIDAD DE UN MATERIAL PÉTREO SIENDO MAYOR CUANDO SE REDUCE AL MÍNIMO LA CANTIDAD DE VACÍOS, LO CUAL SE LOGRA OBTENIENDO UNA BUENA GRANULOMETRÍA, ES DECIR; CUANDO TENEMOS UNA SUCESIÓN ADECUADA DE TAMAÑOS QUE NOS PERMITA QUE LOS HUECOS DEJADOS POR LOS GRUESOS LOS OCUPEN LOS DE MENOR TAMAÑO Y QUE A SU VES, LOS HUECOS DEJADOS POR ESTOS ÚLTIMOS LOS OCUPEN LAS PARTÍCULAS MÁS FINAS.

EL PROCEDIMIENTO QUE MÁS SE EMPLEA PARA LA DETERMINACIÓN DEL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO ES EL DE CRIBADO, EL CUAL CONSISTE EN SEPARAR LAS PARTÍCULAS GRUESAS DE LAS FINAS DE UN SUELO ACRIBÁNDOSE A TRAVÉS DE UNA SERIE DE MALLAS DE DIFERENTE ABERTURA, Y EN PESAR LAS PORCIONES DE MATERIAL PÉTREO RETENIDO EN CADA UNA DE LAS MALLAS, A FIN DE RELACIONAR DICHS RETENIDOS COMO PORCENTAJES DE LA MUESTRA TOTAL, PARA OBTENER LA COMPOSICIÓN DEL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO CON ESTE PROCEDIMIENTO SE CLASIFICAN LAS PARTÍCULAS DE MATERIAL PÉTREO DESDE UN TAMAÑO MÁXIMO DE 1" (25.0 MM), HASTA UN TAMAÑO MÍNIMO QUE CORRESPONDE A LA MALLA No 200 (0.075MM).

SE TRAZA LA CURVA QUE REPRESENTA LA COMPOSICIÓN DEL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO EN UNA GRAFICA QUE TENGA POR ABSCISAS LAS ABERTURAS DE LAS MALLAS Y POR ORDENADAS LOS PORCENTAJES DEL MATERIAL QUE PASAN POR DICHAS MALLAS.

LAS NORMAS DE CALIDAD DE LOS MATERIALES PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES ESPECIFICAN QUE LA CURVA DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL MATERIAL PÉTREO PARA CARPETAS ASFÁLTICAS DE GRANULOMETRÍA DENSA (PARA $\Sigma L > 10^6$), DEBE QUEDAR COMPRENDIDA DENTRO DE LA ZONA DELIMITADA POR LAS CURVAS, COMO SE MUESTRA EN LA SIGUIENTE FIGURA:



ZONA DE ESPECIFICACIÓN GRANULOMÉTRICA, PARA MATERIALES PÉTREOS QUE SE EMPLEAN EN MEZCLAS ASFÁLTICAS DE GRANULOMETRÍA DENSA (PARA $\Sigma L > 10^6$)

DETERMINACIÓN DEL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO, DEL MATERIAL PÉTREO RETENIDO EN LA MALLA No 4.

DE LA MUESTRA CUARTEADA SE TOMAN DOS CUARTEOS OPUESTOS, SE PESAN, ANOTÁNDOSE ESTE PESO COMO (TG) SE CRIBA EL MATERIAL POR LAS MALLAS DE MAYOR A MENOR TAMAÑO DE ACUERDO CON LA DENOMINACIÓN SIGUIENTE:

Malla No.	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	1/4"	No. 4
Abertura mm	37.5	25	19	12.5	9.5	6.3	4.75

COMENZANDO CON LA MALLA DE MAYOR ABERTURA Y SIGUIENDO EN ORDEN DECRECIENTE, SE PROCEDE AL CRIBADO DEL MATERIAL CON MOVIMIENTOS LATERALES Y VERTICALES, QUEDANDO EN CADA MALLA UNA PORCIÓN RETENIDA DE MATERIAL DE DICHA MUESTRA, SE PESAN CADA UNA DE ESTAS, ASÍ COMO EL MATERIAL QUE PASA LA MALLA No 4 (4.75 mm) CON LA BALANZA CON APROXIMACIÓN AL DÉCIMO DE GRAMO Y SE ANOTAN LOS RESULTADOS OBTENIDOS. LOS PESOS DEL MATERIAL RETENIDO EN CADA MALLA SE EXPRESAN COMO PORCENTAJES DEL PESO DE LA MUESTRA TOTAL (Wt).

$$\% \text{ RETENIDO PARCIAL} = \frac{\text{PESO RETENIDO PARCIAL}}{\text{PESO TOTAL DE LA MUESTRA (Wt)}} * 100$$

PARA CADA MALLA SE CALCULA, EL PORCENTAJE DE MATERIAL RETENIDO ACUMULATIVO, SUMANDO LOS PORCENTAJES DE RETENIDOS EN LAS MALLAS DE ABERTURA MAYOR CON EL RETENIDO DE DICHA MALLA. CADA UNO DE ESTOS PORCENTAJES RETENIDOS ACUMULATIVOS SE RESTA DE CIEN (100), PARA OBTENER PARA CADA UNA DE LAS MALLAS EL PORCENTAJE EN PESO DE LAS PARTÍCULAS QUE PASAN POR CADA MALLA.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL MATERIAL PÉTREO QUE PASA POR LA MALLA No 4.

DEL MATERIAL QUE PASA POR LA MALLA No 4, TOMAMOS UNA MUESTRA REPRESENTATIVA DE 500 GRS. LA CUAL SE CUARTEA HASTA OBTENER UNA MASA DE 200 GRS. SE COLOCA EN EL VASO METÁLICO Y SE LE AGREGAN 500 CM³ DE AGUA DEJÁNDOLA REPOSAR 12 HORAS.

DESPUÉS SE LAVA EL MATERIAL DECANTANDO EL VASO PARA LO CUAL SE AGITA EN FORMA DE "OCHOS" UTILIZANDO LA VARILLA METÁLICA A LA VEZ QUE SE VIERTEN EN LA MALLA No. 200. PARA FACILITAR EL PASO Y ELIMINACIÓN DE LOS FINOS SE APLICA UN CHORRO DE AGUA CON BAJA PRESIÓN SOBRE EL CONTENIDO DE LA MALLA REPITIENDO ESTA OPERACIÓN HASTA QUE EL AGUA SALGA LIMPIA.

FINALMENTE SE REGRESA EL MATERIAL RETENIDO EN LA MALLA No. 200 AL VASO METÁLICO Y SE SECA EN EL HORNO A UNA TEMPERATURA DE 110 +/- 5 °C HASTA MASA CONSTANTE LA CUAL SE REGISTRA COMO Wf EN GRAMOS.

DE LOS FINOS PARA HACER EL CRIBADO DEL MISMO A TRAVÉS DE LAS MALLAS DE MENOR ABERTURA, IGUALMENTE COMO SE REALIZÓ PARA EL MATERIAL GRUESO AHORA SE HARÁ PARA SACAR LA PORCIÓN DE FINOS QUE RETIENE CADA MALLA. LAS CUALES SE ACOMODARÁN DE MAYOR A MENOR ABERTURA COMO SE INDICA A CONTINUACIÓN:

Malla No.	10	20	40	60	100	200
Abertura en mm	2.0	0.85	0.425	0.250	0.150	0.075

LOS RESULTADOS DE ESTE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEBEN INCLUIR LOS PORCENTAJES PARCIALES RETENIDOS EN CADA MALLA, PORCENTAJES ACUMULATIVOS RETENIDOS Y PORCENTAJES TOTALES QUE PASAN POR CADA MALLA.

$$\%SN = \frac{WN}{200} \quad * \%SF$$

%SN= POR CIENTO DE MATERIAL RETENIDO EN LA MALLA "N" RESPECTO A LA MASA DE LA MUESTRA ORIGINAL, (%).

WN= MASA DEL MATERIAL RETENIDO EN LA MALLA "N", (GRS.)

%SF= POR CIENTO DE ARENA CON FINOS RESPECTO A LA MASA DE LA MUESTRA ORIGINAL, (%)

DE LOS RESULTADOS DEL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL MATERIAL QUE QUEDA RETENIDO EN CADA MALLA, SE OBTIENE LA GRAFICA CORRESPONDIENTE, Y DEPENDIENDO DEL RESULTADO, SI ESTA DENTRO DE LA ZONA DE ESPECIFICACIÓN GRANULOMÉTRICA SE TOMARA ESTA PROPORCIÓN PARA EL DISEÑO, DE LO CONTRARIO SE MODIFICARA EL PROPORCIONAMIENTO (GRAVA – ARENA – FINOS) Y SE REPETIRÁ EL PROCESO ANTERIOR HASTA OBTENER UNA GRANULOMETRÍA QUE CUMPLA CON LAS ESPECIFICACIONES VIGENTES DE LA S.C.T.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL MATERIAL PÉTREO PARA ESTE ESTUDIO.

MUESTRA SECA = **14390.0** grs.

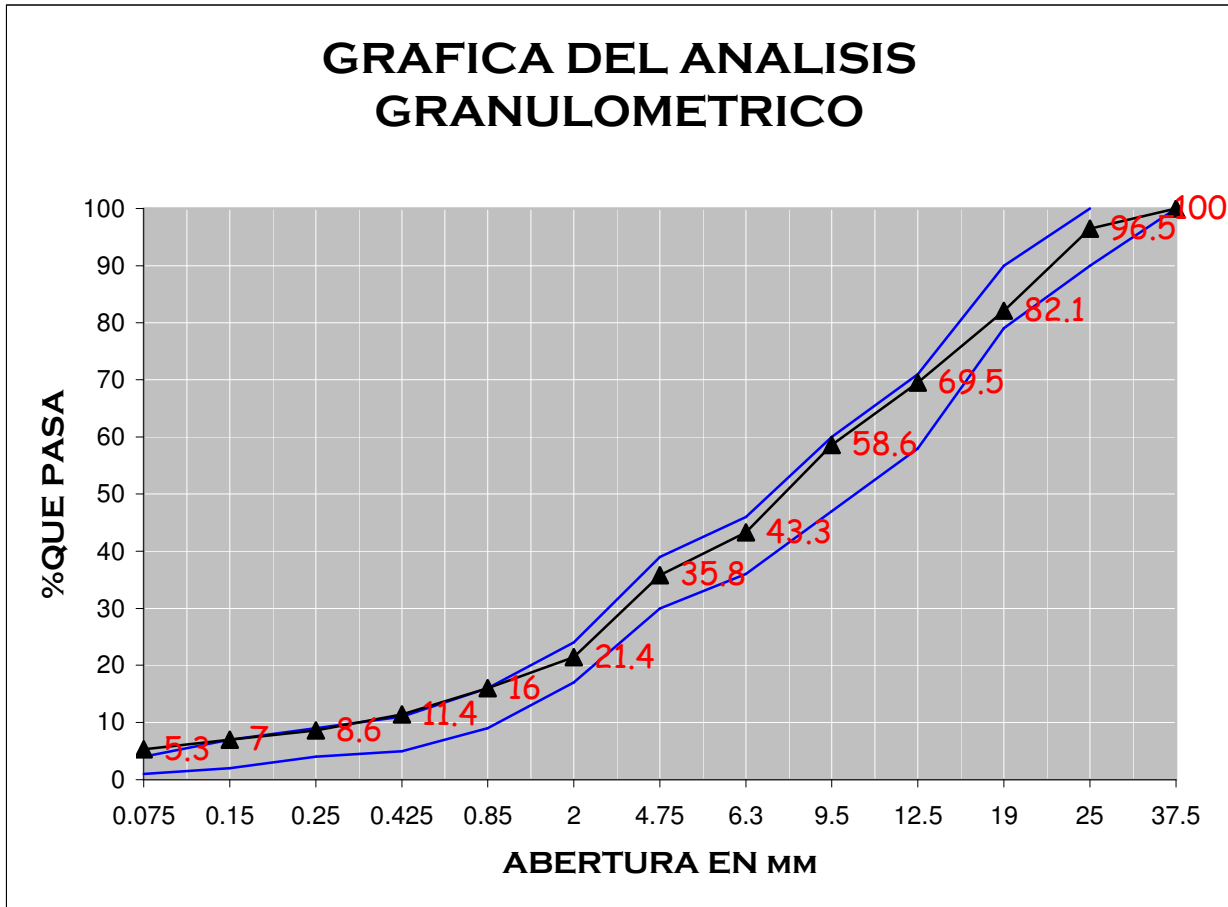
MATERIAL RETENIDO EN LA MALLA No 4

<i>MALLA No.</i>	<i>PESO RETENIDO PARCIAL (GRS.)</i>	<i>% RETENIDO PARCIAL</i>	<i>% RETENIDO ACUMULATIVO</i>	<i>% QUE PASA LA MALLA</i>
1 1/2"	-----	-----	-----	-----
1"	504	3.5	3.5	96.5
3/4"	2072	14.4	17.9	82.1
1/2"	1813	12.6	30.5	69.5
3/8"	1568	10.9	41.4	58.6
1/4"	2202	15.3	56.7	43.3
No 4	1079	7.5	64.2	35.8
Pasa No 4	5152	35.8	-	-
SUMA	14390	100		

MATERIAL QUE PASA LA MALLA No 4

MALLA No.	PESO RETENIDO PARCIAL (GRS.)	% RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULATIVO	%QUE PASA LA MALLA
10	80.4	14.4	78.6	21.4
20	30.1	5.4	84	16.0
40	25.7	4.6	88.6	11.4
60	15.6	2.8	91.4	8.6
100	8.9	1.6	93	7.0
200	9.5	1.7	94.7	5.3
Pasa 200	29.8	5.3	100	
SUMA	200.0	35.8		





GRANULOMETRIA OBTENIDA CON UN PROPORCIONAMIENTO DE 75% GRAVA ARENA; 15% ARENA; 10% FILLER CON MATERIALES EXTRAIDOS DEL BANCO LOS NOGALES.

A.II.VI DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD RELATIVA APARENTE

LA DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD RELATIVA APARENTE DEL MATERIAL PÉTREO RETENIDO EN LA MALLA DE 3/8" (9.5 MM) ESTA RELACIONADA CON LA PRUEBA DE ABSORCIÓN Y DA UNA IDEA GENERAL DE LA CALIDAD DEL MATERIAL PÉTREO. SE PUEDE DECIR EN TÉRMINOS GENERALES QUE A DENSIDADES ALTAS Y ABSORCIONES BAJAS, CORRESPONDEN MATERIALES COMPACTOS Y RESISTENTES. PERO ESTO NO ES INCLUYENTE YA QUE HAY MATERIALES CON BAJA DENSIDAD Y ALTA ABSORCIÓN QUE TAMBIÉN SON BASTANTE RESISTENTES Y LOS CUALES SE IDENTIFICAN FÁCILMENTE POR LA PRESENCIA DE CAVERNAS A SIMPLE VISTA.

PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR LA PRUEBA

A UNA MUESTRA DE MATERIAL DE (300 GRS.), CRIBANDO EN LA MALLA 3/4" (19.05 MM) Y RETENIDO EN LA MALLA DE 3/8" (9.5 MM) LA PONEMOS A SATURAR EN AGUA DURANTE 24 HORAS APROXIMADAMENTE. PASADO ESE TIEMPO SE SACA EL MATERIAL DEL AGUA Y SE SECA SUPERFICIALMENTE CON UNA FRANELA HASTA TENER UN TONO OPACO EN LAS PARTÍCULAS.

UTILIZAMOS UNA PROBETA Y LE VERTIMOS AGUA A 500 ML TOMANDO ESTA LECTURA COMO (L I) SE DEJA CAER EL MATERIAL PÉTREO DENTRO DE LA PROBETA SIN EXPULSAR AGUA HACIA AFUERA Y MEDIMOS EL VOLUMEN DE AGUA QUE DESALOJA EL MATERIAL. TOMANDO LA LECTURA QUE ARROJA LA PROBETA CON EL MATERIAL DENTRO DE ELLA Y LA LLAMAMOS (L F).

SE LE RESTA LI A LF Y EL RESULTADO SE TOMA COMO EL VOLUMEN DESALOJADO

$$\text{VOLUMEN DESALOJADO (VD)} = \frac{L I}{L F}$$

SE EXTRAER EL MATERIAL DE LA PROBETA Y SE SECA EN UN HORNO A TEMPERATURA CONSTANTE DE 100 +/- 10°C, HASTA QUE PIERDA COMPLETAMENTE LA HUMEDAD, PARA SABER QUE EL MATERIAL HA PERDIDO LA HUMEDAD SE COLOCA ENCIMA UN VIDRIO PARA VERIFICAR QUE YA NO FORME GOTAS O SE EMPAÑE. UNA VEZ SECO EL MATERIAL, ESTE SE DEJA ENFRIAR HASTA ALCANZAR LA TEMPERATURA AMBIENTE, SE PESA, Y SE ANOTA DICHO PESO COMO (W S).

LA DENSIDAD RELATIVA APARENTE LA CALCULAMOS CON LA SIGUIENTE EXPRESIÓN:

$$DR = \frac{Ws}{V}$$

DR = DENSIDAD RELATIVA APARENTE.

Ws = PESO DE LA MUESTRA SECA, EN GRAMOS.

Vd = VOLUMEN DESALOJADO DE AGUA, EN MILILITROS.

$$Ws = 279.8 \text{ grs} \quad V = 130.0 \text{ ml}$$

$$\text{Densidad Relativa Aparente} = \frac{279.8}{130.0} = 2.15 \%$$

Este resultado de **2.15** nos indica que el material pétreo es muy ligero, esto es común que se presente en los materiales de origen volcánico.



Dejamos el material 24hrs. saturando



Después secamos el material superficialmente y lo Colocamos en el picnómetro

A.II.VII DETERMINACIÓN DE LA ABSORCIÓN DEL MATERIAL PÉTREO

EL OBJETIVO DE LA PRUEBA ES DETERMINAR LA CAPACIDAD MÁXIMA DE ABSORCIÓN DE AGUA DURANTE 24 HRS. DE SATURACIÓN DEL MATERIAL PÉTREO, CON RESPECTO A SU PESO SECO EXPRESADO EN POR CIENTO.

PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR LA PRUEBA

TOMEMOS UNA MUESTRA REPRESENTATIVA DE MATERIAL PÉTREO CRIBADA POR LA MALLA $\frac{3}{4}$ " (19.0 MM) Y RETENIDA EN LA $\frac{3}{8}$ " (9.5 MM) DE 300 GRS., SE SATURA EN AGUA DURANTE 24 HRS. UNA VEZ QUE ALLÁ TRANSCURRIDO ESTE TIEMPO SE LAVA LA MUESTRA Y SE SECA CON UNA FRANELA SUPERFICIALMENTE HASTA OBTENER UN TONO OPACO EN LAS PARTÍCULAS Y SE PESA, TOMANDO ESTE PESO COMO (W_i) POSTERIORMENTE SE COLOCA EN UN HORNO A TEMPERATURA DE $100 \pm 10^\circ\text{C}$ HASTA QUE PIERDA LA HUMEDAD. SE DEJA ENFRIAR A TEMPERATURA AMBIENTE Y LO PESAMOS REGISTRÁNDOSE COMO (W_s).

EL PORCENTAJE DE ABSORCIÓN SE CALCULA CON LA SIGUIENTE EXPRESIÓN:

$$\% \text{ ABSORCIÓN} = \frac{W_i - W_s}{W_s} * 100$$

W_i = PESO DE LA MUESTRA SATURADA Y SUPERFICIALMENTE SECA, EN GRS.

W_s = PESO DE LA MUESTRA SECA, EN GRS.

$$W_i = 300 \text{ gr.}$$

$$W_s = 282.2 \text{ gr.}$$

$$\% \text{ Absorción} = \frac{300 - 282.2}{282.2} * 100 = 6.30 \%$$



Secamos la muestra representativa en una charola

ESPECIFICACIONES PARA DETERMINAR EL TIPO DE ABSORCIÓN

TIPO DE ABSORCIÓN	% DE ABSORCIÓN
BAJA	MENOS DEL 2 %
MEDIA	ENTRE 2 Y 4 %
ALTA	MAS DEL 4 %

POR LO TANTO DE ACUERDO AL RESULTADO OBTENIDO **6.30%**, NOS INDICA QUE TENEMOS UNA ABSORCIÓN **ALTA**.

A.II.VIII DETERMINACIÓN DEL EQUIVALENTE DE ARENA

EL OBJETIVO DE ESTA PRUEBA SERÁ DETERMINAR EL CONTENIDO Y ACTIVIDAD DE LOS MATERIALES FINOS O ARCILLOSOS PRESENTES EN LOS MATERIALES PÉTREOS EMPLEADOS EN MEZCLAS ASFÁLTICAS. LOS CUALES PROVIENEN GENERALMENTE DE LA NATURALEZA PLÁSTICA Y LOS CUALES SON SUSCEPTIBLES A CAMBIOS VOLUMÉTRICOS.

ESTA PRUEBA SE EFECTÚA EN MATERIALES PARA SUB-BASE, BASE, CARPETA ASFÁLTICA Y CONCRETO HIDRÁULICO. AL EFECTUAR ÉSTA PRUEBA CON MATERIAL HÚMEDO IMPLICA UN AHORRO DE TIEMPO, PERO LOS RESULTADOS SON INFERIORES A LOS REALES, POR LO QUE CONVIENE EMPLEAR MATERIAL SECO.

PARA ESTA PRUEBA NECESITÓ PREPARAR UN RECIPIENTE CON SOLUCIÓN MADRE O DE RESERVA, DE LA SIGUIENTE MANERA:

SE PESAN 454 GRS. DE CLORURO DE CALCIO SE COLOCA EN UN RECIPIENTE QUE CONTIENE 1900 ML DE AGUA DESTILADA, SE ENFRIAR LA SOLUCIÓN AL AIRE LIBRE HASTA ALCANZAR LA TEMPERATURA AMBIENTE Y SE PASA POR EL FILTRO. POSTERIORMENTE SE AGREGAN 47 GRS. DE SOLUCIÓN VOLUMÉTRICA AL 40% DE FORMALDEHÍDO R. A Y 2047 GRS. DE GLICERINA USP, SE MEZCLAN Y SE AGREGA AGUA DESTILADA HASTA COMPLETAR 3200 ML, YA QUE SE HAYA COMPLETADO DICHA CANTIDAD SE DEBE AGITAR TODA LA SOLUCIÓN PARA HOMOGENIZARLA.

PARA REALIZAR ESTA PRUEBA NECESITAREMOS ADEMÁS DE LA SOLUCIÓN MADRE, MATERIAL CRIBADO POR LA MALLA No 4 (4.75 MM.) SE LLENAN DOS CÁPSULAS CON ESE MATERIAL GOLPEÁNDOLAS EN LA BASE CONTRA LA MESA PARA LOGRAR UN BUEN REACOMODO DE LAS PARTÍCULAS.

POSTERIORMENTE SE PREPARARA LA SOLUCIÓN DE TRABAJO DILUYENDO EN LA BOTELLA EQUIPADA CON EL SIFÓN 90 ML DE LA SOLUCIÓN DE RESERVA, EN 3800 ML DE AGUA DESTILADA.

PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR LA PRUEBA

SE COLOCA EN LAS PROBETAS 10 CM. (4 PULGADAS) DE SOLUCIÓN DE TRABAJO, INMEDIATAMENTE DESPUÉS SE VIERTI EL MATERIAL DENTRO DE LA PROBETA Y DEJAMOS REPOSAR DURANTE 10 MINUTOS. TRANSCURRIDO ESTE LAPSO DE TIEMPO SE COLOCA UN TAPÓN Y AGITAMOS DANDO 90 CICLOS EN 30 SEGUNDOS CON UNA CARRERA DE APROX. 20 CMS.

DESPUÉS SE INTRODUCE EL IRRIGADOR PARA REMOVER LAS PARTÍCULAS FINAS Y LAVAR LAS PAREDES DE LAS PROBETAS. PROCURANDO QUE LOS MOVIMIENTOS SEAN ROTATORIOS Y ALTERNADOS, ESTO SE HARÁ ADEMÁS PARA ALCANZAR UNA ALTURA DE 15 PULGADAS DE SOLUCIÓN, SE DEJA REPOSAR DURANTE 20 MINUTOS HASTA LOGRAR QUE EL MATERIAL QUEDE ESTABLE.

UNA VEZ QUE EL MATERIAL ESTE ESTABLE SE EFECTÚA LA LECTURA DE LA ARCILLA EN LA ESCALA DE LA PROBETA, POSTERIORMENTE SE INTRODUCE LENTAMENTE EL PIZÓN PROCURANDO NO PERTURBAR LOS FINOS EN SUSPENSIÓN HASTA APOYARLO EN EL MATERIAL GRUESO Y SE EFECTÚA LA LECTURA QUE NOS INDICA EL MARCADOR DEL PIZÓN, SIENDO ESTA LA LECTURA DE ARENA.

PARA PODER CONOCER EL EQUIVALENTE DE ARENA, SE EMPLEA LA SIGUIENTE EXPRESIÓN.

$$\text{EQUIVALENTE DE ARENA} = \frac{\text{LECTURA DE ARENA}}{\text{LECTURA DE ARCILLA}} * 100$$

PROBETA 1

$$\text{EQUIVALENTE DE ARENA} = \frac{6.9}{9.0} * 100 = 76.6\%$$

PROBETA 2

$$\text{EQUIVALENTE DE ARENA} = \frac{6.1}{8.2} * 100 = 74.4\%$$

PROBETA 3

$$\text{EQUIVALENTE DE ARENA} = \frac{6.5}{8.6} * 100 = 75.6\%$$

$$\text{EQUIVALENTE DE ARENA} = \frac{76.6 + 74.4 + 75.6}{3} = 75.5\%$$

PROBETA 1	PROBETA 2	PROBETA 3
ARCILLA 9.0	ARCILLA 8.2	ARCILLA 8.6
ARENA 6.9	ARENA 6.1	ARENA 6.5

ESTA PRUEBA SE REALIZO 3 VECES PARA OBTENER UN VALOR MAS CONFIABLE OBTENIENDO UN VALOR PROMEDIO DE **75.5%** QUE ES **MAYOR** AL MARCADO POR LA NORMA QUE NOS DICE QUE COMO MÍNIMO DEBE SER **50 %** DE EQUIVALENTE DE ARENA POR LO TANTO EL MATERIAL **SI** CUMPLE.



Dejamos reposar la muestra para así poder leer la lectura de arcilla



Después colocamos el pizon para leer la lectura de arena

A.II.IX DETERMINACION DE LA CONTRACCION LINEAL

LA CONTRACCIÓN LINEAL SE DEFINE COMO EL PORCENTAJE DE CONTRACCIÓN CON RESPECTO A SU DIMENSIÓN ORIGINAL QUE SUFRE UNA BARRA DE 2 CM. X 2 CM. X 10 CM. DE MATERIAL PÉTREO CRIBADO POR LA MALLA No. 40 (0.425 MM) AL SECARSE EN EL HORNO A LA TEMPERATURA DE 100 +/- 10°C.

EL PROCEDIMIENTO DE PRUEBA ES EL SIGUIENTE:

SE EMPLEAN 250 GRS. DE MATERIAL QUE PASA LA MALLA No.40 (0.425 MM), LA MUESTRA SE COLOCA EN UN RECIPIENTE, SE LE AGREGA AGUA EN LA CANTIDAD NECESARIA PARA QUE TOMÉ EL ASPECTO DE MATERIAL SATURADO Y SE DEJA EN REPOSO DURANTE 24 HRS. APROXIMADAMENTE EN UN LUGAR FRESCO Y SECO, SE CUBRE EL RECIPIENTE CON UN PAÑO QUE SE MANTENDRÁ HÚMEDO A FIN DE REDUCIR AL MÍNIMO LA PÉRDIDA DE AGUA POR EVAPORACIÓN.

ENSEGUIDA SE UTILIZA EL MÉTODO DIRECTO DE LOS 25 GOLPES EN LA COPA DE CASAGRANDE, SE LLENA UN MOLDE DE 2 CM. X 2 CM. X 10 CM., HACIENDO EL LLENADO EN TRES CAPAS GOLPEANDO EL MOLDE CONTRA UN LUGAR DURO PARA EXPULSAR EL AIRE ATRAPADO, ENSEGUIDA SE MIDE EL MOLDE Y SE ANOTA COMO LONGITUD INICIAL (LI). TENIENDO EL MOLDE LLENO, SE ENRASA Y SE DEJA AL AIRE LIBRE UN RATO PARA QUE SE SEQUE UN POCO Y DESPUÉS SE METE AL HORNO PARA SU SECADO A UNA TEMPERATURA DE 100 +/- 10°C., HASTA PESO CONSTANTE.

ESTANDO EL MATERIAL SECO, SE EXTRAÉ DE LA BARRA Y SE MIDE SU LONGITUD, ESTO SE ANOTA COMO LONGITUD FINAL (LF). LA RELACIÓN ENTRE LA LONGITUD QUE SE CONTRAJÓ (LI-LF) Y SU LONGITUD ORIGINAL (LI) DE LA BARRA DE UN SUELO HÚMEDO Y MULTIPLICADO POR CIEN (100), DA EL PORCENTAJE DE CONTRACCIÓN LINEAL DE UN SUELO, COMO SE EXPRESA EN LA SIGUIENTE FÓRMULA:

$$CL = \frac{Li - Lf}{Li} * 100$$

EN DONDE:

CL = ES LA CONTRACCIÓN LINEAL APROXIMADA AL DÉCIMO MÁS CERCANO, EN POR CIENTO.

LI = ES LA LONGITUD INICIAL DE LA BARRA DE SUELO HÚMEDO, QUE CORRESPONDE A LA LONGITUD INTERIOR DEL MOLDE, EN CENTÍMETROS.

LF = ES LA LONGITUD FINAL DE LA BARRA DESPUÉS DE SECADO AL HORNO, EN CENTÍMETROS.

EL RESULTADO DE ÉSTA PRUEBA FUE DE UNA CONTRACCIÓN LINEAL DE 0%. LO QUE NOS INDICA QUE ES UN MATERIAL INERTE POR NO TENER PLASTICIDAD POR SER DE ORIGEN VOLCÁNICO.

A.II.X DETERMINACIÓN DE LA FORMA DE LA PARTÍCULA

EL OBJETIVO DE ESTA PRUEBA ES DETERMINAR LA RELACIÓN ENTRE DIMENSIONES DE LAS PARTÍCULAS DEL MATERIAL PÉTREO, A FIN DE CLASIFICARLAS CON RESPECTO A SU FORMA ALARGADA O DE LAJA, Y CONOCER EL PORCENTAJE DE PARTÍCULAS QUE CONTIENE LA MUESTRA UTILIZADA PARA LA MEZCLA ASFÁLTICA.

ESTA PRUEBA SE REALIZA A LAS PARTÍCULAS DE MATERIAL PÉTREO QUE RETENIDO LA MALLA NO. 4 (4.75 MM) Y DICHAS PARTÍCULAS DEBERÁN TENER UNA RELACIÓN ENTRE SU ESPESOR Y SU ANCHO NO MENOR A 0.60 VECES.

PROCEDIMIENTO PARA RELIZAR LA PRUEBA

DE UNA MUESTRA REPRESENTATIVA DE MATERIAL PÉTREO SE TOMA, POR CUARTEO, UNA PORCIÓN SUFICIENTE PARA OBTENER COMO MÍNIMO 200 PARTÍCULAS RETENIDAS EN LA MALLA NO. 4 (4.75 MM), SE PESA EL MATERIAL RETENIDO POR DICHA MALLA Y SE REGISTRA COMO (W_i).

SE TOMA DE UNA EN UNA LAS PARTÍCULAS QUE CONFORMAN LAS LA PORCIÓN CLASIFICADA DE LA MUESTRA Y SE VERIFICA SI PASAN POR LA RANURA CORRESPONDIENTE DEL CALIBRADOR DE ESPESORES QUE SE MUESTRA EN LA FIGURA, BUSCANDO LA POSICIÓN MÁS ADECUADA DE CADA PARTÍCULA PARA ESTA OPERACIÓN.

DE TODAS LAS PARTÍCULAS QUE PASARON POR LAS RANURAS DEL CALIBRADOR, SE OBTIENE SU PESO Y ESTE SE REGISTRA COMO (W_p).

PARA SABER EL CONTENIDO DE PARTÍCULAS EN FORMA DE LAJA DE LA MUESTRA SE EMPLEA LA SIGUIENTE EXPRESIÓN:

$$C_p = \frac{W_p}{W_i} * 100$$

CP = CONTENIDO DE PARTÍCULAS EN FORMA DE LAJA, (%)

WP = PESO QUE PASAN LAS RANURAS DEL CALIBRADOR, (GRS.)

WI = PESO DEL MATERIAL RETENIDO EN LA MALLA NO. 4 (4.75 MM), (GRS.)

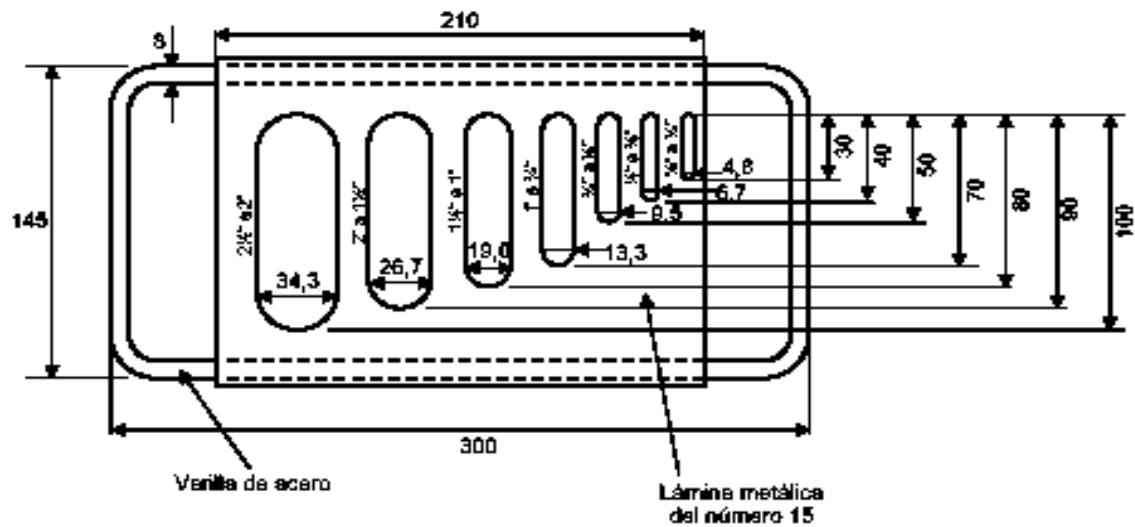
$$W_i = 425.4 \text{ GRS.}$$

No. de Ranura	(Wp) Peso pasa la ranura (grs.)	Contenido de partículas en forma de lajas %
30	27	6
40	95.6	23
50	113.3	27
70	94.4	22
80	59.6	14
90	35.5	8
100	00.0	0
SUMA	425.4	100

Los porcentajes son menores a la norma que marca como valor máximo un 35%.

D.4. CALIBRADOR DE ESPESORES

Con la forma y dimensiones que se muestran en la Figura 1 de este Manual.



Nota: Junto a cada ranura estarán marcadas las designaciones de las mallas que definen la fracción de prueba correspondiente

Acotaciones en milímetros

FIGURA 1.- Calibrador de espesores

PARA DETERMINAR LAS PARTÍCULAS EN FORMA ALARGADA, QUE SON LAS QUE TIENEN UNA RELACIÓN ENTRE SU LARGO Y SU ANCHO MAYOR DE 1.8 VECES, SE UTILIZARA LA PORCIÓN RETENIDA EN LA MALLA No. 4 (4.75 mm).

SE TOMA UNA MUESTRA REPRESENTATIVA TAL COMO SE HIZO PARA LA PRUEBA ANTERIOR, EN ESTA PRUEBA SE UTILIZARA EL CALIBRADOR DE LONGITUDES DE LA FIGURA HACIENDO PASAR DE UNA EN UNA LAS PARTÍCULAS DE TAL MANERA QUE SU MAYOR DIMENSIÓN SEA PARALELA AL EJE LONGITUDINAL DEL CALIBRADOR.

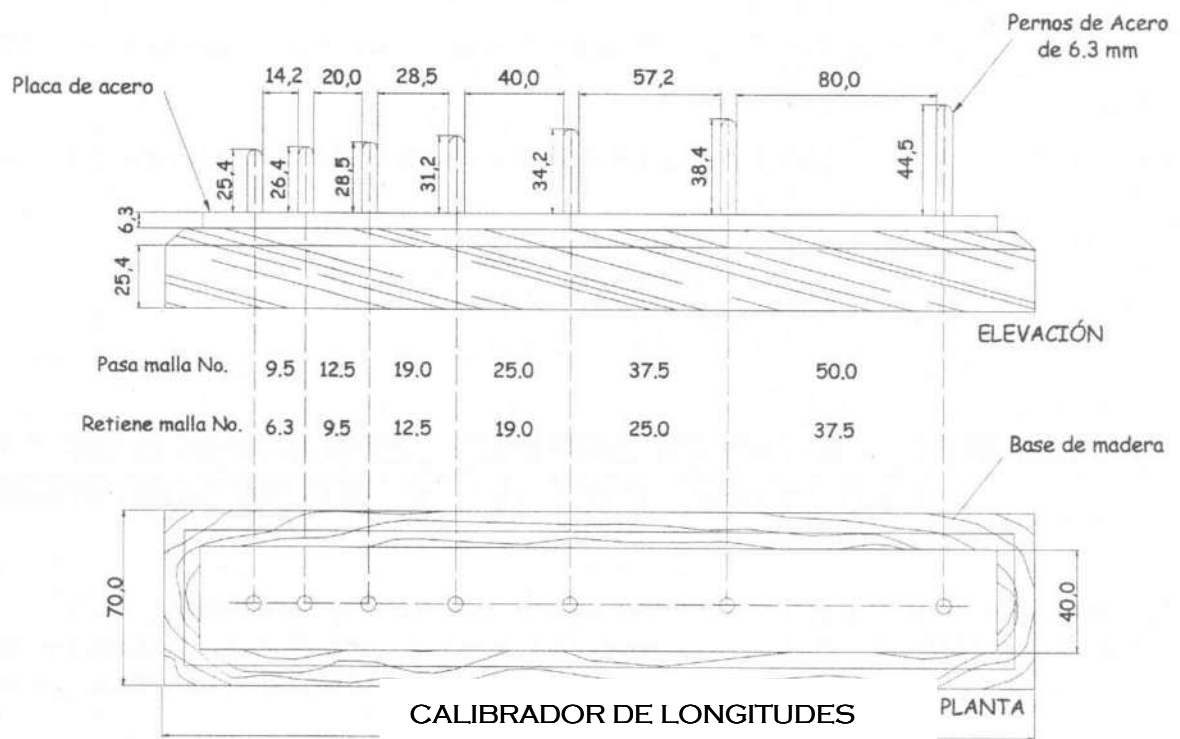


Figura 1.3.: Calibrador de longitudes

PARA SABER EL CONTENIDO DE PARTÍCULAS EN FORMA ALARGADA DE LA MUESTRA SE EMPLEA LA SIGUIENTE EXPRESIÓN:

$$C_p = \frac{W_a}{W_i} * 100$$

C_P = CONTENIDO DE PARTÍCULAS EN FORMA ALARGADA, (%)

W_a = PESO DE LAS PARTÍCULAS QUE NO PASAN LOS CLAVOS DEL CALIBRADOR, (GRS.)

W_i = PESO DEL MATERIAL RETENIDO EN LA MALLA NO. (4.75 MM), (GRS.)

W_i = 425.4 grs.

No. de Clavos	(W _p) Peso no pasa por los clavos (grs.)	Contenido de partículas en forma alargada %
14.2	129	30
20	47.1	11
38.5	59.4	14

A.II.XI DETERMINACIÓN DE LA PRUEBA DE DESGASTE DE LOS ÁNGELES

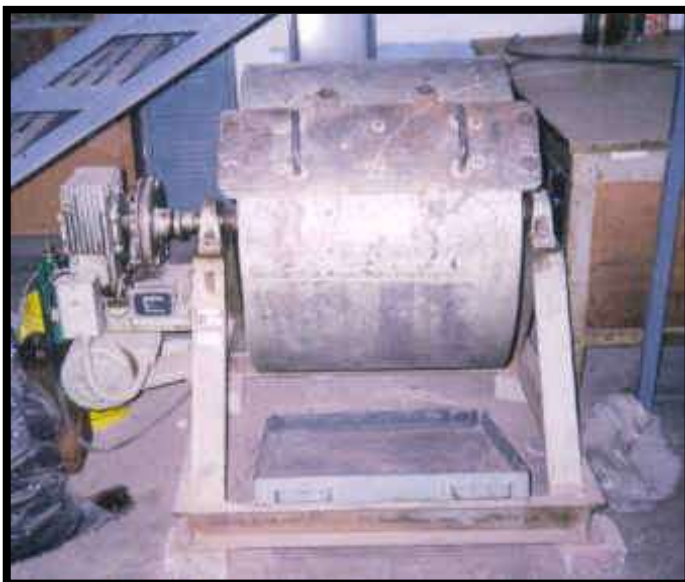
EL OBJETIVO DE LA PRUEBA ES PARA DETERMINAR EL DESGASTE QUE SUFRE EL MATERIAL PÉTREO A LA ACCIÓN DE TRITURACIÓN, QUE ESTIMAN EL EFECTO PERJUDICIAL QUE ORIGINA A LOS MATERIALES SU GRADO DE ALTERACIÓN, SU BAJA RESISTENCIA ESTRUCTURAL, PLANOS DE DEBILITAMIENTO, PLANOS DE CRISTALIZACIÓN, FORMAS DE LAS PARTÍCULAS, ETC.

LA PRUEBA CONSISTE EN SOMETER LAS MUESTRAS DE MATERIAL PÉTREO SECO DE DETERMINADA GRANULOMETRÍA A UN PROCESO DE ABRASIÓN QUE SE EFECTÚA EN LA MAQUINA LOS ÁNGELES, EN LA QUE SE INTRODUCE LA MUESTRA DE MATERIAL JUNTO CON ESFERAS METÁLICAS Y MEDIANTE UNA ROTACIÓN DE DICHA MAQUINA SE ORIGINA ENTRE LAS ESFERAS Y EL MATERIAL CARGAS ABRASIVAS Y DE IMPACTO, QUE HACEN QUE EL MATERIAL SE DESGASTE.

PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR LA PRUEBA

TOMANDO EN CUENTA LA GRANULOMETRÍA OBTENIDA, DETERMINAMOS LOS TAMAÑOS PREDOMINANTES EN MAYOR PORCENTAJE. **PARA ESTE CASO SERÁN LOS MATERIALES RETENIDOS EN LA MALLA DE 3/4" (19.00MM) Y 1/2" (12.5 MM), POR LO CUAL EL MATERIAL SE CLASIFICA EN EL TIPO B DE LA TABLA 2, EN LA CUAL SE DA LA INFORMACIÓN DE LAS CANTIDADES DE MATERIAL REQUERIDO Y LOS TAMAÑOS RESPECTIVOS QUE DEBEN UTILIZARSE PARA LA PRUEBA, ASÍ COMO LA CARGA ABRASIVA Y EL NUMERO DE REVOLUCIONES QUE DEBE DARSE A LA MAQUINA.**

DESPUÉS DE CONOCER LOS TAMAÑOS DE MATERIAL A UTILIZAR, SE TOMAN LAS MUESTRAS DE 2500 GRs. DE MATERIAL PÉTREO TAL COMO SE INDICA EN LA TABLA 2.



DE LA MUESTRA SELECCIONADA SE PESA Y SE REGISTRA COMO (W_i), SE COLOCA EN LA MAQUINA DE LOS ÁNGELES CONJUNTAMENTE CON LAS ESFERAS SEÑALADAS LAS CUALES DEBEN SER **11**. DETERMINADAS DE ACUERDO A LA GRANULOMETRÍA Y A LA TABLA 2. SE PONE A GIRAR LA MAQUINA HASTA ALCANZAR EL NUMERO DE REVOLUCIONES ESPECIFICADO (500) ESTA OPERACIÓN SE DEJA DURANTE 15 O 20 MINUTOS, CON UNA VELOCIDAD DE 30 A 33 RPM

UNA VEZ CONCLUIDA ESTA OPERACIÓN SE PROCEDE A CRIBAR ESTE MATERIAL POR LA MALLA NO. 12 (1.68MM) SE PESA LA FRACCIÓN RETENIDA EN DICHA MALLA Y SE REGISTRA ESTE PESO COMO (W_f) EN GRAMOS.

EL PORCENTAJE DE DESGASTE DEL AGREGADO PÉTREO SE OBTENDRÁ DE ACUERDO CON LA SIGUIENTE EXPRESIÓN:

$$D = \frac{W_i - W_f}{W_i} * 100$$

EN DONDE:

- D = DESGASTE DEL MATERIAL PÉTREO, EN POR CIENTO.
 W_i = PESO INICIAL DE LA MUESTRA DE PRUEBA, EN GRAMOS.
 W_f = PESO FINAL DE LA MUESTRA (MATERIAL RETENIDO EN LA MALLA NO 12, EN GRAMOS.

$$W_i = 5000$$

$$W_f = 3820$$

$$D = \frac{5000 - 3820}{5000} * 100 = 31.46 \%$$

El porcentaje de desgaste que se obtuvo fue de **31.46 %**, este es mayor al que marca la norma, con un valor máximo de **30 %**.

TABLA 2.- Composición de la muestra de prueba y cargas abrasivas

Tipo de composición de la muestra de prueba	Rango de tamaños		Masa de la fracción g	Carga abrasiva	
	mm	Designación		Número de esferas	Masa total g
A	37,5 - 25	1½" - 1"	1 250 ± 25	12	5 000 ± 25
	25 - 19	1" - ¾"	1 250 ± 25		
	19 - 12,5	¾" - ½"	1 250 ± 10		
	12,5 - 9,5	½" - ⅜"	1 250 ± 10		
	Masa total de la muestra de prueba		5 000 ± 10		
B	19 - 12,5	¾" - ½"	2 500 ± 10	11	4 584 ± 25
	12,5 - 9,5	½" - ⅜"	2 500 ± 10		
	Masa total de la muestra de prueba		5 000 ± 10		
C	9,5 - 6,3	⅜" - ¼"	2 500 ± 10	8	3 330 ± 20
	6,3 - 4,75	¼" - N°4	2 500 ± 10		
	Masa total de la muestra de prueba		5 000 ± 10		
D	4,75 - 2	N°4 - N°10	5 000 ± 10	6	2 500 ± 15

A.II.XII DETERMINACIÓN DE LA AFINIDAD ENTRE EL MATERIAL PÉTREO Y EL ASFALTO (DESPRENDIMIENTO DE LA PELÍCULA)

EL OBJETIVO DE LA PRUEBA ES DETERMINAR ESTIMATIVAMENTE EL DESPRENDIMIENTO DEL ASFALTO EN EL AGREGADO PÉTREO, CUANDO SE SOMETE A UN PROCESO DE AGITACIÓN EN AGUA ESTA PRUEBA SE APLICA A MATERIALES PÉTREOS QUE SE UTILIZAN EN LA ELABORACIÓN DE MEZCLAS ASFÁLTICAS, PARA MATERIALES QUE SE IMPREGNAN O SE ESTABILIZAN CON MATERIALES ASFÁLTICOS.

PARA ESTE ESTUDIO, EL PROCEDIMIENTO PARA EL CUAL LOS RESULTADOS SE CUANTIFICAN POR LA INSPECCIÓN VISUAL DE LAS PARTÍCULAS DE AGREGADO, CUBIERTAS CON UNA PELÍCULA DE CEMENTO ASFÁLTICO (AC-20), QUE HAN SIDO SOMETIDAS A LA ACCIÓN DEL AGUA Y AGITADAS PARA PROVOCAR EL DESPRENDIMIENTO DE LA PELÍCULA DE ASFALTO.

PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR LA PRUEBA

DE UNA MUESTRA REPRESENTATIVA DE MATERIAL PÉTREO, SE TOMAN 1000 GRS. APROXIMADAMENTE, SE CRIBAN POR LAS MALLAS DE 3/8" (9.5 MM), 1/4" (6.3 MM) Y No.4 (4.75 MM); DE LAS CUALES SE TOMA UN PESO APROXIMADO 250 GRS. DE LOS RETENIDOS EN 1/4" Y No. 4.

TAMBIÉN SE FLUIDIFICAN 200 GRS. DE CEMENTO ASFÁLTICO, MATERIAL QUE SE AGREGA EN CANTIDAD CORRESPONDIENTE AL PORCENTAJE DE PROYECTO (ÉSTE PORCENTAJE SE OBTUVO PREVIAMENTE Y RESULTO DE 6.8% DE CONTENIDO MÍNIMO DE ASFALTO, PERO SEGÚN LA NORMA HAY QUE INCREMENTAR ESTE PORCENTAJE EN UN 1 %).



ENSEGUIDA SE REALIZA LA MEZCLA CORRESPONDIENTE CUIDANDO QUE SE MANTENGA LA TEMPERATURA DE 120° C. POSTERIORMENTE SE COLOCA EN DOS FRASCOS DE VIDRIO LA CANTIDAD DE 50 GRS. DE LA MEZCLA ELABORADA, PREVIAMENTE DEJÁNDOLA ENFRIAR A TEMPERATURA AMBIENTE DURANTE 2 HRS.; SE AGREGAN A CADA FRASCO DE VIDRIO LA CANTIDAD DE 200 CENTÍMETROS CÚBICOS DE AGUA DESTILADA. POSTERIORMENTE CADA FRASCO SE SUMERGE EN UN BAÑO DE AGUA A LA TEMPERATURA DE 25° C. DEJÁNDOSE ESTOS UN PERÍODO DE 16 A 20 HRS.

SE SACAN LOS FRASCOS DEL BAÑO Y SE INSTALAN EN LA MAQUINA DE AGITACIÓN Y SOMETIÉNDOSE A 4 PERÍODOS DE AGITACIÓN DURANTE 15 MINUTOS CADA UNO.



AL CONCLUIR EL ÚLTIMO PERÍODO DE AGITACIÓN, SE RETIRAN LOS FRASCOS DE LA MAQUINA, SE DESTAPAN Y SE ESCURRE EL AGUA; ENSEGUIDA SE VIERTEN LAS MUESTRAS EN UNA HOJA DE PAPEL BLANCO, CON LA FINALIDAD DE PODER APRECIAR Y VERIFICAR PERFECTAMENTE CON UNA LUPA, EL PORCENTAJE DE SUPERFICIE DE LAS PARTÍCULAS EN QUE HAYA OCURRIDO DESPRENDIMIENTO DE ASFALTO.

SE REGISTRA EL PORCENTAJE DE DESPRENDIMIENTO ESTIMADO EN CADA UNA DE LAS DOS MUESTRAS ENSAYADAS. SI EL MAYOR DESPRENDIMIENTO OCURRIDO ES MAYOR DE 25% SE CONSIDERA QUE EL MATERIAL NO CUMPLE EL REQUISITO DE AFINIDAD CON EL ASFALTO, INDICADO EN LAS ESPECIFICACIONES DE LA S.C.T.



TABLA No. 1.2 RESULTADOS DE ESTA PRUEBA

	MUESTRA No. 1 MATERIAL RETENIDO EN LA MALLA No. 1/4"	MUESTRA No. 2 MATERIAL QUE PASA LA MALLA No. 1/4"
% DE CUBRIMIENTO ANTES DE LA PRUEBA	100	100
% DE CUBRIMIENTO DESPUÉS DE LA PRUEBA	90	95
% DE DESPRENDIMIENTO DE ASFALTO	10	5

CONSIDERANDO EL RESULTADO OBTENIDO, SE PUEDE DECIR QUE EL MATERIAL ENSAYADO CUMPLE CON LA ESPECIFICACIÓN DE BUENA AFINIDAD CON EL ASFALTO QUE RESULTÓ MENOR DE 25% DE DESPRENDIMIENTO EN CADA UNA DE LAS MUESTRAS.

A.II.XIII DETERMINACION DEL PESO ESPECÍFICO RELATIVO APARENTE POR INMERSION DEL MATERIAL PETREO EN CEMENTO ASFALTICO FLUIDIFICADO (CUERPO DE INGENIEROS).

ESTA PRUEBA SE APLICA A LOS MATERIALES QUE SE UTILIZAN EN LA ELABORACIÓN DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE, PRINCIPALMENTE CUANDO TIENEN ABSORCIÓN IGUAL O MAYOR DE 2.5%. DEBIDO A QUE ÉSTE MATERIAL PÉTREO TIENE UN 6.30% DE HUMEDAD DE ABSORCIÓN ES NECESARIO REALIZAR ESTA PRUEBA. SE EFECTÚA TANTO EN LA FRACCIÓN RETENIDA EN LA MALLA No.4 (4.75 MM), COMO EN LA QUE PASA DICHA MALLA O BIEN, EN LA COMBINACIÓN DE AMBAS FRACCIONES; ÉSTA PRUEBA NO DEBERÁ HACERSE EN MATERIALES FINOS QUE PASAN TOTALMENTE LA MALLA No.100 (0.150 MM). LA PRINCIPAL APLICACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS CON ÉSTA PRUEBA ES EL CÁLCULO DEL PORCENTAJE DE VACÍOS DE MEZCLAS ASFÁLTICAS COMPACTADAS.

EL PROCEDIMIENTO DE PRUEBA ES EL SIGUIENTE:

SE PREPARA EL MATERIAL PÉTREO Y CEMENTO ASFÁLTICO AC-20. PARA ESTO SE UTILIZAN 1300 GRS. DE MATERIAL PÉTREO, PARA 3 ENSAYES QUE SE REALIZAN.

CADA MUESTRA DE MATERIAL PÉTREO SE INTRODUCE EN EL HORNO Y SE SECA HASTA PESO CONSTANTE ($105 \pm 5^\circ \text{C.}$), SE DEJA ENFRIAR A TEMPERATURA AMBIENTE Y SE DETERMINA EL PESO DEL MATERIAL, DESIGNANDO ESTE PESO COMO (W_p). SE CALIENTA EL CEMENTO ASFÁLTICO A UNA TEMPERATURA DE 120°C. ; SE VIERTI LA CANTIDAD NECESARIA EN EL RECIPIENTE DE 4 LITROS PARA OCUPAR LA TERCERA PARTE DEL VOLUMEN DE ÉSTE, APROXIMADAMENTE. SE DETERMINA EL PESO DEL RECIPIENTE CONTENIENDO EL ASFALTO Y LA VARILLA, SUMERGIDOS EN AGUA, SE REGISTRA ÉSTE PESO COMO ($W'a$). DESPUÉS SE COLOCA EL RECIPIENTE QUE CONTIENE EL ASFALTO Y LA VARILLA EN EL HORNO, AGREGANDO EL MATERIAL PÉTREO PREVIAMENTE CALENTADO Y HACIENDO UNA MEZCLA CON ESTOS MATERIALES; INMEDIATAMENTE DESPUÉS SE OBTIENE EL PESO DEL RECIPIENTE CONTENIENDO EL ASFALTO, VARILLA Y MATERIAL PÉTREO, SUMERGIDOS EN AGUA Y SE REGISTRA ÉSTE PESO COMO ($W'ap$), REPITIENDO ESTE PROCEDIMIENTO PARA CADA UNO DE LOS 3 ENSAYES.

EL CÁLCULO DEL PESO ESPECÍFICO RELATIVO APARENTE O DENSIDAD APARENTE DE CADA UNA DE LAS MUESTRAS DE MATERIAL PÉTREO, SE OBTIENE CON LA SIGUIENTE EXPRESIÓN:

$$Sp = \frac{Wp}{Wp - (W'ap - W'a)}$$

EN DONDE:

- S_p ES EL PESO ESPECÍFICO RELATIVO APARENTE O DENSIDAD APARENTE DEL MATERIAL PÉTREO, SUMERGIDO EN CEMENTO ASFÁLTICO FLUIDIFICADO.
- W_p ES EL PESO DEL MATERIAL PÉTREO SECO, EN GRAMOS.
- W'_{ap} ES EL PESO DEL RECIPIENTE CON EL ASFALTO, LA VARILLA Y EL MATERIAL PÉTREO, SUMERGIDOS EN AGUA, EN GRAMOS.
- W'_a ES EL PESO DEL RECIPIENTE CONTENIENDO EL ASFALTO Y LA VARILLA SUMERGIDOS EN AGUA, EN GRAMOS.

A.II.XIV RESUMEN DE RESULTADOS Y ESPECIFICACIONES DE LAS PRUEBAS REALIZADAS AL MATERIAL PÉTREO.

PRUEBA	RESULTADO	ESPECIFICACION
PESO VOLUMETRICO SECO SUELTO	1332 KG/M ³	NO EXISTE NORMA
GRANULOMETRIA	SE OBTUVO DE LA GRANULOMETRIA OBTENIDA	ESPECIFICADA EN LA GRAFICA (GRANULOMETRÍA)
DENSIDAD RELATIVA APARENTE	2.15	2.40 (MINIMO)
ABSORCION	6.30	DE ACUERDO A LA ESPECIFICACION ES UNA ABSORCIÓN ALTA.
EQUIVALENTE DE ARENA	75.5 %	50 % (MINIMO)
CONTRACCION LINEAL	0 %	NO EXISTE NORMA
FORMA DE LA PARTICULA	30 %	35 % (MAXIMO)
DESGASTE DE LOS ANGELES	31.46 %	30 % (MAXIMO)
AFINIDAD CON EL ASFALTO	10%	25 % (MAXIMO)

A.II.XV CONCLUSIONES

Tomando en cuenta que el material pétreo es de origen volcánico ("Banco los Nogales"), este presenta una alta absorción y un bajo peso volumétrico.

En lo que corresponde a la granulometría obtenida se observa que la granulometría casi cumple satisfactoriamente con la grafica para elaborar mezclas asfálticas. En los que corresponde al peso volumétrico y dado que se trata de material de origen volcánico se puede considerara que es bajo; porque el material es poroso; por lo cual NO cumple con la prueba abrasiva "desgaste de los Ángeles";

Así como NO cumple con el parámetro de densidad relativa esto ocasionado por ser un material de origen volcánico poroso y por lo tanto de poco peso.

Realmente se cuenta con una cantidad limitada de material en forma de laja y alargada.

Para las demás pruebas realizadas en el material pétreo cumple satisfactoriamente con las especificaciones correspondientes marcadas por la S.C.T.

CAPITULO I

CARACTERISTICAS

MECANICAS DEL

AGREGADO MINERAL

"BANCO MINA LA

ESPERANZA"

B).-BANCO "MINA LA ESPERANZA"

B.1.1 LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA

SE ENCUENTRA LOCALIZADO HACIA EL SURESTE DEL ESTADO DE MÉXICO TOMANDO LA CARRETERA TOLUCA – TENANGO EN EL KM. 15+500 DESVIACIÓN DERECHA Y AVANZANDO UN KM. DE 4+500 SE TOMA UNA BRECHA DESVIACIÓN IZQUIERDA APROXIMADAMENTE 350 METROS; CUYA LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA ES LA SIGUIENTE:



CLIMA

TOLUCA TIENE UN CLIMA TEMPLADO CON LLUVIAS EN VERANO.

B.I.II GEOLOGIA DEL LUGAR Y TOPOGRAFIA

PRESENTA UN SISTEMA VOLCÁNICO TRANSVERSAL.

B. I. III. BANCOS DE MATERIAL

BANCO MINA LA ESPERANZA

EL BANCO TIENEN MATERIAL DE ORIGEN VOLCÁNICO; BASALTOS LOS CUALES SIRVEN PARA FORMAR LAS ESTRUCTURA DE UN CAMINO: BASES, SUB - BASES, CONCRETO PREMEZCLADO Y RIEGOS DE SELLO DE CARPETA ASFÁLTICA.

LOS ESPESORES DE LAS CAPA ES MASIVA DE LA EDAD TERCIAARIA SUPERIOR, TIENE UNA FACTURACIÓN MODERADA Y UN INTEMPERISMO SOMERO. LA FORMA DE ATAQUE ES A BASE DE RIPER, TIENE AFLORAMIENTOS DE BRECHA VOLCÁNICA BASÁLTICA QUE SUBYACE AL BASALTO.

ANUALMENTE SE PERMITE EXTRAER UN VOLUMEN DE 100 MIL METROS CÚBICOS DE MATERIAL POR LA COMISIÓN DE EXPLOTACIÓN DE YACIMIENTOS.

LOS MATERIALES QUE COMÚNMENTE SE OFERTAN SON EN FORMA DESCENDENTE: GRAVA DE $\frac{3}{4}$ " PARA LA FABRICACIÓN DE PAVIMENTOS HIDRÁULICOS, ARENA, BASE Y POR ULTIMO SELLO. LOS VOLÚMENES MENSUALES QUE SE VENDEN SON EN PROMEDIO 1500 M³ DE GRAVA Y DE 300 M³ DE ARENA.

EL MÉTODO POR EL CUAL SE REALIZA LA TRITURACIÓN ES POR IMPACTO CON UNA MAQUINA C 133.

LAS MAQUINARIA QUE SE UTILIZA PARA ACARREOS Y EXTRACCIÓN DE MATERIAL EN GREÑA SON: TRACTOR DE ORUGAS D8R CATERPILLAR, RETROEXCAVADORA CON ORUGAS 330CL, CAMIÓN COLA DE PATO DE 12 M³ DE CAPACIDAD, CARGADOR FRONTAL DE NEUMÁTICOS CATERPILLAR 962F Y UN TANQUE DE AGUA CON UNA CAPACIDAD DE 10000 LTS. PARA MITIGAR LOS POLVOS PRODUCTO DE LA EXTRACCIÓN Y LA TRITURACIÓN.

SE REALIZAN LOS MUESTREOS CADA 3 MESES PARA CERTIFICAR LA CALIDAD DE SUS MATERIALES PARA LO CUAL SE CONTRATAN A LABORATORIOS EXTERNOS.



EXPLOTACIÓN DEL BANCO ES DE 100 MIL M³ AL AÑO.

CAPITULO B.II

CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL PÉTREO DEL BANCO "MINA LA ESPERANZA"

B.II.I INTRODUCCIÓN

LOS MATERIALES PÉTREOS PARA CONSTRUIR MEZCLAS ASFÁLTICAS SON SUELOS INERTES, PROVENIENTES DE RÍOS, ARROYOS O DEPÓSITOS NATURALES (BANCOS DE MATERIALES), LOS CUALES REQUIEREN CRIBADO O TRITURADO PARA UTILIZARSE.

UN MATERIAL PÉTREO COMÚN INCLUYE GRAVA, ARENA, PIEDRA MOLIDA Y POLVO. EN UNA MEZCLA ASFÁLTICA EL AGREGADO PÉTREO REPRESENTA APROXIMADAMENTE EL 95% DEL PESO TOTAL DE LA MEZCLA. ESTO QUIERE DECIR QUE LA CALIDAD DEL AGREGADO ES UN FACTOR FUNDAMENTAL PARA EL COMPORTAMIENTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE Y ESTE PROPORCIONARA UNA SUPERFICIE ADECUADA PARA EL RODAMIENTO, YA QUE EN ESTA SE PRESENTARÁN ESFUERZOS TANGENCIALES (FRICCIÓN). LA UNIÓN DEL MATERIAL PÉTREO CON UN CEMENTO ASFÁLTICO DEBERÁ SER CAPAS DE RESISTIR ESTOS ESFUERZOS Y TENER UNA TEXTURA APROPIADA PARA EL RODAMIENTO DE LOS VEHÍCULOS. PARA ESTE ANÁLISIS SE REALIZO LA COMBINACIÓN DE UN MATERIAL TRITURADO (GRAVA) CON UN MATERIAL VOLCÁNICO SIN TRITURAR ÚNICAMENTE CRIBADO (ARENA Y FILLER).

PARA DETERMINAR LA CALIDAD DEL MATERIAL PÉTREO O AGREGADO PARA ESTE ESTUDIO, SE REALIZAN LAS SIGUIENTES PRUEBAS:

- IDENTIFICACIÓN, MUESTREO Y TRANSPORTACIÓN DEL MATERIAL PÉTREO.
- PREPARACIÓN DE LA MUESTRA.
- DETERMINACION DEL PESO VOLUMÉTRICO SECO SUELTO (P.V.S.S.)
- ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO
- DETERMINACION DE LA DENSIDAD RELATIVA APARENTE.
- DETERMINACION DE LA ABSORCIÓN DEL MATERIAL CRIBADO EN LA MALLA 1/2" Y RETENIDO EN LA MALLA 3/8".
- DETERMINACION DE LA FORMA DE LA PARTICULA.
- DETERMINACION DE LA PRUEBA DE DESGASTE DE LOS ÁNGELES.
- AFINIDAD ENTRE EL MATERIAL PÉTREO Y EL ASFALTO.
- RESUMEN DE RESULTADOS
- CONCLUSIONES

B.II.II IDENTIFICACIÓN, MUESTREO Y TRANSPORTACIÓN DEL MATERIAL PÉTREO

LA OBTENCIÓN DE LA MUESTRA REPRESENTATIVA PARA ESTE ESTUDIO SE REALIZO DEL BANCO DE MATERIAL LLAMADO (BANCO MINA LA ESPERANZA), EL CUAL SE ENCUENTRA UBICADO EN EL KILÓMETRO 15+000 DE LA CARRETERA **TOLUCA – TENANGO** DESVIACIÓN IZQUIERDA, ESTE BANCO DE MATERIAL SE CARACTERIZA POR LA EXPLOTACIÓN DE MATERIAL DE ORIGEN VOLCÁNICO (BASALTO) EL CUAL ES NECESARIO APLICARLE UN PROCESO DE TRITURACIÓN PARA PODER OBTENER LAS DIFERENTES CALIDADES DE MATERIALES NECESARIAS PARA CADA TIPO DE OBRA EN PROCESO.

EL OBJETIVO ES OBTENER Y TRAER AL LABORATORIO UNA MUESTRA REPRESENTATIVA DE GRAVA TAMAÑO MÁXIMO 3/4" DONDE SE REALIZARÁ EL ESTUDIO DEL MATERIAL QUE SE VA A EMPLEAR EN LA ELABORACIÓN DE LA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PARA PODER REALIZAR LOS ESTUDIOS O PRUEBAS CORRESPONDIENTES DE DICHO MATERIAL, EL EQUIPO UTILIZADO PARA PODER LLEVAR A CABO ESTA TAREA ES: UN MEDIO DE TRANSPORTE, COSTALES Y PALAS.

PARA OBTENER LA MUESTRA DEL MATERIAL PÉTREO LO PODEMOS REALIZAR:

- **DIRECTAMENTE EN LOS BANCOS DE MATERIAL.**
- EN LOS CAMIONES QUE ESTÉN SUMINISTRANDO EL MATERIAL A ALGUNA OBRA EN PROCESO.
- DEL MATERIAL QUE YA ESTE EN LA OBRA.

A.II.III PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

DESPUÉS DE HABER OBTENIDO LA MUESTRA REPRESENTATIVA DE MATERIAL QUE VAMOS A EMPLEAR EN LA ELABORACIÓN DE LA MEZCLA SE PROCEDIÓ A REALIZAR EL SECADO DEL MATERIAL EXTENDIÉNDOLO SOBRE UNA SUPERFICIE LISA Y QUE ESTE LIBRE DE OTROS MATERIALES; EVITANDO QUE SE CONTAMINE CON POLVO O BASURA.

PARA PODER SABER QUE NUESTRO MATERIAL HA PERDIDO COMPLETAMENTE LA HUMEDAD LO CAMBIAMOS DE LUGAR POR MEDIO DE UN PALEADO DÁNDOLE VUELTA DE UN LADO A OTRO Y LO VOLVEMOS A EXTENDER HASTA QUE EL MATERIAL ESTE COMPLETAMENTE SECO.

UNA VEZ QUE EL MATERIAL HAYA PERDIDO LA HUMEDAD LO AMONTONAMOS Y SE TRASPALEA PARA LOGRAR QUE LOS TAMAÑOS QUEDEN UNIFORMES, REPETIMOS ESTE PROCEDIMIENTO UNAS CUATRO VECES PARA LOGRAR QUE PRESENTE UN ASPECTO HOMOGÉNEO, SE PROCEDE A FORMAR UN CONO COLOCANDO CON LA PALA EL MATERIAL EN EL VÉRTICE DE ESTE PROCURANDO QUE LA DISTRIBUCIÓN SE HAGA UNIFORME, CON LA PALA SE FORMA UN CONO TRUNCADO ENCAJANDO LA

PALA EN FORMA RADIAL Y HACIENDO EL MATERIAL HACIA LA PERIFERIA PERPENDICULARES SOBRE LA SUPERFICIE HORIZONTAL PROCURANDO QUE EL DIÁMETRO SEA DE 4 A 8 VECES EL ESPESOR, SE PROCEDE A DIVIDIR CON UNA REGLA QUEDANDO ASÍ EN FORMA DE CUATRO CUADRANTES, TOMANDO ASÍ LOS CUADRANTES OPUESTOS PARA PROCEDER AL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO CORRESPONDIENTE Y A TODAS LAS PRUEBAS DE CALIDAD SEÑALADAS.



SE EXTIENDE EL MATERIAL PARA QUE PIERDA LA HUMEDAD Y SECARLO TOTALMENTE

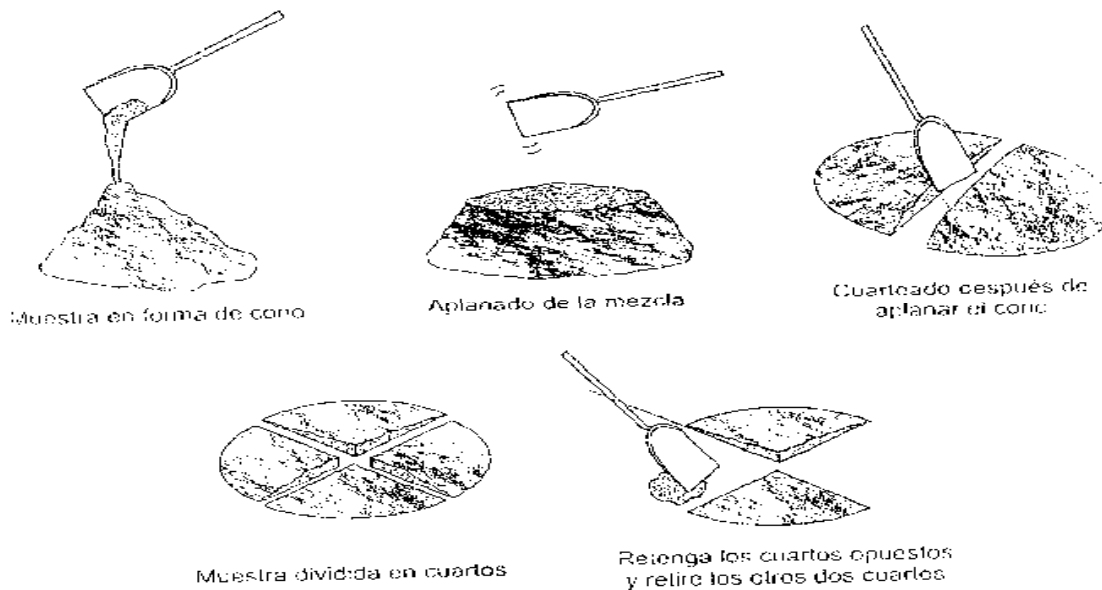


FIGURA 2.- Cuarteo manual

B.II.IV DETERMINACIÓN DEL PESO VOLUMÉTRICO SECO SUELTO (P. V. S. S.)

EL OBJETIVO DE LA PRUEBA CONSISTE EN CONOCER LA CANTIDAD DE MATERIAL EN PESO SECO SUELTO POR METRO CÚBICO.

EL PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR LA PRUEBA ES EL SIGUIENTE:

SE VIERTE MATERIAL EL CUAL FUE PREVIAMENTE CUARTEADO DENTRO DE UN RECIPIENTE DE VOLUMEN CONOCIDO DEJÁNDOLO CAER DE UNA ALTURA DE 20 CM. MEDIDA A PARTIR DE LA PARTE SUPERIOR DEL RECIPIENTE, LLENANDO COMPLETAMENTE HASTA FORMAR UN CONO. ENSEGUIDA SE ENRASA UTILIZANDO UNA VARILLA LISA O UNA REGLA Y SE PROCEDE A PESARLO.

AL PESO OBTENIDO SE LE RESTA EL PESO DEL RECIPIENTE PARA OBTENER EL PESO DE LA MUESTRA. EL PROCEDIMIENTO PARA OBTENER EL PESO LO HAREMOS DOS O TRES VECES CON EL FIN DE QUE LOS PESOS SEAN APROXIMADAMENTE IGUALES.

PARA OBTENER NUESTRO PESO VOLUMÉTRICO SECO SUELTO (P.V.S.S.) UTILIZAMOS LA SIGUIENTE EXPRESIÓN:

$$\text{P.V.S.S.} = \frac{W_M}{V_R} * 1000$$

P.V.S.S. = PESO VOLUMÉTRICO SECO SUELTO, EN KILOGRAMOS POR M³.

W_M = PESO DE LA MUESTRA EN KILOGRAMOS.

V_R = VOLUMEN DEL RECIPIENTE, CM³.

$$\text{P.V.S.S.} = \frac{15'340}{10'800} * 1000 = 1420 \text{ Kg./ m}^3$$



Cuarreamos el material para tomar una muestra representativa



Tomamos un promedio de 3 muestras representativas para el P. V. S. S.

B.II.V DETERMINACIÓN DEL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO.

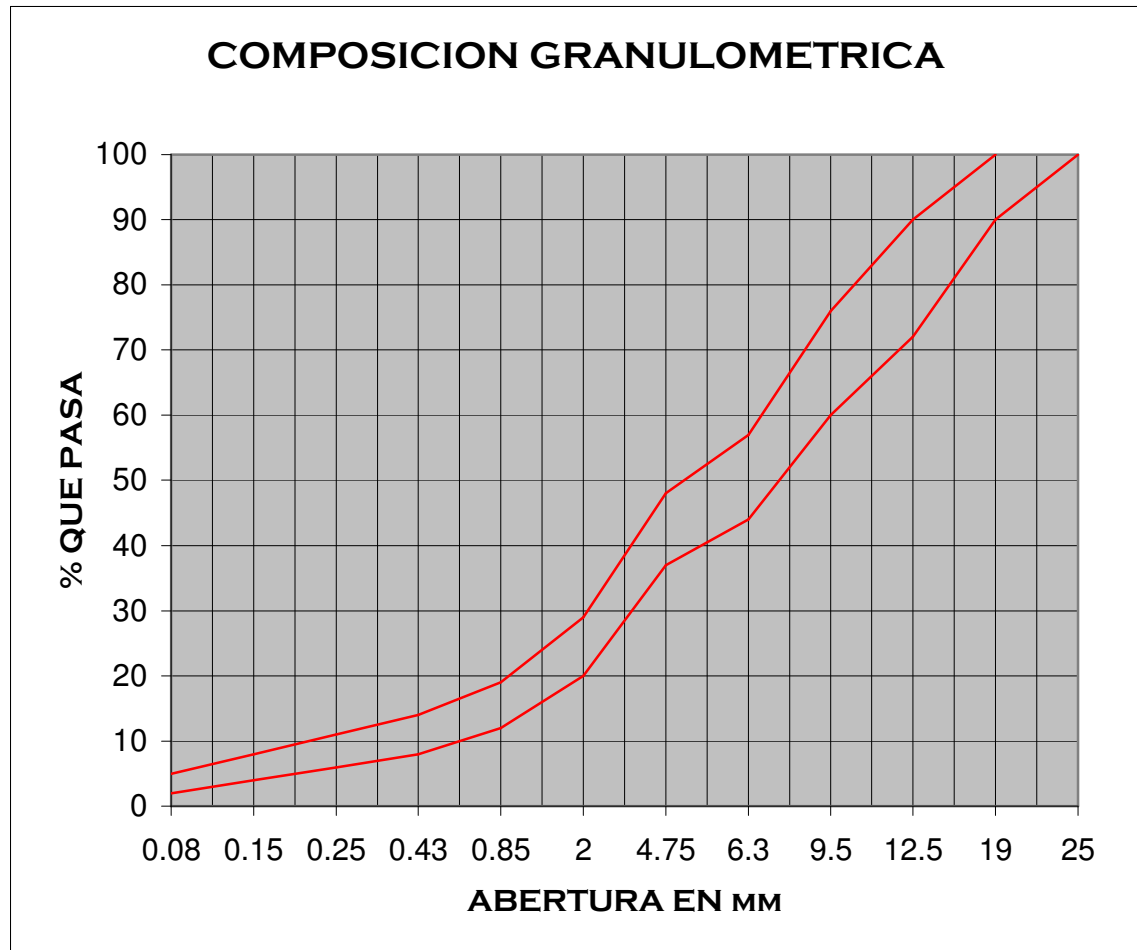
EL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO SE REFIERE A LA DETERMINACIÓN DE LA CANTIDAD EN PORCENTAJE DE LOS DIVERSOS TAMAÑOS DE PARTÍCULAS QUE CONSTITUYE EL MATERIAL PÉTREO.

LA GRANULOMETRÍA NOS PERMITE CONOCER LA ESTABILIDAD DE UN MATERIAL PÉTREO SIENDO MAYOR CUANDO SE REDUCE AL MÍNIMO LA CANTIDAD DE VACÍOS, LO CUAL SE LOGRA OBTENIENDO UNA BUENA GRANULOMETRÍA, ES DECIR; CUANDO TENEMOS UNA SUCESIÓN ADECUADA DE TAMAÑOS QUE NOS PERMITA QUE LOS HUECOS DEJADOS POR LOS GRUESOS LOS OCUPEN LOS DE MENOR TAMAÑO Y QUE A SU VES, LOS HUECOS DEJADOS POR ESTOS ÚLTIMOS LOS OCUPEN LAS PARTÍCULAS MÁS FINAS.

EL PROCEDIMIENTO QUE MÁS SE EMPLEA PARA LA DETERMINACIÓN DEL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO ES EL DE CRIBADO, EL CUAL CONSISTE EN SEPARAR LAS PARTÍCULAS GRUESAS DE LAS FINAS DE UN SUELO ACRIBÁNDOSE A TRAVÉS DE UNA SERIE DE MALLAS DE DIFERENTE ABERTURA, Y EN PESAR LAS PORCIONES DE MATERIAL PÉTREO RETENIDO EN CADA UNA DE LAS MALLAS, A FIN DE RELACIONAR DICHOS RETENIDOS COMO PORCENTAJES DE LA MUESTRA TOTAL, PARA OBTENER LA COMPOSICIÓN DEL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO CON ESTE PROCEDIMIENTO SE CLASIFICAN LAS PARTÍCULAS DE MATERIAL PÉTREO DESDE UN TAMAÑO MÁXIMO DE 3/4" (19.0 MM), HASTA UN TAMAÑO MÍNIMO QUE CORRESPONDE A LA MALLA NO 200 (0.075MM).

SE TRAZA LA CURVA QUE REPRESENTA LA COMPOSICIÓN DEL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO EN UNA GRAFICA QUE TENGA POR ABSCISAS LAS ABERTURAS DE LAS MALLAS Y POR ORDENADAS LOS PORCENTAJES DEL MATERIAL QUE PASAN POR DICHAS MALLAS.

LAS NORMAS DE CALIDAD DE LOS MATERIALES PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES ESPECIFICAN QUE LA CURVA DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL MATERIAL PÉTREO PARA CARPETAS ASFÁLTICAS DE GRANULOMETRÍA DENSA (PARA $\Sigma L > 10^6$), DEBE QUEDAR COMPRENDIDA DENTRO DE LA ZONA DELIMITADA POR LAS CURVAS, COMO SE MUESTRA EN LA SIGUIENTE FIGURA:



ZONA DE ESPECIFICACIÓN GRANULOMÉTRICA, PARA MATERIALES PÉTREOS QUE SE EMPLEAN EN MEZCLAS ASFÁLTICAS DE GRANULOMETRÍA DENSA (PARA $\Sigma L > 10^6$)

DETERMINACIÓN DEL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO, DEL MATERIAL PÉTREO RETENIDO EN LA MALLA No 4.

DE LA MUESTRA CUARTEADA SE TOMAN DOS CUARTEOS OPUESTOS, SE PESAN, ANOTÁNDOSE ESTE PESO COMO (Tg) SE CRIBA EL MATERIAL POR LAS MALLAS DE MAYOR A MENOR TAMAÑO DE ACUERDO CON LA DENOMINACIÓN SIGUIENTE:

Malla No.	1"	¾"	½"	3/8"	¼"	No. 4
Abertura mm	25	19	12.5	9.5	6.3	4.75

COMENZANDO CON LA MALLA DE MAYOR ABERTURA Y SIGUIENDO EN ORDEN DECRECIENTE, SE PROCEDE AL CRIBADO DEL MATERIAL CON MOVIMIENTOS LATERALES Y VERTICALES, QUEDANDO EN CADA MALLA UNA PORCIÓN RETENIDA DE MATERIAL DE DICHA MUESTRA, SE PESAN CADA UNA DE ESTAS, ASÍ COMO EL MATERIAL QUE PASA LA MALLA NO 4 (4.75 MM) CON LA BALANZA CON APROXIMACIÓN AL DÉCIMO DE GRAMO Y SE ANOTAN LOS RESULTADOS OBTENIDOS. LOS PESOS DEL MATERIAL RETENIDO EN CADA MALLA SE EXPRESAN COMO PORCENTAJES DEL PESO DE LA MUESTRA TOTAL (Wt).

$$\% \text{ RETENIDO PARCIAL} = \frac{\text{PESO RETENIDO PARCIAL}}{\text{PESO TOTAL DE LA MUESTRA (Wt)}} * 100$$

PARA CADA MALLA SE CALCULA, EL PORCENTAJE DE MATERIAL RETENIDO ACUMULATIVO, SUMANDO LOS PORCENTAJES DE RETENIDOS EN LAS MALLAS DE ABERTURA MAYOR CON EL RETENIDO DE DICHA MALLA. CADA UNO DE ESTOS PORCENTAJES RETENIDOS ACUMULATIVOS SE RESTA DE CIEN (100), PARA OBTENER PARA CADA UNA DE LAS MALLAS EL PORCENTAJE EN PESO DE LAS PARTÍCULAS QUE PASAN POR CADA MALLA.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL MATERIAL PÉTREO QUE PASA POR LA MALLA No 4.

DEL MATERIAL QUE PASA POR LA MALLA No 4, TOMAMOS UNA MUESTRA REPRESENTATIVA DE 500 GRS. LA CUAL SE CUARTEA HASTA OBTENER UNA MASA DE 200 GRS. SE COLOCA EN EL VASO METÁLICO Y SE LE AGREGAN 500 CM³ DE AGUA DEJÁNDOLA REPOSAR 12 HORAS.

DESPUÉS SE LAVA EL MATERIAL DECANTANDO EL VASO PARA LO CUAL SE AGITA EN FORMA DE "OCHOS" UTILIZANDO LA VARILLA METÁLICA A LA VEZ QUE SE VIERTEN EN LA MALLA No. 200. PARA FACILITAR EL PASO Y ELIMINACIÓN DE LOS FINOS SE APLICA UN CHORRO DE AGUA CON BAJA PRESIÓN SOBRE EL CONTENIDO DE LA MALLA REPITIENDO ESTA OPERACIÓN HASTA QUE EL AGUA SALGA LIMPIA.

FINALMENTE SE REGRESA EL MATERIAL RETENIDO EN LA MALLA No. 200 AL VASO METÁLICO Y SE SECA EN EL HORNO A UNA TEMPERATURA DE 110 +/- 5 °C HASTA MASA CONSTANTE LA CUAL SE REGISTRA COMO Wf EN GRAMOS.

DE LOS FINOS PARA HACER EL CRIBADO DEL MISMO A TRAVÉS DE LAS MALLAS DE MENOR ABERTURA, IGUALMENTE COMO SE REALIZÓ PARA EL MATERIAL GRUESO AHORA SE HARÁ PARA SACAR LA PORCIÓN DE FINOS QUE RETIENE CADA MALLA. LAS CUALES SE ACOMODARÁN DE MAYOR A MENOR ABERTURA COMO SE INDICA A CONTINUACIÓN:

Malla No.	10	20	40	60	100	200
Abertura en mm	2.0	0.85	0.425	0.250	0.150	0.075

LOS RESULTADOS DE ESTE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEBEN INCLUIR LOS PORCENTAJES PARCIALES RETENIDOS EN CADA MALLA, PORCENTAJES ACUMULATIVOS RETENIDOS Y PORCENTAJES TOTALES QUE PASAN POR CADA MALLA.

$$\%SN = \frac{WN}{200} \quad * \%SF$$

%SN= POR CIENTO DE MATERIAL RETENIDO EN LA MALLA "N" RESPECTO A LA MASA DE LA MUESTRA ORIGINAL, (%).

WN= MASA DEL MATERIAL RETENIDO EN LA MALLA "N", (GRS.)

%SF= POR CIENTO DE ARENA CON FINOS RESPECTO A LA MASA DE LA MUESTRA ORIGINAL, (%)

DE LOS RESULTADOS DEL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL MATERIAL QUE QUEDA RETENIDO EN CADA MALLA, SE OBTIENE LA GRAFICA CORRESPONDIENTE, Y DEPENDIENDO DEL RESULTADO, SI ESTA DENTRO DE LA ZONA DE ESPECIFICACIÓN GRANULOMÉTRICA SE TOMARA ESTA PROPORCIÓN PARA EL DISEÑO, DE LO CONTRARIO SE MODIFICARA EL PROPORCIONAMIENTO (GRAVA – ARENA – FINOS) Y SE REPETIRÁ EL PROCESO ANTERIOR HASTA OBTENER UNA GRANULOMETRÍA QUE CUMPLA CON LAS ESPECIFICACIONES VIGENTES DE LA S.C.T.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL MATERIAL PÉTREO PARA ESTE ESTUDIO.

MUESTRA SECA = **15340.0** grs.

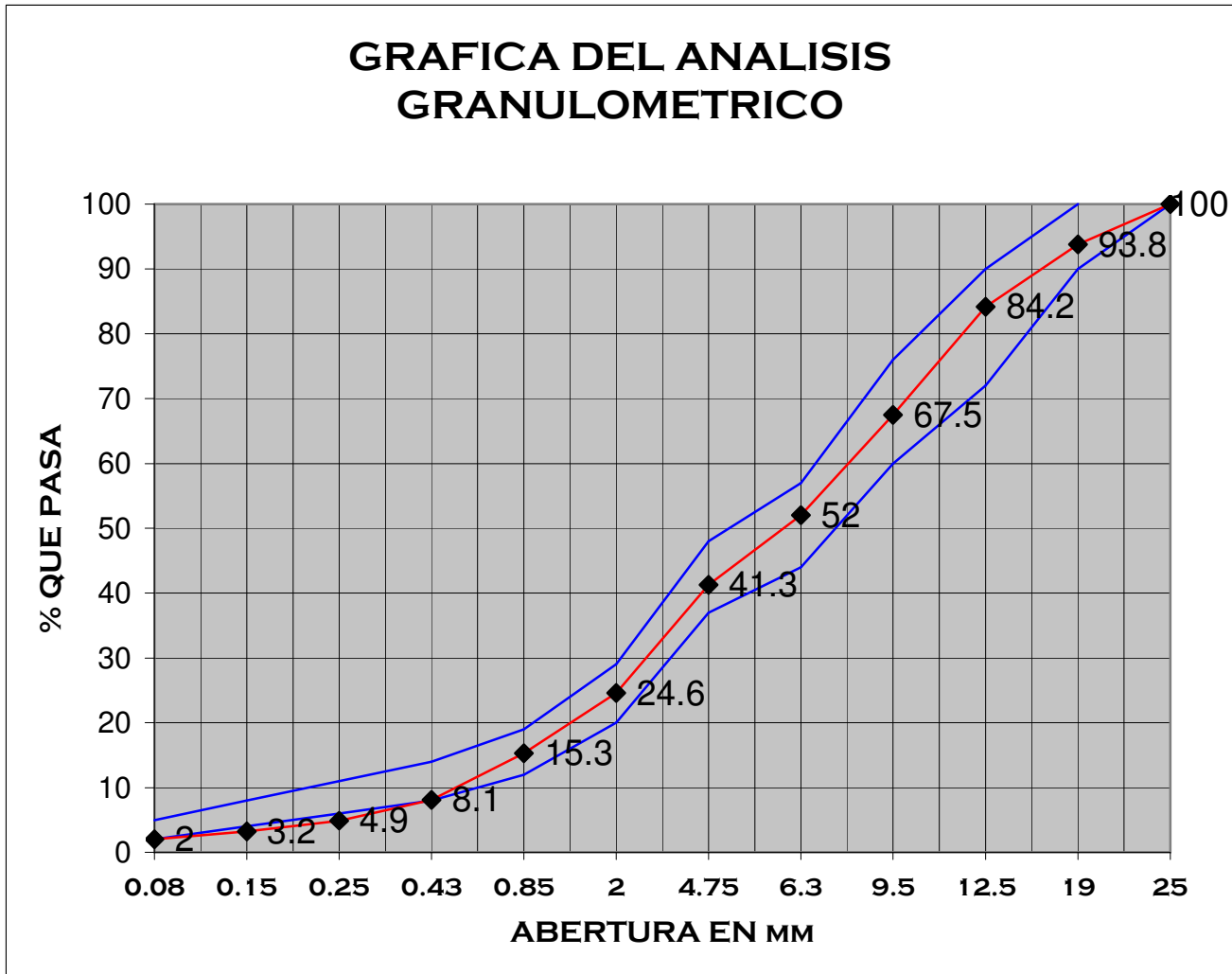
MATERIAL RETENIDO EN LA MALLA No 4

<i>MALLA No.</i>	<i>PESO RETENIDO PARCIAL (GRS.)</i>	<i>% RETENIDO PARCIAL</i>	<i>% RETENIDO ACUMULATIVO</i>	<i>% QUE PASA LA MALLA</i>
1"	0	0	0	100
¾"	951.0	6.2	6.2	93.8
½"	1472.6	9.6	15.8	84.2
3/8"	2561.8	16.7	32.5	67.5
¼"	2377.7	15.5	48.0	52.0
No 4	1641.4	10.7	58.7	41.3
Pasa No 4	6335.5	41.3	-	-
SUMA	15340	100		

MATERIAL QUE PASA LA MALLA No 4

MALLA No.	PESO RETENIDO PARCIAL (GRS.)	% RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULATIVO	%QUE PASA LA MALLA
10	80.9	16.7	75.4	24.6
20	45.0	9.3	84.7	15.3
40	34.9	7.2	91.9	8.1
60	15.5	3.2	95.1	4.9
100	8.2	1.7	96.8	3.2
200	5.8	1.2	98.0	2.0
Pasa 200	9.7	2.0	100	
SUMA	200.0	41.3		





GRANULOMETRIA OBTENIDA CON UN PROPORCIONAMIENTO DE 35% GRAVA TRITURADA DEL BANCO MINA LA ESPERANZA; 50% ARENA DEL BANCO LOS NOGALES; 15% DE FILLER.

B.II.VI DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD RELATIVA APARENTE

LA DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD RELATIVA APARENTE DEL MATERIAL PÉTREO RETENIDO EN LA MALLA DE 3/8" (9.5 MM) ESTA RELACIONADA CON LA PRUEBA DE ABSORCIÓN Y DA UNA IDEA GENERAL DE LA CALIDAD DEL MATERIAL PÉTREO. SE PUEDE DECIR EN TÉRMINOS GENERALES QUE A DENSIDADES ALTAS Y ABSORCIONES BAJAS, CORRESPONDEN MATERIALES COMPACTOS Y RESISTENTES. PERO ESTO NO ES INCLUYENTE YA QUE HAY MATERIALES CON BAJA DENSIDAD Y ALTA ABSORCIÓN QUE TAMBIÉN SON BASTANTE RESISTENTES Y LOS CUALES SE IDENTIFICAN FÁCILMENTE POR LA PRESENCIA DE CAVERNAS A SIMPLE VISTA.

PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR LA PRUEBA

A UNA MUESTRA DE MATERIAL DE (300 GRS.), CRIBANDO EN LA MALLA 3/4" (19.05 MM) Y RETENIDO EN LA MALLA DE 3/8" (9.5 MM) LA PONEMOS A SATURAR EN AGUA DURANTE 24 HORAS APROXIMADAMENTE. PASADO ESE TIEMPO SE SACA EL MATERIAL DEL AGUA Y SE SECA SUPERFICIALMENTE CON UNA FRANELA HASTA TENER UN TONO OPACO EN LAS PARTÍCULAS.

UTILIZAMOS UNA PROBETA Y LE VERTIMOS AGUA A 500 ML TOMANDO ESTA LECTURA COMO (L I) SE DEJA CAER EL MATERIAL PÉTREO DENTRO DE LA PROBETA SIN EXPULSAR AGUA HACIA AFUERA Y MEDIMOS EL VOLUMEN DE AGUA QUE DESALOJA EL MATERIAL. TOMANDO LA LECTURA QUE ARROJA LA PROBETA CON EL MATERIAL DENTRO DE ELLA Y LA LLAMAMOS (L F).

SE LE RESTA LI A LF Y EL RESULTADO SE TOMA COMO EL VOLUMEN DESALOJADO

$$\text{VOLUMEN DESALOJADO (Vd)} = \frac{L I}{L F}$$

SE EXTRAER EL MATERIAL DE LA PROBETA Y SE SECA EN UN HORNO A TEMPERATURA CONSTANTE DE 100 +/- 10°C, HASTA QUE PIERDA COMPLETAMENTE LA HUMEDAD, PARA SABER QUE EL MATERIAL HA PERDIDO LA HUMEDAD SE COLOCA ENCIMA UN VIDRIO PARA VERIFICAR QUE YA NO FORME GOTAS O SE EMPAÑE. UNA VEZ SECO EL MATERIAL, ESTE SE DEJA ENFRIAR HASTA ALCANZAR LA TEMPERATURA AMBIENTE, SE PESA, Y SE ANOTA DICHO PESO COMO (W S).

LA DENSIDAD RELATIVA APARENTE LA CALCULAMOS CON LA SIGUIENTE EXPRESIÓN:

$$DR = \frac{WS}{V}$$

DR = DENSIDAD RELATIVA APARENTE.

WS = PESO DE LA MUESTRA SECA, EN GRAMOS.

VD = VOLUMEN DESALOJADO DE AGUA, EN MILILITROS.

$$Ws = 363.2 \quad V = 150.0 \text{ ml}$$

$$\text{Densidad Relativa Aparente} = \frac{363.2}{150.0} = 2.42 \%$$

Este resultado de **2.42** nos indica que el material pétreo es mas pesado que el material volcánico del diseño anterior, esto es común que se presente en los materiales pétreos producto de trituración.



Dejamos el material 24hrs. saturando



Después secamos el material superficialmente y lo Colocamos en el picnómetro

B.II.VII DETERMINACIÓN DE LA ABSORCIÓN DEL MATERIAL PÉTREO

EL OBJETIVO DE LA PRUEBA ES DETERMINAR LA CAPACIDAD MÁXIMA DE ABSORCIÓN DE AGUA DURANTE 24 HRS. DE SATURACIÓN DEL MATERIAL PÉTREO, CON RESPECTO A SU PESO SECO EXPRESADO EN POR CIENTO.

PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR LA PRUEBA

TOMEMOS UNA MUESTRA REPRESENTATIVA DE MATERIAL PÉTREO CRIBADA POR LA MALLA $\frac{3}{4}$ " (19.0 MM) Y RETENIDA EN LA $\frac{3}{8}$ " (9.5 MM) DE 300 GRS., SE SATURA EN AGUA DURANTE 24 HRS. UNA VEZ QUE ALLÁ TRANSCURRIDO ESTE TIEMPO SE LAVA LA MUESTRA Y SE SECA CON UNA FRANELA SUPERFICIALMENTE HASTA OBTENER UN TONO OPACO EN LAS PARTÍCULAS Y SE PESA, TOMANDO ESTE PESO COMO (W_i) POSTERIORMENTE SE COLOCA EN UN HORNO A TEMPERATURA DE $100 \pm 10^\circ\text{C}$ HASTA QUE PIERDA LA HUMEDAD. SE DEJA ENFRIAR A TEMPERATURA AMBIENTE Y LO PESAMOS REGISTRÁNDOSE COMO (W_s).

EL PORCENTAJE DE ABSORCIÓN SE CALCULA CON LA SIGUIENTE EXPRESIÓN:

$$\% \text{ ABSORCIÓN} = \frac{W_i - W_s}{W_s} * 100$$

W_i = PESO DE LA MUESTRA SATURADA Y SUPERFICIALMENTE SECA, EN GRS.

W_s = PESO DE LA MUESTRA SECA, EN GRS.

$$W_i = 300 \text{ gr.}$$

$$W_s = 290.8 \text{ gr.}$$

$$\% \text{ Absorción} = \frac{300 - 290.8}{290.8} * 100 = 3.16 \%$$



Secamos la muestra representativa en una charola

ESPECIFICACIONES PARA DETERMINAR EL TIPO DE ABSORCIÓN

TIPO DE ABSORCIÓN	% DE ABSORCIÓN
BAJA	MENOS DEL 2 %
MEDIA	ENTRE 2 Y 4 %
ALTA	MAS DEL 4 %

POR LO TANTO DE ACUERDO AL RESULTADO OBTENIDO **3.16%**, NOS INDICA QUE TENEMOS UNA ABSORCIÓN **MEDIA**.

B.II.VIII DETERMINACIÓN DE LA FORMA DE LA PARTÍCULA

EL OBJETIVO DE ESTA PRUEBA ES DETERMINAR LA RELACIÓN ENTRE DIMENSIONES DE LAS PARTÍCULAS DEL MATERIAL PÉTREO, A FIN DE CLASIFICARLAS CON RESPECTO A SU FORMA ALARGADA O DE LAJA, Y CONOCER EL PORCENTAJE DE PARTÍCULAS QUE CONTIENE LA MUESTRA UTILIZADA PARA LA MEZCLA ASFÁLTICA.

ESTA PRUEBA SE REALIZA A LAS PARTÍCULAS DE MATERIAL PÉTREO QUE RETENIDO LA MALLA NO. 4 (4.75 MM) Y DICHAS PARTÍCULAS DEBERÁN TENER UNA RELACIÓN ENTRE SU ESPESOR Y SU ANCHO NO MENOR A 0.60 VECES.

PROCEDIMIENTO PARA RELIZAR LA PRUEBA

DE UNA MUESTRA REPRESENTATIVA DE MATERIAL PÉTREO SE TOMA, POR CUARTEO, UNA PORCIÓN SUFICIENTE PARA OBTENER COMO MÍNIMO 200 PARTÍCULAS RETENIDAS EN LA MALLA NO. 4 (4.75 MM), SE PESA EL MATERIAL RETENIDO POR DICHA MALLA Y SE REGISTRA COMO (Wi).

SE TOMA DE UNA EN UNA LAS PARTÍCULAS QUE CONFORMAN LAS LA PORCIÓN CLASIFICADA DE LA MUESTRA Y SE VERIFICA SI PASAN POR LA RANURA CORRESPONDIENTE DEL CALIBRADOR DE ESPESORES QUE SE MUESTRA EN LA FIGURA, BUSCANDO LA POSICIÓN MÁS ADECUADA DE CADA PARTÍCULA PARA ESTA OPERACIÓN.

DE TODAS LAS PARTÍCULAS QUE PASARON POR LAS RANURAS DEL CALIBRADOR, SE OBTIENE SU PESO Y ESTE SE REGISTRA COMO (Wp).

PARA SABER EL CONTENIDO DE PARTÍCULAS EN FORMA DE LAJA DE LA MUESTRA SE EMPLEA LA SIGUIENTE EXPRESIÓN:

$$C_p = \frac{W_p}{W_i} * 100$$

CP = CONTENIDO DE PARTÍCULAS EN FORMA DE LAJA, (%)

WP = PESO QUE PASAN LAS RANURAS DEL CALIBRADOR, (GRS.)

WI = PESO DEL MATERIAL RETENIDO EN LA MALLA NO. 4 (4.75 MM), (GRS.)

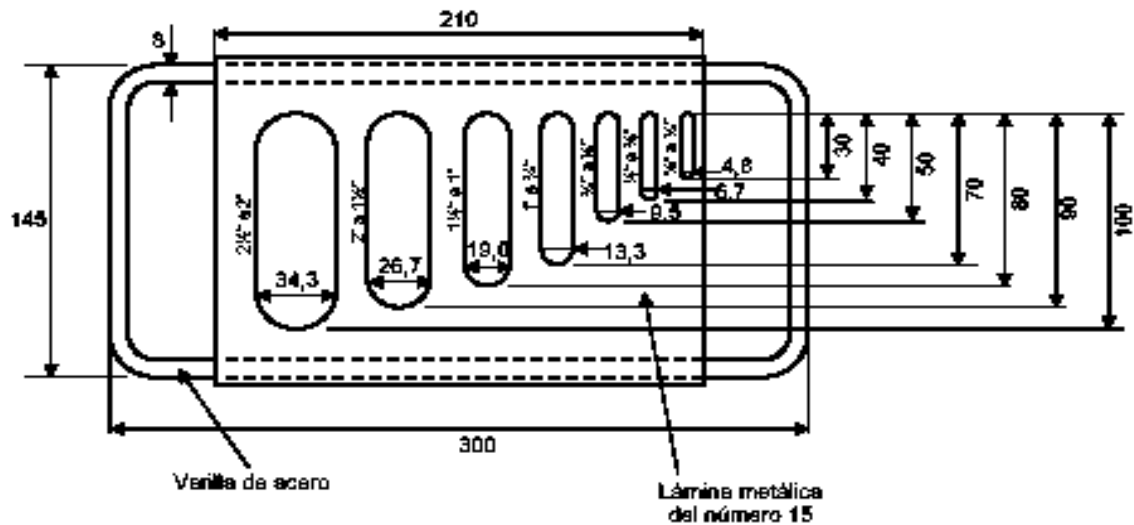
$$W_i = 1402.4 \text{ GRS.}$$

No. de Ranura	(Wp) Peso pasa la ranura (grs.)	Contenido de partículas en forma de lajas %
30	70.2	5
40	114.5	8
50	262.0	19
70	226.5	16
80	372.0	26
90	220.7	16
100	136.5	10
SUMA	1402.4	100

Los porcentajes son menores a la norma que marca como valor máximo un 35%.

D.4. CALIBRADOR DE ESPESORES

Con la forma y dimensiones que se muestran en la Figura 1 de este Manual.



Nota: Junto a cada ranura estarán marcadas las designaciones de las mallas que definen la fracción de prueba correspondiente

Acotaciones en milímetros

FIGURA 1.- Calibrador de espesores

PARA DETERMINAR LAS PARTÍCULAS EN FORMA ALARGADA, QUE SON LAS QUE TIENEN UNA RELACIÓN ENTRE SU LARGO Y SU ANCHO MAYOR DE 1.8 VECES, SE UTILIZARA LA PORCIÓN RETENIDA EN LA MALLA No. 4 (4.75 mm).

SE TOMA UNA MUESTRA REPRESENTATIVA TAL COMO SE HIZO PARA LA PRUEBA ANTERIOR, EN ESTA PRUEBA SE UTILIZARA EL CALIBRADOR DE LONGITUDES DE LA FIGURA HACIENDO PASAR DE UNA EN UNA LAS PARTÍCULAS DE TAL MANERA QUE SU MAYOR DIMENSIÓN SEA PARALELA AL EJE LONGITUDINAL DEL CALIBRADOR.

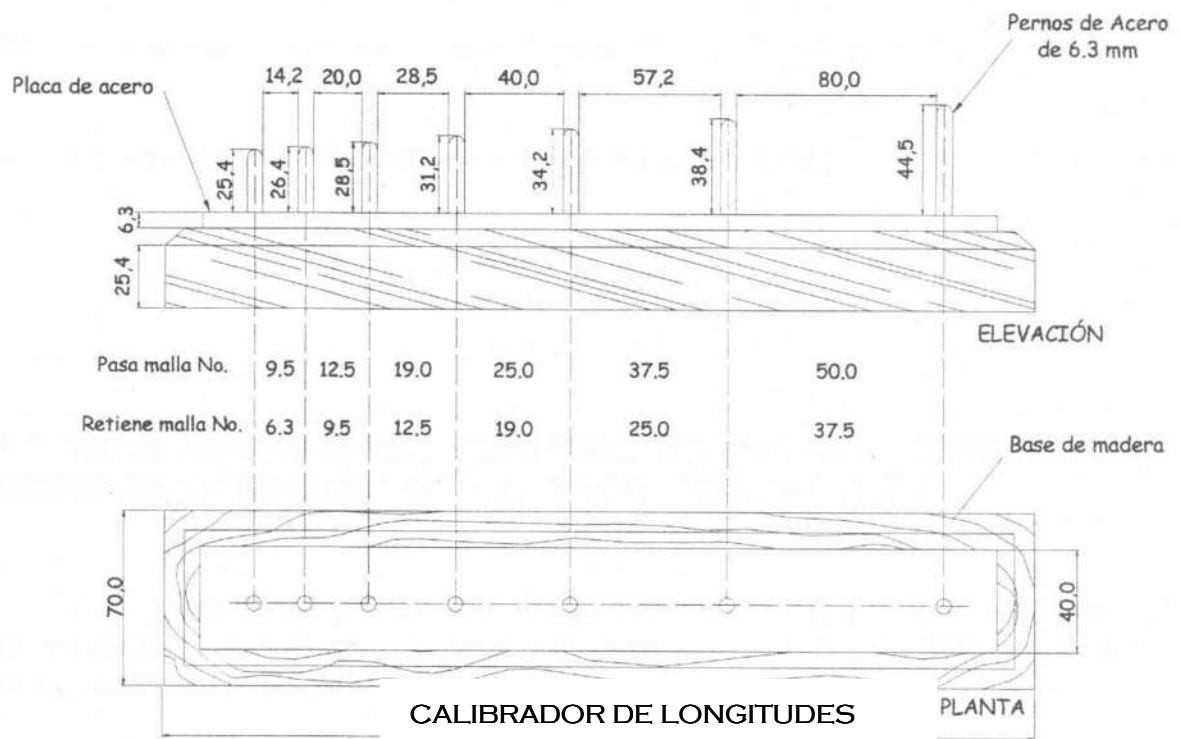


Figura 1.3.: Calibrador de longitudes

PARA SABER EL CONTENIDO DE PARTÍCULAS EN FORMA ALARGADA DE LA MUESTRA SE EMPLEA LA SIGUIENTE EXPRESIÓN:

$$C_p = \frac{W_a}{W_i} * 100$$

CP = CONTENIDO DE PARTÍCULAS EN FORMA ALARGADA, (%)

WP = PESO DE LAS PARTÍCULAS QUE NO PASAN LOS CLAVOS DEL CALIBRADOR, (GRS.)

WI = PESO DEL MATERIAL RETENIDO EN LA MALLA NO. (4.75 MM), (GRS.)

Wi = 1402.4 grs.

No. de Clavos	(Wp) Peso no pasa por los clavos (grs.)	Contenido de partículas en forma alargada %
14.2	129	30
20	47.1	11
38.5	59.4	14

B.II.IX DETERMINACIÓN DE LA PRUEBA DE DESGASTE DE LOS ÁNGELES

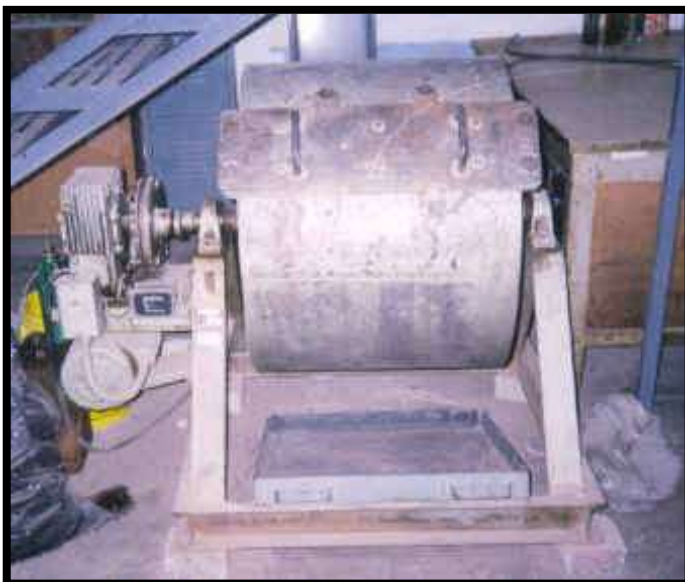
EL OBJETIVO DE LA PRUEBA ES PARA DETERMINAR EL DESGASTE QUE SUFRE EL MATERIAL PÉTREO A LA ACCIÓN DE TRITURACIÓN, QUE ESTIMAN EL EFECTO PERJUDICIAL QUE ORIGINA A LOS MATERIALES SU GRADO DE ALTERACIÓN, SU BAJA RESISTENCIA ESTRUCTURAL, PLANOS DE DEBILITAMIENTO, PLANOS DE CRISTALIZACIÓN, FORMAS DE LAS PARTÍCULAS, ETC.

LA PRUEBA CONSISTE EN SOMETER LAS MUESTRAS DE MATERIAL PÉTREO SECO DE DETERMINADA GRANULOMETRÍA A UN PROCESO DE ABRASIÓN QUE SE EFECTÚA EN LA MAQUINA LOS ÁNGELES, EN LA QUE SE INTRODUCE LA MUESTRA DE MATERIAL JUNTO CON ESFERAS METÁLICAS Y MEDIANTE UNA ROTACIÓN DE DICHA MAQUINA SE ORIGINA ENTRE LAS ESFERAS Y EL MATERIAL CARGAS ABRASIVAS Y DE IMPACTO, QUE HACEN QUE EL MATERIAL SE DESGASTE.

PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR LA PRUEBA

TOMANDO EN CUENTA LA GRANULOMETRÍA OBTENIDA, DETERMINAMOS LOS TAMAÑOS PREDOMINANTES EN MAYOR PORCENTAJE. **PARA ESTE CASO SERÁN LOS MATERIALES RETENIDOS EN LA MALLA DE 3/8" (9.52MM) Y 1/4" (6.30 MM), POR LO CUAL EL MATERIAL SE CLASIFICA EN EL TIPO C DE LA TABLA 2, EN LA CUAL SE DA LA INFORMACIÓN DE LAS CANTIDADES DE MATERIAL REQUERIDO Y LOS TAMAÑOS RESPECTIVOS QUE DEBEN UTILIZARSE PARA LA PRUEBA, ASÍ COMO LA CARGA ABRASIVA Y EL NUMERO DE REVOLUCIONES QUE DEBE DARSE A LA MAQUINA.**

DESPUÉS DE CONOCER LOS TAMAÑOS DE MATERIAL A UTILIZAR, SE TOMAN LAS MUESTRAS DE 2500 GRs. DE MATERIAL PÉTREO TAL COMO SE INDICA EN LA TABLA 2.



DE LA MUESTRA SELECCIONADA SE PESA Y SE REGISTRA COMO (W_i), SE COLOCA EN LA MAQUINA DE LOS ÁNGELES CONJUNTAMENTE CON LAS ESFERAS SEÑALADAS LAS CUALES DEBEN SER 8. DETERMINADAS DE ACUERDO A LA GRANULOMETRÍA Y A LA TABLA 2. SE PONE A GIRAR LA MAQUINA HASTA ALCANZAR EL NUMERO DE REVOLUCIONES ESPECIFICADO (500) ESTA OPERACIÓN SE DEJA DURANTE 15 O 20 MINUTOS, CON UNA VELOCIDAD DE 30 A 33 RPM.

UNA VEZ CONCLUIDA ESTA OPERACIÓN SE PROCEDE A CRIBAR ESTE MATERIAL POR LA MALLA NO. 12 (1.68MM) SE PESA LA FRACCIÓN RETENIDA EN DICHA MALLA Y SE REGISTRA ESTE PESO COMO (W_f) EN GRAMOS.

EL PORCENTAJE DE DESGASTE DEL AGREGADO PÉTREO SE OBTENDRÁ DE ACUERDO CON LA SIGUIENTE EXPRESIÓN:

$$D = \frac{W_i - W_f}{W_i} * 100$$

EN DONDE:

- D = DESGASTE DEL MATERIAL PÉTREO, EN POR CIENTO.
 W_i = PESO INICIAL DE LA MUESTRA DE PRUEBA, EN GRAMOS.
 W_f = PESO FINAL DE LA MUESTRA (MATERIAL RETENIDO EN LA MALLA NO 12, EN GRAMOS.

$$W_i = 5000$$

$$W_f = 3930$$

$$D = \frac{5000 - 3930}{5000} * 100 = 21.40 \%$$

El porcentaje de desgaste que se obtuvo fue de **21.40 %**, este es menor al que marca la norma, con un valor máximo de **30 %**.

TABLA 2.- Composición de la muestra de prueba y cargas abrasivas

Tipo de composición de la muestra de prueba	Rango de tamaños		Masa de la fracción g	Carga abrasiva	
	mm	Designación		Número de esferas	Masa total g
A	37,5 - 25	1½" - 1"	1 250 ± 25	12	5 000 ± 25
	25 - 19	1" - ¾"	1 250 ± 25		
	19 - 12,5	¾" - ½"	1 250 ± 10		
	12,5 - 9,5	½" - ⅜"	1 250 ± 10		
	Masa total de la muestra de prueba		5 000 ± 10		
B	19 - 12,5	¾" - ½"	2 500 ± 10	11	4 584 ± 25
	12,5 - 9,5	½" - ⅜"	2 500 ± 10		
	Masa total de la muestra de prueba		5 000 ± 10		
C	9,5 - 6,3	⅜" - ¼"	2 500 ± 10	8	3 330 ± 20
	6,3 - 4,75	¼" - N°4	2 500 ± 10		
	Masa total de la muestra de prueba		5 000 ± 10		
D	4,75 - 2	N°4 - N°10	5 000 ± 10	6	2 500 ± 15

B.II.X DETERMINACIÓN DE LA AFINIDAD ENTRE EL MATERIAL PÉTREO Y EL ASFALTO (DESPRENDIMIENTO DE LA PELÍCULA)

EL OBJETIVO DE LA PRUEBA ES DETERMINAR ESTIMATIVAMENTE EL DESPRENDIMIENTO DEL ASFALTO EN EL AGREGADO PÉTREO, CUANDO SE SOMETE A UN PROCESO DE AGITACIÓN EN AGUA ESTA PRUEBA SE APLICA A MATERIALES PÉTREOS QUE SE UTILIZAN EN LA ELABORACIÓN DE MEZCLAS ASFÁLTICAS, PARA MATERIALES QUE SE IMPREGNAN O SE ESTABILIZAN CON MATERIALES ASFÁLTICOS.

PARA ESTE ESTUDIO, EL PROCEDIMIENTO PARA EL CUAL LOS RESULTADOS SE CUANTIFICAN POR LA INSPECCIÓN VISUAL DE LAS PARTÍCULAS DE AGREGADO, CUBIERTAS CON UNA PELÍCULA DE CEMENTO ASFÁLTICO (AC-20), QUE HAN SIDO SOMETIDAS A LA ACCIÓN DEL AGUA Y AGITADAS PARA PROVOCAR EL DESPRENDIMIENTO DE LA PELÍCULA DE ASFALTO.

PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR LA PRUEBA

DE UNA MUESTRA REPRESENTATIVA DE MATERIAL PÉTREO, SE TOMAN 1000 GRS. APROXIMADAMENTE, SE CRIBAN POR LAS MALLAS DE 3/8" (9.5 MM), 1/4" (6.3 MM) Y No.4 (4.75 MM); DE LAS CUALES SE TOMA UN PESO APROXIMADO 250 GRS. DE LOS RETENIDOS EN 1/4" Y No. 4.

TAMBIÉN SE FLUIDIFICAN 200 GRS. DE CEMENTO ASFÁLTICO, MATERIAL QUE SE AGREGA EN CANTIDAD CORRESPONDIENTE AL PORCENTAJE DE PROYECTO (ÉSTE PORCENTAJE SE OBTUVO PREVIAMENTE Y RESULTO DE 6.8% DE CONTENIDO MÍNIMO DE ASFALTO, PERO SEGÚN LA NORMA HAY QUE INCREMENTAR ESTE PORCENTAJE EN UN 1 %).



ENSEGUIDA SE REALIZA LA MEZCLA CORRESPONDIENTE CUIDANDO QUE SE MANTENGA LA TEMPERATURA DE 120° C. POSTERIORMENTE SE COLOCA EN DOS FRASCOS DE VIDRIO LA CANTIDAD DE 50 GRs. DE LA MEZCLA ELABORADA, PREVIAMENTE DEJÁNDOLA ENFRIAR A TEMPERATURA AMBIENTE DURANTE 2 HRS.; SE AGREGAN A CADA FRASCO DE VIDRIO LA CANTIDAD DE 200 CENTÍMETROS CÚBICOS DE AGUA DESTILADA. POSTERIORMENTE CADA FRASCO SE SUMERGE EN UN BAÑO DE AGUA A LA TEMPERATURA DE 25° C. DEJÁNDOSE ESTOS UN PERÍODO DE 16 A 20 HRS.

SE SACAN LOS FRASCOS DEL BAÑO Y SE INSTALAN EN LA MAQUINA DE AGITACIÓN Y SOMETIÉNDOSE A 4 PERÍODOS DE AGITACIÓN DURANTE 15 MINUTOS CADA UNO.



AL CONCLUIR EL ÚLTIMO PERÍODO DE AGITACIÓN, SE RETIRAN LOS FRASCOS DE LA MAQUINA, SE DESTAPAN Y SE ESCURRE EL AGUA; ENSEGUIDA SE VIERTEN LAS MUESTRAS EN UNA HOJA DE PAPEL BLANCO, CON LA FINALIDAD DE PODER APRECIAR Y VERIFICAR PERFECTAMENTE CON UNA LUPA, EL PORCENTAJE DE SUPERFICIE DE LAS PARTÍCULAS EN QUE HAYA OCURRIDO DESPRENDIMIENTO DE ASFALTO.

SE REGISTRA EL PORCENTAJE DE DESPRENDIMIENTO ESTIMADO EN CADA UNA DE LAS DOS MUESTRAS ENSAYADAS. SI EL MAYOR DESPRENDIMIENTO OCURRIDO ES MAYOR DE 25% SE CONSIDERA QUE EL MATERIAL NO CUMPLE EL REQUISITO DE AFINIDAD CON EL ASFALTO, INDICADO EN LAS ESPECIFICACIONES DE LA S.C.T.



TABLA No. 1.2 RESULTADOS DE ESTA PRUEBA

	MUESTRA No. 1 MATERIAL RETENIDO EN LA MALLA No. 1/4"	MUESTRA No. 2 MATERIAL QUE PASA LA MALLA No. 1/4"
% DE CUBRIMIENTO ANTES DE LA PRUEBA	100	100
% DE CUBRIMIENTO DESPUÉS DE LA PRUEBA	90	85
% DE DESPRENDIMIENTO DE ASFALTO	10	15

CONSIDERANDO EL RESULTADO OBTENIDO, SE PUEDE DECIR QUE EL MATERIAL ENSAYADO CUMPLE CON LA ESPECIFICACIÓN DE BUENA AFINIDAD CON EL ASFALTO QUE RESULTÓ MENOR DE 25% DE DESPRENDIMIENTO EN CADA UNA DE LAS MUESTRAS.

B.II.XI RESUMEN DE RESULTADOS Y ESPECIFICACIONES DE LAS PRUEBAS REALIZADAS AL MATERIAL PÉTREO.

PRUEBA	RESULTADO	ESPECIFICACION
PESO VOLUMETRICO SECO SUELTO	1420 KG/M ³	NO EXISTE NORMA
GRANULOMETRIA	SE OBTUVO DE LA GRANULOMETRIA OBTENIDA	ESPECIFICADA EN LA GRAFICA (GRANULOMETRÍA)
DENSIDAD RELATIVA APARENTE	2.42	2.40 (MINIMO)
ABSORCION	3.16	DE ACUERDO A LA ESPECIFICACION ES UNA ABSORCIÓN MEDIA.
EQUIVALENTE DE ARENA	75.5 %	50 % (MINIMO)
CONTRACCION LINEAL	0 %	NO EXISTE NORMA
FORMA DE LA PARTICULA	30.0 %	35 % (MAXIMO)
DESGASTE DE LOS ANGELES	21.40 %	30 % (MAXIMO)
AFINIDAD CON EL ASFALTO	15%	25 % (MAXIMO)

B.II.XII CONCLUSIONES

Tomando en cuenta que el material pétreo es producto de trituración ("Banco Mina La Esperanza"), este presenta una absorción media y un buen peso volumétrico.

En lo que corresponde a la granulometría obtenida se observa que la granulometría casi cumple satisfactoriamente con la grafica para elaborar mezclas asfálticas. En los que corresponde al peso volumétrico y dado que se trata de material de origen triturado se puede considerara que es bueno; porque el material es mas denso y presenta menos porosidad que el material analizado anteriormente; por lo cual SI cumple con la prueba abrasiva "desgaste de los Ángeles";

Por lo cual SI cumple con el parámetro de densidad relativa esto ocasionado por ser un material de origen triturado poco poroso y por lo tanto de buen peso.

Realmente se cuenta con una cantidad limitada de material en forma de laja y alargada.

Para las demás pruebas realizadas en el material pétreo cumple satisfactoriamente con las especificaciones correspondientes marcadas por la S.C.T.

Comparando los resultados de ambos bancos de material se observa y se determina que el material analizado del banco "Mina La Esperanza" presenta mejores características mecánicas que el material del banco "Los Nogales" para la realización de carpeta asfáltica en caliente cumpliendo con las normas vigentes de la S.C.T.

CAPITULO II

CARACTERISTICAS

MECANICAS DEL ASFALTO

AC-20

II.1 INTRODUCCION

EN ESTE CAPÍTULO SE TRATARÁ LO REFERENTE A LA PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS Y LA REALIZACIÓN DE PRUEBAS DE LABORATORIO, QUE ES NECESARIO EFECTUAR PARA CONOCER LA CALIDAD Y ESTIMAR EL PROBABLE COMPORTAMIENTO DEL CEMENTO ASFÁLTICO, DURANTE LA VIDA ÚTIL DE NUESTRA CARPETA ASFÁLTICA.

EN LO QUE SE REFIERE AL TIPO DE CEMENTO ASFÁLTICO, SE ENSAYARÁ CON EL DE TIPO **AC-20**, POR SER EL MÁS UTILIZADO PARA LA ELABORACIÓN DE CARPETA ASFÁLTICA EN CALIENTE Y POR LA UBICACIÓN DE LA ZONA GEOGRÁFICA DONDE SE LOCALIZA EL ESTADO DE MICHOACÁN.

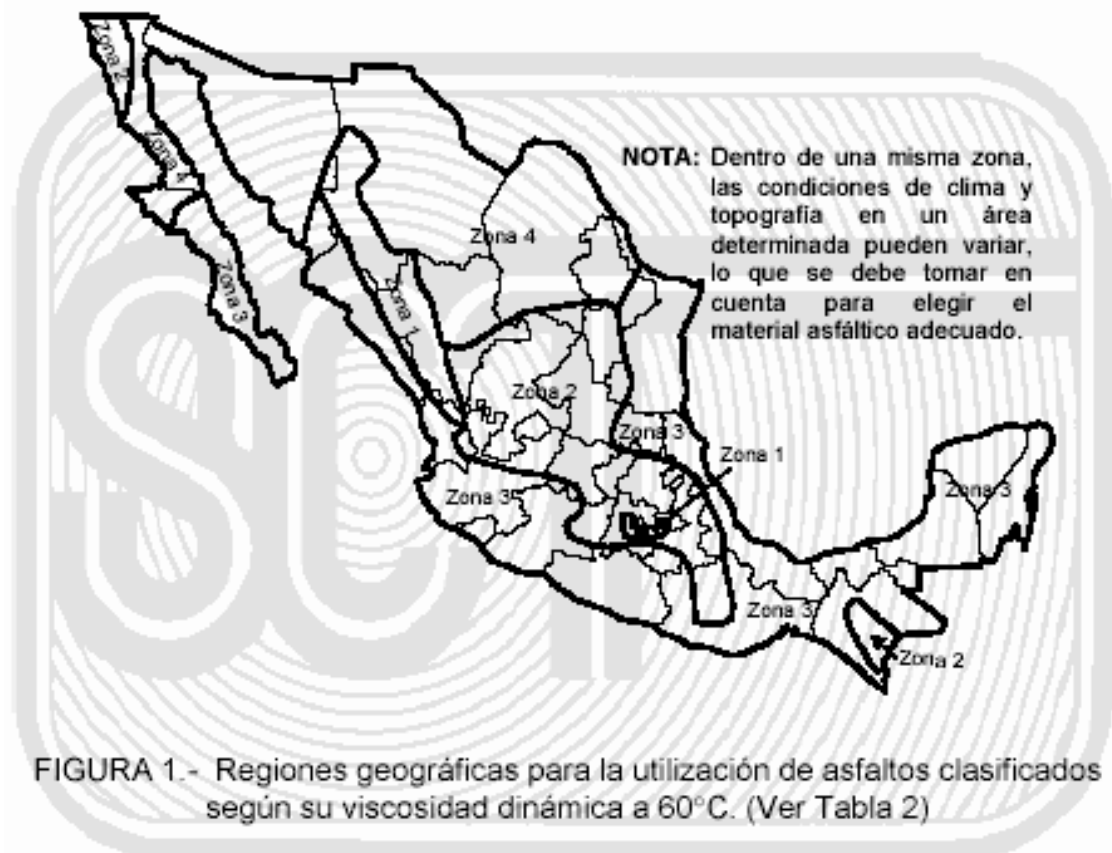


TABLA 2.- Clasificación de los cementos asfálticos según su viscosidad dinámica a 60°C

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

[1] Poises

UNA VEZ REALIZADAS LAS PRUEBAS AL CEMENTO ASFÁLTICO, SE COMPROBARA SI REÚNE LAS CARACTERÍSTICAS NECESARIAS DE CALIDAD, PARA LA REALIZACIÓN DE ÉSTE ESTUDIO.

II.II CARACTERISTICAS DEL CEMENTO ASFALTICO AC-20

DEFINICION DE ASFALTO: ES UN MATERIAL AGLUTINANTE DE COLOR QUE VARÍA DE PARDO OSCURO A NEGRO, DE CONSISTENCIA SÓLIDA, SEMISÓLIDA O LÍQUIDA, CUYOS CONSTITUYENTES PREDOMINANTES SON LOS BETUNES QUE SE DAN EN LA NATURALEZA COMO TALES, O QUE SE OBTIENEN EN LA DESTILACIÓN DEL PETRÓLEO.

SE EMPLEAN PARA PAVIMENTAR CAMINOS, CALLES Y COMO REVESTIMIENTO IMPERMEABLE. LOS ASFALTOS DEBEN SER SOMETIDOS A PRUEBAS DE LABORATORIO CON EL FIN DE CONOCER SUS CARACTERÍSTICAS, LAS CUALES SON LAS SIGUIENTES:

- DENSIDAD O PESO ESPECIFICO RELATIVO DEL ASFALTO
- PRUEBA DE VISCOSIDAD SAYBOLT - FUROL
- PRUEBA DE PENETRACION
- SOLUBILIDAD EN TETRACLORURO DE CARBONO
- PUNTO DE INFLAMACIÓN
- PRUEBA DE DUCTILIDAD
- PUNTO DE REBLANDECIMIENTO
- PERDIDA POR CALENTAMIENTO Y PENETRACION RETENIDA

A CONTINUACION SE PRESENTA EL DESARROLLO DE LAS PRUEBAS, ASI COMO SUS RESULTADOS OBTENIDOS EN EL LABORATORIO.

II.III.I PRUEBA DE DENSIDAD O PESO ESPECIFICO RELATIVO DEL ASFALTO

EL OBJETIVO DE ÉSTA PRUEBA, CONSISTE EN DETERMINAR LA RELACIÓN QUE EXISTE ENTRE EL PESO DE UN VOLUMEN DADO DEL MATERIAL A 25° C, Y EL PESO DE UN VOLUMEN IGUAL DE AGUA A LA MISMA TEMPERATURA.

ESTE DATO SE UTILIZA EN EL CÁLCULO DE VOLÚMENES DE LOS CEMENTOS ASFÁLTICOS Y EN LA DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE VACÍOS EN MEZCLAS ASFÁLTICAS COMPACTADAS.

EL PROCEDIMIENTO DE PRUEBA ES EL SIGUIENTE:

SE LIMPIAN Y SECAN PERFECTAMENTE EL PICNÓMETRO Y EL TAPÓN, A CONTINUACIÓN SE PESAN CONJUNTAMENTE, ANOTANDO ÉSTE PESO COMO (WF). SE LLENA EL PICNÓMETRO CON AGUA DESTILADA RECIENTEMENTE HERVIDA PARA ELIMINARLE EL AIRE Y SE ANOTA ÉSTE PESO COMO (WFW).

SE FLUIDIFICA EN UN VASO DE PRECIPITADO 100 GRs. DE CEMENTO ASFÁLTICO; CUANDO LA MUESTRA ESTÉ SUFICIENTEMENTE FLUIDA, SE CALIENTA LIGERAMENTE EL PICNÓMETRO Y SE VIERTE UNA CANTIDAD DE CEMENTO ASFÁLTICO PARA LLENARLO HASTA LA MITAD APROXIMADAMENTE. A CONTINUACIÓN SE DEJAN ENFRIAR A TEMPERATURA AMBIENTE Y SE PESAN JUNTO CON EL TAPÓN, ANOTANDO ESTE PESO COMO (WFA).



ENSEGUIDA SE TERMINA DE LLENAR EL PICNÓMETRO CON AGUA DESTILADA Y SE LE INSERTA FIRMEMENTE EL TAPÓN, SE ELIMINA TODA LA HUMEDAD DE LA SUPERFICIE EXTERIOR DEL MISMO; INMEDIATAMENTE SE PESA EL PICNÓMETRO CON SU CONTENIDO Y EL TAPÓN, ANOTÁNDOSE ÉSTE PESO COMO (WFAW). EL CÁLCULO DE LA DENSIDAD SE DETERMINA CON LA SIGUIENTE EXPRESIÓN:

$$Sca = \frac{Wfa - Wf}{(Wfw - Wf) - (Wfaw - Wfa)} = \frac{Wa}{Ww}$$

EN DONDE:

Sca ES EL PESO ESPECÍFICO RELATIVO O DENSIDAD DEL CEMENTO ASFÁLTICO, NÚMERO ABSTRACTO.

Wf ES EL PESO DEL PICNÓMETRO, EN GRAMOS.

Wfw ES EL PESO DEL PICNÓMETRO LLENO DE AGUA, EN GRAMOS.

Wfa ES EL PESO DEL PICNÓMETRO CON ASFALTO, EN GRAMOS.

Wfaw ES EL PESO DEL PICNÓMETRO CON ASFALTO Y AGUA, EN GRAMOS.

Wa ES EL PESO DEL CEMENTO ASFÁLTICO CONTENIDO EN EL PICNÓMETRO, EN GRAMOS.

Ww ES EL PESO DEL AGUA DESTILADA EN GRAMOS, CORRESPONDIENTE A UN VOLUMEN IGUAL AL DEL CEMENTO ASFÁLTICO, ESTANDO AMBOS A 25° C.

RESULTADO DE LA PRUEBA ES EL SIGUIENTE:

$$Sca = \frac{47.20 - 29.00}{(54.80 - 29.00) - (56.10 - 47.20)} = \frac{18.20}{16.90}$$

$$Sca = 1.08$$

ESTE RESULTADO SE UTILIZA POSTERIORMENTE PARA DETERMINAR EL CONTENIDO ÓPTIMO DE CEMENTO ASFÁLTICO, POR MEDIO DEL MÉTODO MARSHALL.

II.II.II PRUEBA DE VISCOSIDAD SAYBOLT -FUROL.

EL OBJETIVO DE ÉSTA PRUEBA ES PARA PODER DETERMINAR EL GRADO DE FLUIDEZ DE UN ASFALTO LÍQUIDO A UNA TEMPERATURA DE 135° C Y DETERMINAR EL GRADO DE MANEJABILIDAD DEL PRODUCTO ASFÁLTICO; CUANDO SE TRATA DE UN MISMO PRODUCTO LA VISCOSIDAD DISMINUYE A MEDIDA QUE AUMENTA SU TEMPERATURA Y POR LO TANTO SE VUELVE MÁS MANEJABLE.

LA PRUEBA CONSISTE EN DETERMINAR EL TIEMPO QUE TARDAN EN PASAR 60 CENTÍMETROS CÚBICOS DE CEMENTO ASFÁLTICO A TRAVÉS DE UN ORIFICIO FUROL BAJO CONDICIONES ESPECIFICADAS.

EL PROCEDIMIENTO DE PRUEBA ES EL SIGUIENTE:

SE LLENA EL BAÑO DEL VISCOSÍMETRO CON EL ACEITE ADECUADO Y SE LIMPIA EL TUBO DE VISCOSIDAD. SE INSERTA EL TAPÓN DE CORCHO EN LA PARTE INFERIOR DEL TUBO DE VISCOSIDAD, DE MANERA QUE AJUSTE HERMÉTICAMENTE. SE CALIENTA EL BAÑO A UNA TEMPERATURA LIGERAMENTE INFERIOR A LA SELECCIONADA (135° C); A CONTINUACIÓN SE VIERTE AL TUBO DE VISCOSIDAD LA MUESTRA DE ASFALTO, FILTRÁNDOLA A TRAVÉS DE LA MALLA No.20 (0.850 MM), HASTA QUE SE DERRAME LA CAZOLETA, SE COLOCA LA TAPA Y SE INSERTA EL TERMÓMETRO EN EL ORIFICIO CENTRAL DE LA MISMA.

SE AGITA LA MUESTRA CONTINUAMENTE CON MOVIMIENTOS CIRCULARES A RAZÓN DE 60 REVOLUCIONES POR MINUTO. SE ALCANZA LA TEMPERATURA DE PRUEBA Y DEBE PERMANECER CONSTANTE DURANTE UN MINUTO, INMEDIATAMENTE DESPUÉS SE COLOCA EL MATRAZ DEBAJO DEL TUBO DE VISCOSIDAD, SE RETIRA EL TAPÓN DE CORCHO Y SIMULTÁNEAMENTE SE PONE EN MARCHA EL CRONÓMETRO, EL CUAL DEBERÁ DETENERSE EN EL MOMENTO DE QUE LA MUESTRA ALCANCE LA MARCA DE AFORO DE 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 DE VISCOSIDAD HASTA EL LLENADO DEL MATRAZ NO SERÁ MAYOR DE 15 MINUTOS.

EL RESULTADO DE LA PRUEBA ES EL SIGUIENTE:

EL RESULTADO OBTENIDO FUE DE 390 SEGUNDOS, VALOR QUE SÍ CUMPLE LA ESPECIFICACIÓN DE LA S.C.T., QUE MARCA COMO MÍNIMO 120 SEGUNDOS.

II.II.III PRUEBA DE PENETRACION.

EL OBJETIVO DE ÉSTA PRUEBA ES PARA DETERMINAR LA CONSISTENCIA DE LOS CEMENTOS ASFÁLTICOS, MEDIANTE LA PENETRACIÓN VERTICAL DE UNA AGUJA EN UNA 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 MILÍMETRO O EN GRADOS DE PENETRACIÓN.

EL PROCEDIMIENTO DE PRUEBA ES EL SIGUIENTE:

DE UNA MUESTRA REPRESENTATIVA DE CEMENTO ASFÁLTICO SE CALIENTA HASTA QUE ADQUIERA FLUIDEZ PARA FACILITAR SU VACIADO, CUIDANDO QUE NO EXCEDA LA TEMPERATURA DE 130° C Y QUE EL TIEMPO DE CALENTAMIENTO NO SEA MAYOR DE 30 MINUTOS. INMEDIATAMENTE DESPUÉS SE LLENA LA CÁPSULA CON LA MUESTRA Y SE DEJA ENFRIAR A TEMPERATURA AMBIENTE.

LA CÁPSULA SE INTRODUCE EN EL BAÑO DE AGUA, QUE DEBERÁ ESTAR A UNA TEMPERATURA DE 25° C, SUMERGIÉNDOLA POR ESPACIO DE 2 HORAS. SE SACA LA CÁPSULA DEL BAÑO Y SE COLOCA EN EL APARATO DE PENETRACIÓN CON CARÁTULA GRADUADA, PARA COLOCAR LA AGUJA EN CONTACTO CON LA SUPERFICIE DE LA MUESTRA, AJUSTANDO LA CARÁTULA ACERO (O).

SE DEJA CAER LIBREMENTE LA AGUJA POR UN TIEMPO DE 5 SEGUNDOS Y DESPUÉS DE ÉSTE TIEMPO SE TOMA LA LECTURA Y SE REGISTRA EN DÉCIMOS DE MILÍMETRO O GRADOS DE PENETRACIÓN. SE HARÁN POR LO MENOS CINCO PENETRACIONES SOBRE PUNTOS DIFERENTES DE LA SUPERFICIE DE LA MUESTRA Y SE OBTIENE EL PROMEDIO DE ESTAS LECTURAS.



EL RESULTADO DE 1A PRUEBA ES EL SIGUIENTE:

ENSAYO No.	GRADOS DE PENETRACIÓN
1	70
2	72
3	75
4	70
5	70
PROMEDIO	71

ESTE RESULTADO **SI** CUMPLE CON LA ESPECIFICACIÓN DE LA S.C.T., QUE MARCA COMO MÍNIMO 60 GRADOS DE PENETRACIÓN.

II.II.IV PRUEBA DE SOLUBILIDAD EN TETRACLORURO DE CARBONO O TRICLOROETILENO.

EL OBJETIVO DE ÉSTA PRUEBA ES PARA DETERMINAR EL GRADO DE SOLUBILIDAD QUE TIENEN LOS CEMENTOS ASFÁLTICOS.

CONSISTE EN DISOLVER EN TETRACLORURO DE CARBONO O TRICLOROETILENO UNA MUESTRA DE CEMENTO ASFÁLTICO FILTRÁNDOLA A TRAVÉS DE UNA CAPA DE FIBRA DE ASBESTO, EN DONDE SE RETIENE LA FRACCIÓN INSOLUBLE. LOS RESULTADOS DE LA PRUEBA SIRVEN PARA CONOCER LA PUREZA DEL ASFALTO EN CUANTO A SU CONTENIDO DE SUSTANCIAS SÓLIDAS.

EL PROCEDIMIENTO DE PRUEBA ES EL SIGUIENTE:

SE DESMENUZAN DE 20 A 30 GRs. DE ASBESTO Y SE PONE EN UN LITRO DE AGUA DESTILADA AGITÁNDOSE CONSTANTEMENTE. SE COLOCA EN EL FONDO DEL CRISOL PARTE DE ÉSTE ASBESTO DILUIDO Y SE DEJA EN REPOSO HASTA QUE SE ASIENTE; SE SECA DICHO CRISOL EN EL HORNO HASTA PESO CONSTANTE, SE DEJA ENFRIAR A TEMPERATURA AMBIENTE, SE PESA Y SE ANOTA COMO (Wi).

DE UNA MUESTRA DE CEMENTO ASFÁLTICO, SE CALIENTA CUIDANDO QUE NO EXCEDA LA TEMPERATURA DE 130° C; HECHO LO ANTERIOR SE VIERTEN EN EL MATRAZ ERLLENMEYER, 2 GRs. DE LA MUESTRA Y SE REGISTRA SU PESO COMO (Wm). A CONTINUACIÓN SE LE AGREGAN 100 CENTÍMETROS CÚBICOS DE TETRACLORURO DE CARBONO HASTA DISOLVER TOTALMENTE LA PARTE SOLUBLE DEL ASFALTO.

SE MONTA EL EQUIPO DE FILTRACIÓN (MATRAZ DE FILTRACIÓN, CRISOL Y BOMBA DE SUCCIÓN) Y VACIANDO EN EL CRISOL PEQUEÑAS CANTIDADES DEL SOLVENTE QUE CONTIENE EL ASFALTO; SE VA LAVANDO EL CONTENIDO DEL CRISOL HASTA QUE ÉSTE SALGA INCOLORO SUCCIONÁNDOLO CON EL APARATO.

A CONTINUACIÓN SE DESMONTA EL CRISOL, SE SECA EN EL HORNO A LA TEMPERATURA DE LOS 110° C, DURANTE 20 MINUTOS COMO MÍNIMO, SE DEJA ENFRIAR A TEMPERATURA AMBIENTE Y SE DETERMINA SU PESO COMO (Wf).

EL CÁLCULO DE LA SOLUBILIDAD DEL CEMENTO ASFÁLTICO SE DETERMINA CON LA SIGUIENTE EXPRESIÓN:

$$S = 1 - \frac{Wf - Wi}{Wm} * 100$$

EN DONDE:

S ES LA SOLUBILIDAD DEL CEMENTO ASFÁLTICO, EN POR CIENTO.

Wm ES EL PESO DE LA MUESTRA DE CEMENTO ASFÁLTICO, EN GRAMOS.

Wf ES EL PESO DEL CRISOL PREPARADO CONTENIENDO EL MATERIAL INSOLUBLE, EN GRAMOS.

Wi ES EL PESO DEL CRISOL PREPARADO, EN GRAMOS.

EL RESULTADO DE LA PRUEBA ES EL SIGUIENTE:

$$S = 1 - \frac{22.51 - 22.51}{2} * 100 = 100\%$$

ESTE RESULTADO SÍ CUMPLE CON LA ESPECIFICACIÓN, QUE MARCA 99.0%, COMO MÍNIMO.

II.II.V PUNTO DE INFLAMACION.

EL OBJETIVO DE ÉSTA PRUEBA ES PARA DETERMINAR EL PUNTO DE INFLAMACIÓN DE LOS CEMENTOS ASFÁLTICOS EN COPA ABIERTA DE CLEVELAND, QUE ES LA TEMPERATURA MÍNIMA A LA QUE EL ASFALTO PRODUCE FLAMAS INSTANTÁNEAS AL ESTAR EN CONTACTO CON EL FUEGO DIRECTO.

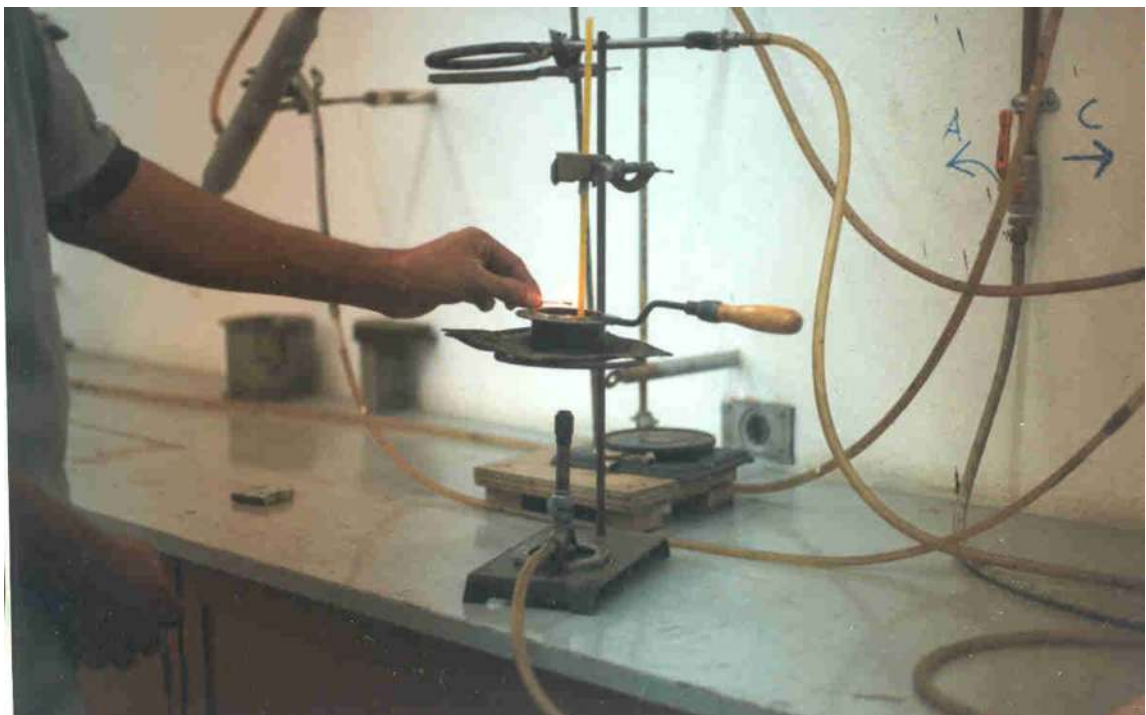
LA PRUEBA CONSISTE EN COLOCAR UNA MUESTRA DE ASFALTO EN LA COPA MENCIONADA, EN DONDE SE INCREMENTA PAULATINAMENTE SU TEMPERATURA HASTA LOGRAR QUE AL PASAR UNA FLAMA POR LA SUPERFICIE DE LA MUESTRA SE PRODUZCAN EN ELLA FLAMAS INSTANTÁNEAS.

SI SE CONTINÚA ELEVANDO LA TEMPERATURA LA MUESTRA LLEGA AL PUNTO EN QUE SE INICIA LA COMBUSTIÓN DEL MATERIAL, LA TEMPERATURA CORRESPONDIENTE SE DENOMINA PUNTO DE COMBUSTIÓN.

EL PROCEDIMIENTO DE PRUEBA ES EL SIGUIENTE:

A UNA MUESTRA DE CEMENTO ASFÁLTICO, SE LE APLICA EL CALOR SUFICIENTE PARA FLUIDIFICARLO, CUIDANDO QUE LA TEMPERATURA ALCANZADA NO SEA MAYOR DE 130°C Y AGITÁNDOLA CONTINUAMENTE PARA EVITAR EL SOBRECALENTAMIENTO. ENSEGUIDA SE AGREGA LENTAMENTE EN LA COPA DE CLEVELAND LA MUESTRA PREPARADA HASTA QUE COINCIDA CON LA MARCA DE AFORO DE LA COPA.

SE APLICA CALOR A LA COPA DE MANERA QUE SU TEMPERATURA AUMENTE A RAZÓN DE 1.5°C POR MINUTO. A INTERVALOS DE CADA 2°C SE PASA UNA PEQUEÑA FLAMA HORIZONTALMENTE POR LOS BORDES DE LA COPA Y SE OBSERVA SI SE PRODUCE UNA PEQUEÑA FLAMA INSTANTÁNEA EN CUALQUIER PUNTO DE LA SUPERFICIE DE LA MUESTRA; CUANDO ESTO SUCEDA, SE REGISTRA LA TEMPERATURA ALCANZADA EN EL TERMÓMETRO; A ÉSTA FLAMA SE LE CONOCE COMO PUNTO DE COMBUSTIÓN.



EL RESULTADO DE LA PRUEBA ES EL SIGUIENTE:

EL PUNTO DE INFLAMACIÓN SE OBTUVO A UNA TEMPERATURA SUPERIOR A 300°C . ESTE PRODUCTO, CUMPLE CON LA ESPECIFICACIÓN, QUE MARCA COMO VALOR MÍNIMO 232°C .

II.II.VI PRUEBA DE DUCTILIDAD.

EL OBJETIVO DE ÉSTA PRUEBA ES PARA DETERMINAR EL GRADO DE DUCTILIDAD DE LOS CEMENTOS ASFÁLTICOS, MEDIDA POR LA MÁXIMA DISTANCIA A LA CUAL UNA BRIQUETA PUEDE SER ESTIRADA SIN ROMPERSE, BAJO CONDICIONES DE TEMPERATURA Y VELOCIDAD DE DEFORMACIÓN ESTABLECIDAS. .

O DICHO EN OTRAS PALABRAS: POR MEDIO DE ESTA PRUEBA NOS PODEMOS DAR CUENTA DE LA DEFORMACIÓN QUE PUEDE SUFRIR SIN AGRIETARSE EL CEMENTO ASFÁLTICO EN EL CAMINO, AL ESTAR SUJETO ALA CARGA DE LOS VEHÍCULOS Y A LOS CAMBIOS DE TEMPERATURA.

EL PROCEDIMIENTO DE PRUEBA ES EL SIGUIENTE:

A UNA MUESTRA DE CEMENTO ASFÁLTICO SE LE CALIENTA PARA QUE ADQUIERA FLUIDEZ Y SE FACILITE SU VACIADO; ENSEGUIDA SE VACÍA CUIDADOSAMENTE EL MOLDE HASTA REBASAR LIGERAMENTE EL NIVEL DE ENRASE, EVITANDO LA FORMACIÓN DE BURBUJAS DE AIRE.

A CONTINUACIÓN SE DEJA ENFRIAR EL MOLDE A LA TEMPERATURA AMBIENTE DURANTE 30 MINUTOS; DESPUÉS SE COLOCA EN EL BAÑO DE AGUA A TEMPERATURA DE 25° C, DURANTE 30 MINUTOS. TRANSCURRIDO ESTE TIEMPO SE SACA DEL BAÑO EL MOLDE Y SE ENRASA CORTANDO EL EXCESO DE ÉSTE CON UNA ESPÁTULA PREVIAMENTE CALENTADA.

ENSEGUIDA SE VUELVE A COLOCAR EL MOLDE EN EL BAÑO DE AGUA A LA MISMA TEMPERATURA DURANTE 90 MINUTOS; TRANSCURRIDO ESTE TIEMPO SE RETIRAN LOS ELEMENTOS LATERALES DEL MOLDE Y DE INMEDIATO SE INSTALA LA BRIQUETA CON SUS MORDAZAS EN EL DUCTILÓMETRO, DEBIENDO QUEDAR EL NIVEL DEL AGUA A NO MENOS DE 2.5 CM DE LA CARA SUPERIOR DE LA BRIQUETA, EL AGUA DEL DUCTILÓMETRO SE ACONDICIONA PREVIAMENTE A LA TEMPERATURA DE 25° C.

SE PONE EN MARCHA EL MECANISMO DE PRUEBA A LA VELOCIDAD DE 5 CM POR MINUTO, HASTA PRODUCIR LA RUPTURA DE LA BRIQUETA; EN ESTE MOMENTO SE LEE EL DESPLAZAMIENTO DE LA MORDAZA Y SE REGISTRA EN CENTÍMETROS.



EL RESULTADO DE LAS PRUEBAS ES EL SIGUIENTE:

MUESTRA NO. 1

OCURRIÓ EL ROMPIMIENTO A LOS 98.0 CM.

MUESTRA NO. 2

OCURRIÓ EL ROMPIMIENTO A LOS 103.0 CM.

ESTA DISTANCIA EN PROMEDIO FUE MAYOR DE 100 CENTÍMETROS EN PROMEDIO, POR LO CUAL EL PRODUCTO **SI** CUMPLE CON LA ESPECIFICACIÓN DE LA S.C.T., LA CUAL MARCA COMO VALOR MÍNIMO 50 CENTÍMETROS.

II.II.VII PUNTO DE REBLANDECIMIENTO.

EL OBJETIVO DE ESTA PRUEBA ES PARA CONOCER EL PUNTO DE REBLANDECIMIENTO DE LOS CEMENTOS ASFÁLTICOS POR EL MÉTODO DEL ANILLO Y LA ESFERA.

LA PRUEBA CONSISTE EN DETERMINAR LA TEMPERATURA A LA CUAL UNA MUESTRA DE ASFALTO, SOSTENIDA EN UN ANILLO HORIZONTAL Y CALENTADO GRADUALMENTE DENTRO DE UN BAÑO DE AGUA Y BAJO LA ACCIÓN DEL PESO DE UNA ESFERA DE ACERO ALCANZA UNA DEFORMACIÓN DE 2.5 CM. LOS RESULTADOS DE ESTA PRUEBA PERMITEN ESTIMAR LA CONSISTENCIA DE LOS CEMENTOS ASFÁLTICOS.

EL PROCEDIMIENTO DE PRUEBA ES EL SIGUIENTE:

SE FLUIDIFICA UNA MUESTRA DE CEMENTO ASFÁLTICO; SE VIERTE ESTE MATERIAL EN LA VARILLA QUE CONTIENE EL ANILLO Y SE DEJA ENFRIAR DURANTE 30 MINUTOS, SE CORTA EL EXCESO DE MATERIAL ASFÁLTICO CON UNA ESPÁTULA PREVIAMENTE CALENTADA; SE LLENA EL VASO DE VIDRIO HASTA UNA ALTURA DE 10 CM CON AGUA LIMPIA A TEMPERATURA DE 5° C.. SE SUMERGE EN EL VASO EL ANILLO QUE CONTIENE LA MUESTRA; DE MODO QUE LA SUPERFICIE INFERIOR QUEDE A 2.5 CM DEL FONDO DEL VASO. UTILIZANDO UNAS PINZAS SE COLOCA LA ESFERA SOBRE LA MUESTRA, SE COLOCA EL TERMÓMETRO DE MODO QUE EL FONDO DEL BULBO ESTÉ AL MISMO NIVEL QUE LA SUPERFICIE INFERIOR DEL ANILLO. DESPUÉS SE INCREMENTA LA TEMPERATURA DEL AGUA A RAZÓN DE 5° C POR MINUTO.



SE REGISTRA LA TEMPERATURA EN EL MOMENTO EN QUE LA MUESTRA TOQUE EL FONDO DEL VASO, ESTO SE TOMA COMO PUNTO DE REBLANDECIMIENTO DEL CEMENTO ASFÁLTICO.

EL RESULTADO DE LA PRUEBA FUE EL SIGUIENTE:

EL PUNTO DE REBLANDECIMIENTO OCURRIÓ A LOS 53° C., POR LO TANTO SI CUMPLE CON EL VALOR QUE NOS MARCA LA NORMA DE LA S.C.T. QUE ES ENTRE 48 Y 56 °C.

II.II.VIII DETERMINACION DE LA PÉRDIDA POR CALENTAMIENTO Y PENETRACION RETENIDA.

EL OBJETIVO DE ESTA PRUEBA ES PARA ESTIMAR EL ENDURECIMIENTO QUE SUFREN LOS CEMENTOS ASFÁLTICOS QUE EN PELÍCULAS DE PEQUEÑO ESPESOR SE SOMETEN A LOS EFECTOS DEL CALOR Y EL AIRE, EVALUANDO DICHO ENDURECIMIENTO MEDIANTE LA PENETRACIÓN QUE CONSERVA EL CEMENTO ASFÁLTICO Y LA PÉRDIDA DE PESO QUE EXPERIMENTA DESPUÉS DE SOMETERLO A UN PROCESO DE CALENTAMIENTO.

EL PROCEDIMIENTO DE PRUEBA ES EL SIGUIENTE:

A UNA MUESTRA DE CEMENTO ASFÁLTICO SE LE CALIENTA CUIDADOSAMENTE PARA FACILITAR SU VACIADO; SE VIERTEN 50 GRs. DE MATERIAL ASFÁLTICO A CADA UNA DE LAS DOS CHAROLAS PREVIAMENTE PESADAS, PARA EFECTUAR LA PRUEBA POR DUPLICADO. SE DEJAN ENFRIAR LAS MUESTRAS COLOCADAS EN LAS CHAROLAS, HASTA TEMPERATURA AMBIENTE Y SE PESAN POR SEPARADO, ANOTANDO CADA UNO DE ESTOS PESOS COMO (Wi).

SE NIVELA EL HORNO CON OBJETO DE QUE LA PLATAFORMA GIRE A LA VELOCIDAD DE 5 REVOLUCIONES POR MINUTO Y LA TEMPERATURA ALCANCE 163° C, INMEDIATAMENTE DESPUÉS SE COLOCAN SOBRE LA PLATAFORMA LAS DOS CHAROLAS QUE CONTIENEN LAS MUESTRAS.

LAS MUESTRAS SE MANTIENEN EN EL HORNO DURANTE 5 HRS., AL FINALIZAR ESTE TIEMPO SE SACAN LAS MUESTRAS Y SE DEJAN ENFRIAR A LA TEMPERATURA AMBIENTE, SE PESAN POR SEPARADO Y SE REGISTRA CADA UNO DE ESTOS PESOS COMO (Wf).

A CONTINUACIÓN SE VUELVEN A COLOCAR LAS CHAROLAS EN EL HORNO DURANTE 15 MINUTOS, ENSEGUIDA SE SACAN LAS CHAROLAS Y SE VIERTEN EL CONTENIDO DE AMBAS EN UNA CÁPSULA DE LAS UTILIZADAS PARA EFECTUAR LA PRUEBA DE PENETRACIÓN.

DURANTE LA OPERACIÓN DE VACIADO EN LA CÁPSULA, SE DEBE MEZCLAR EN ÉSTA EL MATERIAL QUE CONTIENEN AMBAS CHAROLAS. SE DETERMINA LA PENETRACIÓN DEL RESIDUO ASÍ OBTENIDO Y LA DE LA MUESTRA ORIGINAL Y SE ANOTAN COMO (Pf) Y (Pi), RESPECTIVAMENTE.

LA PÉRDIDA PROMEDIO DE MATERIAL POR CALENTAMIENTO, SE DETERMINA CON LA SIGUIENTE EXPRESIÓN:

$$W_c = \frac{W_i - W_f}{W_i} * 100$$

EN DONDE:

Wc ES LA PÉRDIDA POR CALENTAMIENTO DEL CEMENTO ASFÁLTICO, EN POR CIENTO.

Wi ES EL PESO INICIAL DE LA MUESTRA, EN GRAMOS.

Wf ES EL PESO FINAL DE LA MUESTRA, EN GRAMOS.

LA PENETRACIÓN RETENIDA, EXPRESADA COMO POR CIENTO DE LA PENETRACIÓN ORIGINAL, SE DETERMINA CON LA SIGUIENTE EXPRESIÓN:

$$Pr = \frac{Pf}{Pi} * 100$$

EN DONDE:

Pr ES LA PENETRACIÓN RETENIDA POR LA MUESTRA DE CEMENTO ASFÁLTICO, EN POR CIENTO.

Pi ES LA PENETRACIÓN DE LA MUESTRA ORIGINAL, EN GRADOS DE PENETRACIÓN.

Pf ES LA PENETRACIÓN DE LA MUESTRA DESPUÉS DE HABER SIDO SOMETIDA AL PROCESO DE CALENTAMIENTO, EN GRADOS DE PENETRACIÓN.

LOS RESULTADOS DE ESTAS PRUEBAS SON LOS SIGUIENTES:

$$Wc = \frac{83.60 - 83.60}{83.60} * 100 = 0\%$$

$$Pr = \frac{45}{71} * 100 = 63\%$$

NO HAY PÉRDIDA POR CALENTAMIENTO DEL CEMENTO ASFÁLTICO; LA ESPECIFICACIÓN MARCA COMO VALOR MÁXIMO 0.5%. EN CUANTO A LA PENETRACIÓN RETENIDA, TAMBIÉN CUMPLE CON LA ESPECIFICACIÓN, QUE MARCA COMO VALOR MÍNIMO 54%.

A CONTINUACIÓN, EN LA TABLA SIGUIENTE SE MUESTRAN LOS RESULTADOS DE LAS PRUEBAS REALIZADAS AL CEMENTO ASFÁLTICO AC-20, ASÍ COMO LOS VALORES ESPECIFICADOS POR LA S.C.T..

PRUEBA	RESULTADOS DE LA PRUEBA	ESPECIFICACIÓN
DENSIDAD	1.08	NO EXISTE
VISCOSIDAD SAYBOLT – FUROL (A 135° C.)	390 SEG	120 SEGUNDOS MÍNIMO
PENETRACIÓN (25° C, 100 GRs. 5 SEGUNDOS)	71°	60° MÍNIMO
SOLUBILIDAD EN TETRACLORURO DE CARBONO	100 %	99.0% MÍNIMO
PUNTO DE INFLAMACIÓN	SUPERIOR A 300 °C	232° C MÍNIMO
DUCTILIDAD A 25° C	100 CMS	50 CM MÍNIMO
PUNTO DE REBLANDECIMIENTO	53 °	ENTRE 48 A 56° C
PERDIDA POR CALENTAMIENTO	0 %	0.5% MÁXIMO
PENETRACIÓN RETENIDA	63 %	54% MÍNIMO

II.III CONCLUSIONES

DESPUÉS DE HABER REALIZADO TODAS LAS PRUEBAS DE LABORATORIO NECESARIAS AL CEMENTO ASFÁLTICO AC-20, LOS RESULTADOS OBTENIDOS DE DICHAS PRUEBAS REQUERIDAS PARA ESTE ANÁLISIS, NOS ALOJARON, QUE CUMPLEN SATISFACTORIAMENTE CADA UNA DE ELLAS, CON LAS ESPECIFICACIONES QUE MARCA LA S.C.T.

HACIENDO MENCIÓN QUE EN ALGUNAS DE LAS PRUEBAS REALIZADAS, LOS RESULTADOS QUE SE OBTUVIERON SE ENCONTRABAN CERCA DE LOS LÍMITES PERMITIDOS POR LAS NORMAS MENCIONADAS EN EL DESARROLLO DE ESTE ESTUDIO.

POR LO TANTO PARA LA REALIZACIÓN DE ESTE ESTUDIO SE TRABAJARA CON ESTE PRODUCTO (CEMENTO ASFÁLTICO), YA QUE REÚNE LAS NORMAS DE CALIDAD YA MENCIONADAS ANTERIORMENTE.

CAPITULO III

CALCULO DEL CONTENIDO

MINIMO DE ASFALTO

PARA ESTE ESTUDIO SE TOMO LA DECISIÓN DE UTILIZAR EL **MÉTODO DE MARSHALL** PARA DETERMINAR EL CONTENIDO ÓPTIMO DE CEMENTO ASFÁLTICO DE UNA MEZCLA, POR SU USO MUY GENERALIZADO EN MÉXICO.

PRIMERO ES NECESARIO CONOCER EL **CONTENIDO MÍNIMO DE CEMENTO ASFÁLTICO** PARA CUBRIR LAS PARTÍCULAS DE MATERIAL PÉTREO EN LA ELABORACIÓN DE LA MEZCLA. PARA CONOCER ESTE CONTENIDO MÍNIMO, EXISTEN DOS MÉTODOS:

- Superficie Específica.
- Fórmula Analítica de la S.C.T.

EL CONTENIDO MÍNIMO DE CEMENTO ASFÁLTICO ES LA CANTIDAD EXPRESADA EN POR CIENTO CON RESPECTO AL PESO DEL MATERIAL PÉTREO PARA CUBRIR CON UNA PELÍCULA DE ASFALTO DE ESPESOR DEFINIDO A CADA UNA DE LAS PARTÍCULAS QUE COMPONEN EL MATERIAL PÉTREO.

TOMANDO EN CUENTA LA GRANULOMETRÍA, SE OPTÓ POR USAR EL **MÉTODO DE LA SUPERFICIE ESPECÍFICA**.

ESTE PROCEDIMIENTO SE BASA EN LA ESTIMACIÓN APROXIMADA DE LA SUPERFICIE TOTAL DEL MATERIAL PÉTREO EN FUNCIÓN DE LA GRANULOMETRÍA. CONOCIDA EL ÁREA TOTAL PARA 1 KG DE MATERIAL, SE OBTIENE EL CONTENIDO MÍNIMO DE ASFALTO, MULTIPLICANDO DICHO VALOR POR EL ÍNDICE ASFÁLTICO.

PARA CALCULAR LA SUPERFICIE TOTAL DEL AGREGADO SE EMPLEAN LAS CONSTANTES DE ÁREA QUE SE DAN EN LA TABLA 3.1, DE TAL MANERA QUE A CADA KILOGRAMO DE MATERIAL, SE LE ASIGNA UNA CONSTANTE DE ÁREA.

LAS CUALES ESTÁN EXPRESADAS EN METROS CUADRADOS DE SUPERFICIE POR KILOGRAMOS DE MATERIAL PÉTREO.

TAMAÑO DEL MATERIAL		CONSTANTE DE AREA M ² /KG
PASA MALLA	RETENIDO EN MALLA	
1 1/2"	3/4"	0.27
3/4"	No. 4	0.41
No.4	No. 40	2.05
No. 40	No. 200	15.38
No. 200		53.30

TABLA 3.1 CONSTANTES DE ÁREA

LA DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE ASFALTO SE HACE CALCULANDO LOS CONTENIDOS PARCIALES PARA LOS TAMAÑOS SEÑALADOS EN LA TABLA 3.1, MULTIPLICANDO EL PORCENTAJE DE MATERIAL PARA CADA TAMAÑO POR LA CONSTANTE DE ÁREA CORRESPONDIENTE, Y ESTE PRODUCTO A SU VEZ SE MULTIPLICA POR EL ÍNDICE ASFÁLTICO QUE DEBE APLICARSE A CADA UNA DE LAS FRACCIONES.

LA SUMA DE LOS CONTENIDOS PARCIALES DARÁ EL CONTENIDO TOTAL DE LA MUESTRA. EL VALOR DEL ÍNDICE ASFÁLTICO VARÍA CON LA ANGULOSIDAD Y POROSIDAD DEL MATERIAL PÉTREO, APLICÁNDOSE LOS VALORES QUE SE DAN EN LA TABLA 3.2.

LOS VALORES DE ESTA TABLA ESTÁN DADOS EN KILOGRAMOS DE CEMENTO ASFÁLTICO POR METRO CUADRADO DE SUPERFICIE DE MATERIAL PÉTREO. SE CONSIDERA BAJA ABSORCIÓN A LA QUE ES MENOR DE 2%, ABSORCIÓN MEDIA A LA QUE ESTÁ ENTRE 2% Y 4%, Y ABSORCIÓN ALTA A LA QUE ES MAYOR DE 4%.

LA ABSORCIÓN DEL MATERIAL PÉTREO PARA EL **BANCO LOS NOGALES** FUE ALTA (6.30%), POR LO QUE EL ÍNDICE ASFÁLTICO SELECCIONADO FUE **0.0070**.

LA ABSORCIÓN DEL MATERIAL PÉTREO PARA EL **BANCO MINA LA ESPERANZA** FUE MEDIA (3.16%), POR LO QUE EL ÍNDICE ASFÁLTICO SELECCIONADO FUE **0.0070**.

MATERIAL	INDICE ASFALTICO
GRAVAS O ARENAS DE RÍO O MATERIALES REDONDEADOS DE BAJA ABSORCIÓN	0.0053
GRAVAS ANGULOSAS O REDONDEADAS, TRITURADAS, DE BAJA ABSORCIÓN	0.0060
GRAVAS ANGULOSAS O REDONDEADAS, DE ALTA ABSORCIÓN Y ROCAS TRITURADAS DE MEDIA ABSORCIÓN	0.0070
ROCAS TRITURADAS DE ALTA ABSORCIÓN.	0.0080

TABLA 3.2. INDICE ASFALTICO

A.III BANCO LOS NOGALES

MALLA NUMERO	% DE MATERIAL QUE PASA
1 1/2"	100.0
1"	96.5
3/4	82.1
1/2"	69.5
3/8"	58.6
1/4"	43.3
No. 4	35.8
No. 10	21.4
No. 20	16.0
No. 40	11.4
No. 60	8.6
No. 100	7.0
No. 200	5.3

TABLA 3.3. COMPOSICIÓN GRANULOMETRICA BANCO LOS NOGALES

TAMAÑO MATERIAL		% EN PESO	CONSTANTE DE AREA M ² /KG	SUPERFICIE PARCIAL M ² /KG	INDICE ASFALTICO KG/M ²	CONTENIDO
PASA EN	RET. EN					
1 1/2"	3/4"	17.9	0.27	0.0483	0.0070	0.0003383
3/4"	No. 4	46.3	0.41	0.1898	0.0070	0.0013288
No. 4	No. 40	24.4	2.05	0.5002	0.0070	0.0035014
No. 40	No. 200	6.1	15.38	0.9382	0.0070	0.0065673
PASA No. 200		5.3	53.30	2.8249	0.0070	0.0197743
TOTAL		100		4.5014		0.0315101x 1.25 = 0.0393876

TABLA 3.4 CALCULO DEL CONTENIDO MINIMO DE ASFALTO

ESTA MEZCLA FUE ELABORADA CON ASFALTO SÓLIDO POR LO TANTO, ESTE CONTENIDO MÍNIMO DEBE MULTIPLICARSE POR 1.25, ESTO POR TENER LOS ASFALTOS SÓLIDOS UN MENOR PODER DE CUBRIMIENTO.

EL RESULTADO QUE SE OBTUVO EN ESTE ANÁLISIS ES DE 4%, PERO SEGÚN LA NORMA HAY QUE INCREMENTAR ESTE PORCENTAJE EN UN 1%, QUEDANDO COMO **CONTENIDO MÍNIMO DE ASFALTO DE 5%**.

LOS RESULTADOS QUE SE OBTUVIERON EN ESTE ANÁLISIS TEÓRICO A LOS MATERIALES NOS INDICARON QUE EL PORCENTAJE MÍNIMO DE CEMENTO ASFÁLTICO ES INSUFICIENTE PARA QUE EXISTA UNA BUENA AFINIDAD ENTRE AMBOS, POR LO TANTO SE OPTO POR ELIMINAR EL PORCENTAJE DE 5.5% PARA CONTINUAR EL CALCULO CON UN PORCENTAJE DE 6.0%, Y ASÍ DE ESTA MANERA ENCONTRAR CUAL SERIA EL CONTENIDO OPTIMO.

ENTONCES LOS PORCENTAJES PARA EL CALCULO DEL MÉTODO MARSHALL QUEDAN COMO SIGUE: 5.0%, 6.0%, 6.5%, 7.0% Y 7.5%.

B.III BANCO MINA LA ESPERANZA

MALLA NUMERO	% DE MATERIAL QUE PASA
1"	100.0
3/4	93.8
1/2"	84.2
3/8"	67.5
1/4"	52.0
No. 4	41.3
No. 10	24.6
No. 20	15.3
No. 40	8.1
No. 60	4.9
No. 100	3.2
No. 200	2.0

TABLA 3.3. COMPOSICIÓN GRANULOMETRICA BANCO MINA LA ESPERANZA

TAMAÑO MATERIAL		% EN PESO	CONSTANTE DE AREA M ² /KG	SUPERFICIE PARCIAL M ² /KG	INDICE ASFALTICO KG/M ²	CONTENIDO
PASA EN	RET. EN					
1 1/2"	3/4"	6.2	0.27	0.0167	0.0070	0.0001172
3/4"	No. 4	52.5	0.41	0.2152	0.0070	0.0015067
No. 4	No. 40	33.2	2.05	0.6806	0.0070	0.0047642
No. 40	No. 200	6.1	15.38	0.9382	0.0070	0.0065673
PASA No. 200		2.0	53.30	1.066	0.0070	0.007462
TOTAL		100		2.9167		0.0204174x 1.25 = 0.02552175

TABLA 3.4 CALCULO DEL CONTENIDO MINIMO DE ASFALTO

ESTA MEZCLA FUE ELABORADA CON ASFALTO SÓLIDO POR LO TANTO, ESTE CONTENIDO MÍNIMO DEBE MULTIPLICARSE POR 1.25, ESTO POR TENER LOS ASFALTOS SÓLIDOS UN MENOR PODER DE CUBRIMIENTO.

EL RESULTADO QUE SE OBTUVO EN ESTE ANÁLISIS ES DE 2.6%, PERO SEGÚN LA NORMA HAY QUE INCREMENTAR ESTE PORCENTAJE EN UN 1%, QUEDANDO COMO **CONTENIDO MÍNIMO DE ASFALTO DE 3.6%**.

LOS RESULTADOS QUE SE OBTUVIERON EN ESTE ANÁLISIS TEÓRICO A LOS MATERIALES NOS INDICARON QUE EL PORCENTAJE MÍNIMO DE CEMENTO ASFÁLTICO ES INSUFICIENTE PARA QUE EXISTA UNA BUENA AFINIDAD ENTRE AMBOS, POR LO TANTO SE OPTO POR ELIMINAR EL PORCENTAJE DE 3.6% PARA CONTINUAR EL CALCULO CON UN PORCENTAJE DE 5.0%, Y ASÍ DE ESTA MANERA ENCONTRAR CUAL SERIA EL CONTENIDO OPTIMO.

ENTONCES LOS PORCENTAJES PARA EL CALCULO DEL MÉTODO MARSHALL QUEDAN COMO SIGUE: 5.0%, 5.5%, 6.0%, 6.5%, 7.0% Y 7.5%.

CAPITULO IV

DETERMINACIÓN DEL

CONTENIDO ÓPTIMO DE

ASFALTO

IV.I INTRODUCCION

EL CONTENIDO ÓPTIMO DE CEMENTO ASFÁLTICO ES AQUEL QUE PRODUCE LA MAYOR COMBINACIÓN DE RESISTENCIA ESTRUCTURAL Y DURABILIDAD DE UNA CARPETA. A UN MAYOR ESPESOR DE LA PELÍCULA ASFÁLTICA, CORRESPONDE UNA MAYOR RESISTENCIA AL INTEMPERISMO Y A LA ABRASIÓN PRODUCIDA POR LOS VEHÍCULOS.

EL GRADO DE POROSIDAD Y LA SUPERFICIE TOTAL DE LAS PARTÍCULAS DEL MATERIAL PÉTREO, SON LOS FACTORES QUE MAYOR IMPORTANCIA TIENE PARA ESTABLECER EL PORCENTAJE DE ASFALTO, NECESARIO PARA FORMAR UNA PELÍCULA ASFÁLTICA DE DETERMINADO ESPESOR QUE DEBERÁ CUBRIR LAS PARTÍCULAS DEL MATERIAL PÉTREO.

LA DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO ÓPTIMO DE CEMENTO ASFÁLTICO PUEDE HACERSE POR VARIOS PROCEDIMIENTOS.

- POR EL MÉTODO DE MARSHALL.

- POR EL MÉTODO DE LA PRUEBA DE COMPRESIÓN AXIAL NO CONFINADA

PARA ESTE ESTUDIO SE UTILIZÓ EL **MÉTODO DE MARSHALL** PARA DETERMINAR EL CONTENIDO ÓPTIMO DE CEMENTO ASFÁLTICO DE UNA MEZCLA, POR SU USO MUY GENERALIZADO EN MÉXICO.

IV.II METODO MARSHALL

EL MÉTODO MARSHALL FUE IDEADO PARA DISEÑAR LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE POR BRUCE MARSHALL, EX INGENIERO DE BITUMENES DEL DEPARTAMENTO DE CARRETERAS DEL ESTADO DE MISSISSIPPI, PERO CON ALGUNAS ADAPTACIONES EN LA METODOLOGÍA DE LA PRUEBA, SE PUEDEN OBTENER BUENOS RESULTADOS EN NUESTRA MEZCLA ASFÁLTICA.

ESTE MÉTODO SE EMPLEA PARA EL PROYECTO Y CONTROL DE MEZCLAS ELABORADAS EN PLANTAS ESTACIONARIAS EN CALIENTE, EMPLEANDO CEMENTO ASFÁLTICO Y UTILIZANDO MATERIALES PÉTREOS CON TAMAÑO MÁXIMO DE 25.4 MM. (1 PULGADA), QUE SATISFAGAN LOS REQUISITOS ESTABLECIDOS PARA CADA CASO.

CON ESTA PRUEBA SE DETERMINAN LOS VALORES DE ESTABILIDAD Y DE FLUJO EN LOS ESPECIMENES CILÍNDRICOS, COMPACTADOS AXIALMENTE Y PROBADOS A LA TEMPERATURA DE 60° C.

EL VALOR DE LA ESTABILIDAD SE DETERMINA MIDiendo LA CARGA NECESARIA PARA PRODUCIR LA FALLA DEL ESPÉCIMEN, APLICADA EN SENTIDO NORMAL A SU EJE. LA DEFORMACIÓN VERTICAL PRODUCIDA EN EL ESPÉCIMEN POR DICHA CARGA SERÁ EL VALOR DEL FLUJO.

EL VALOR DE LA ESTABILIDAD EXPRESA LA RESISTENCIA ESTRUCTURAL DE LA MEZCLA COMPACTADA, Y ESTÁ AFECTADO PRINCIPALMENTE POR EL CONTENIDO DE ASFALTO, LA COMPOSICIÓN GRANULOMÉTRICA Y EL TIPO DE MATERIAL PÉTREO. PRINCIPALMENTE EL VALOR DE LA 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 LA 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 ASFÁLTICA AL DEFORMARSE BAJO LA ACCIÓN DE LAS CARGAS IMPUESTAS POR LOS VEHÍCULOS.

PARA REALIZAR ESTA PRUEBA SE UTILIZA UNA MÁQUINA DE COMPRESIÓN MARSHALL ACCIONADA POR UN MOTOR ELÉCTRICO QUE PERMITE APLICAR CARGAS POR MEDIO DE UNA CABEZA DE PRUEBA, CON FORMA DE ANILLO SECCIONADO A UNA VELOCIDAD DE 5.08 CM/MIN. EQUIPADO CON UN ANILLO CALIBRADO PARA DETERMINAR EL VALOR DE LAS CARGAS Y UN EXTENSÓMETRO PARA MEDIR LAS DEFORMACIONES DEL ANILLO.

TAMBIÉN CON UN MEDIDOR DE FLUJO, UN TANQUE DE SATURACIÓN CON DISPOSITIVO ELÉCTRICO PARA MANTENER CONSTANTE LA TEMPERATURA DEL AGUA, ESTUFA ELÉCTRICA PARA CALENTAR EL MATERIAL PÉTREO, UN TERMÓMETRO CON GRADUACIÓN DE 10 A 200° C, BALANZA, CUCHARA DE ALBAÑIL, UN MOLDE DE COMPACTACIÓN PROVISTO DE UN COLLARÍN Y UNA PLACA DE BASE, UN PISÓN DE COMPACTACIÓN CON SUPERFICIE CIRCULAR DE APISONADO DE 9.84 CM DE DIÁMETRO, EQUIPADO CON UNA PESA DESLIZANTE DE 4.536 KG, CUYA ALTURA DE CAÍDA ES DE 47.5 CM.

PARA CADA CONTENIDO DE ASFALTO SE HACEN TRES ESPECIMENES, CADA UNO REQUIRIENDO APROXIMADAMENTE 950 GRs. DE MATERIAL PÉTREO.

CONSIDERANDO LA GRANULOMETRÍA DE PROYECTO, LAS CANTIDADES DE MATERIAL PÉTREO DE CADA TAMAÑO, PARA LA ELABORACIÓN DE LOS ESPECIMENES, SE DETERMINAN MULTIPLICANDO EL PORCENTAJE DE CADA FRACCIÓN RETENIDA PARCIAL POR EL PESO TOTAL DE LA MUESTRA COMO SE ILUSTRAN EN LA TABLA 4.5A Y 4.5B. LAS FRACCIONES YA PESADAS SE MEZCLAN PREVIAMENTE AL AGREGAR CEMENTO ASFÁLTICO.

MALLA No.		% RETENIDO PARCIAL	PESO TOTAL DE LA MUESTRA EN GRAMOS	PESO DEL MATERIAL EN GRAMOS
PASA	RETIENE			
1 1/2"	1"	3.5	950	33.25
1"	3/4"	14.4	950	136.8
3/4"	1/2"	12.6	950	119.7
1/2"	3/8"	10.9	950	103.55
3/8"	1/4"	15.3	950	145.35
1/4"	No. 4	7.5	950	71.25
No. 4	No. 10	14.4	950	136.8
No. 10		10.0	950	95.0
No. 40		11.4	950	108.3
TOTAL		100		950.0

TABLA 4.5A CALCULO DE LAS CANTIDADES EN PESO DE CADA TAMAÑO DE MATERIAL PETREO PARA ELABORAR LA MEZCLA ASFALTICA BANCO LOS NOGALES.

MALLA No.		% RETENIDO PARCIAL	PESO TOTAL DE LA MUESTRA EN GRAMOS	PESO DEL MATERIAL EN GRAMOS
PASA	RETIENE			
1"	3/4"	6.2	950	58.9
3/4"	1/2"	9.6	950	91.2
1/2"	3/8"	16.7	950	158.55
3/8"	1/4"	15.5	950	147.25
1/4"	No. 4	10.7	950	101.65
No. 4	No. 10	16.7	950	158.65
No. 10		16.5	950	156.75
No. 40		8.1	950	76.95
TOTAL		100		950.0

TABLA 4.5B CALCULO DE LAS CANTIDADES EN PESO DE CADA TAMAÑO DE MATERIAL PETREO PARA ELABORAR LA MEZCLA ASFALTICA BANCO MINA LA ESPERANZA

EL MATERIAL PÉTREO SE CALIENTA A UNA TEMPERATURA DE 170° C, EL CEMENTO ASFÁLTICO SE CALIENTA A UNA TEMPERATURA DE 150° C Y LA COMPACTACIÓN DE DICHA MEZCLA NO DEBE SER MENOR A 140° C. EN NINGÚN CASO LA MEZCLA DEBERÁ SER RECALENTADA.



EL PROCEDIMIENTO DE PRUEBA ES EL SIGUIENTE:

SE CALIENTA EL MOLDE DE COMPACTACIÓN (COLLARÍN Y PLACA BASE), EN EL HORNO A LA TEMPERATURA DE 100° C.

UNA VEZ CALIENTE EL EQUIPO, SE LLENA CON LA MEZCLA ELABORADA; SE APOYA EL PISÓN SOBRE LA MEZCLA Y SE APLICAN 75 GOLPES CON LA PESA DESLIZANTE. SE QUITA EL COLLARÍN Y SE INVIERTE LA POSICIÓN DEL MOLDE, SE COLOCA NUEVAMENTE EL COLLARÍN Y NUEVAMENTE SE APLICAN 75 GOLPES, LOGRANDO CON ESTO UNA PRESIÓN DE COMPACTACIÓN DE 14 KG/CM².



SE REMUEVE EL COLLARÍN Y LA PLACA BASE, SE EXTRAE EL ESPÉCIMEN DEL MOLDE, SE IDENTIFICA Y, SE DEJA ENFRIAR A LA TEMPERATURA AMBIENTE DURANTE 12 A 24 HORAS. LOS ESPECIMENES COMPACTADOS DEBEN TENER UNA ALTURA DE 6.35 CM. CON UNA TOLERANCIA DE 3.2 MM.

SI ALGUNA DE LAS PASTILLAS NO CUMPLEN CON LA ALTURA ADECUADA SE DEBE DE APLICAR UN FACTOR DE CORRECCIÓN PARA ALTURA, LOS CUALES SE DEBEN HACER DE ACUERDO A LOS VALORES DE LA TABLA 4.6.

LA PRUEBA DE LOS ESPECIMENES CONSISTE EN LA DETERMINACIÓN DEL PESO VOLUMÉTRICO Y LA DETERMINACIÓN DE LA ESTABILIDAD Y FLUJO DE LOS MISMOS.



PARA LA IDENTIFICACIÓN DE LAS PASTILLAS DESPUÉS DE HABERLAS COMPACTADO SE PROCEDE A LO SIGUIENTE:

- SE TOMA SU ALTURA
- SE MARCA ÉL % DE C.A.
- SE ANOTA SU PESO EN AIRE
- SE REGISTRA SU PESO CON PARAFINA
- SE ANOTA SU PESO SUMERGIDO EN AGUA



LOS VALORES DE ESTABILIDAD Y FLUJO SE DETERMINAN ENSAYANDO LOS ESPECIMENES EN EL APARATO MARSHALL CON EL PROCEDIMIENTO SIGUIENTE:

SE SUMERGEN LOS ESPECIMENES EN EL TANQUE CON AGUA A LA TEMPERATURA DE 60° C, PROCURANDO QUE LA TEMPERATURA DEL AGUA NO REBASE ESTE LIMITE, Y SE DEBEN MANTENER AHÍ DURANTE UN PERIODO DE 20 MINUTOS.



UNA VEZ QUE TERMINÓ EL PERÍODO DE INMERSIÓN, SE SACAN LOS ESPECIMENES DEL AGUA Y SE SECAN SUPERFICIALMENTE PARA COLOCARLOS DE UNO EN UNO ENTRE LAS DOS SECCIONES DE LA CABEZA DE PRUEBA Y SE CENTRA EL CONJUNTO EN LA MÁQUINA DE COMPRESIÓN. SE COLOCA EL MEDIDOR DE FLUJO EN EL POSTE GUÍA Y SE AJUSTAN EN CERO AMBAS CARÁTULAS.

SE APLICA LA CARGA AL ESPÉCIMEN A UNA VELOCIDAD CONSTANTE DE 5 CM/MIN HASTA QUE LA FALLA OCURRA. LA CARGA MÁXIMA APLICADA PARA PRODUCIR LA FALLA DEL ESPÉCIMEN A LA TEMPERATURA DE 60° C SE REGISTRA COMO EL VALOR DE LA ESTABILIDAD MARSHALL.



DESPUÉS DE QUE SE APLICA LA CARGA MÁXIMA, SE ANOTA LA DEFORMACIÓN SUFRIDA POR EL ESPÉCIMEN. ESTA LECTURA EN MILÍMETROS EXPRESA EL VALOR DEL FLUJO. SE PROMEDIAN LOS VALORES DE ESTABILIDAD Y DE FLUJO DE LOS TRES ESPECIMENES CON EL MISMO CONTENIDO DE CEMENTO ASFÁLTICO, DEBIENDO DESECHARSE PARA EL CÁLCULO EL VALOR QUE DISCREPE NOTABLEMENTE.

LA DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE ÓPTIMO DE CEMENTO ASFÁLTICO SE HACE DE ACUERDO CON EL CRITERIO SIGUIENTE:

- A) SE CALCULA EL PROMEDIO DEL PESO VOLUMÉTRICO DE LOS ESPECIMENES DE PRUEBA ELABORADOS CON UN MISMO PORCENTAJE DE CEMENTO ASFÁLTICO.
- B) SE DETERMINA EL PORCENTAJE DE VACÍOS PARA CADA CONTENIDO DE CEMENTO ASFÁLTICO.

- c) SE CORRIGEN LOS VALORES DE ESTABILIDAD DE LOS ESPECIMENES QUE NO TENGAN LA ALTURA ESPECIFICADA DE 63.5 MM MULTIPLICANDO LOS VALORES OBTENIDOS POR LOS VALORES DE CORRECCIÓN DE LA SIGUIENTE TABLA:

ALTURA DEL ESPECIMEN EN MM.	FACTOR DE CORRECCION
55	1.27
56	1.23
57	1.20
58	1.16
59	1.13
60	1.10
61	1.07
62	1.04
63	1.01
63.5	1.00
64	0.98
65	0.96
66	0.94
67	0.92
68	0.90
69	0.88
70	0.86
71	0.84
72	0.82
73	0.80
74	0.78
75	0.76

TABLA 4.6. FACTOR DE CORRECCIÓN POR ALTURA DE LOS ESPECIMENES

D) SE DIBUJAN LAS SIGUIENTES GRAFICAS:

LAS CUALES SE OBTUVIERON DEL CALCULO LA TABLA DEL **METODO MARSHALL**.

PESO VOLUMÉTRICO **Vs.** CONTENIDO DE CEMENTO ASFÁLTICO

ESTABILIDAD **Vs.** CONTENIDO DE CEMENTO ASFÁLTICO

FLUJO **Vs.** CONTENIDO DE CEMENTO ASFÁLTICO

PORCENTAJE DE VACÍOS **Vs.** CONTENIDO DE CEMENTO ASFÁLTICO

PORCENTAJE DE VACÍOS DEL **Vs.** CONTENIDO DE CEMENTO ASFÁLTICO
AGREGADO MINERAL (V.A.M.)

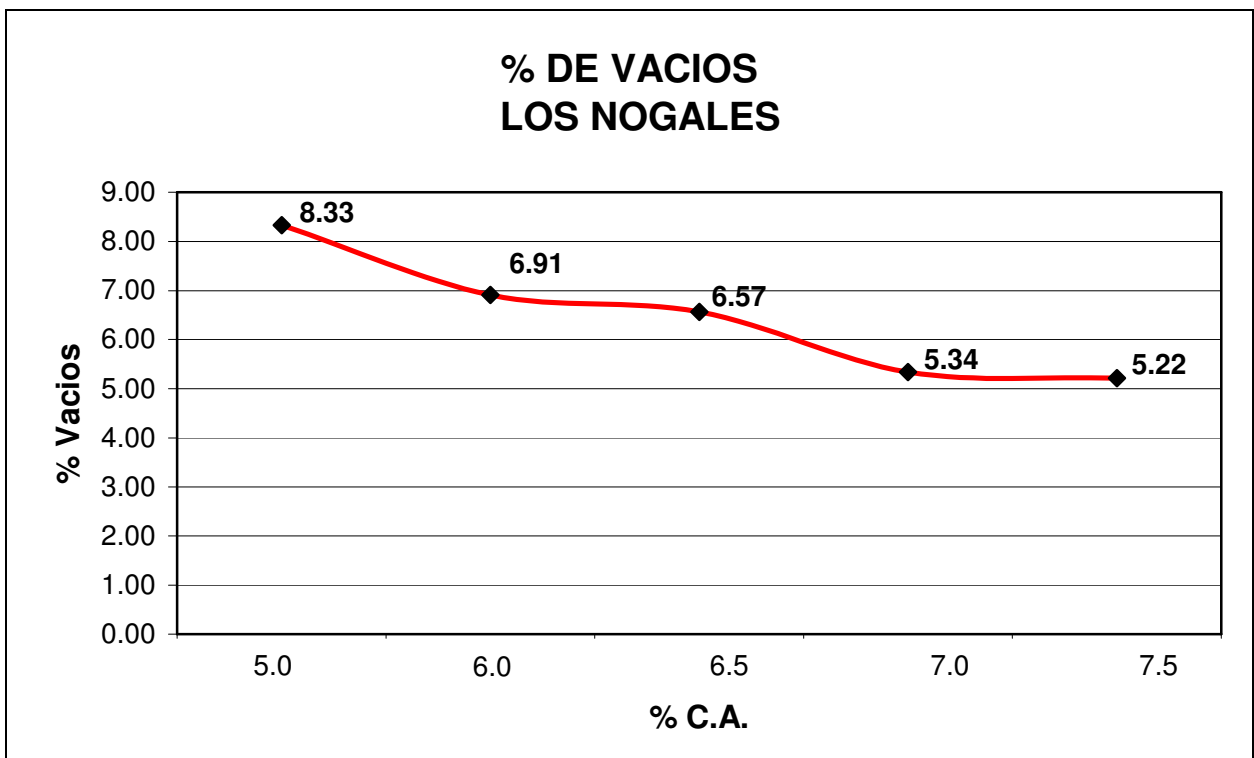
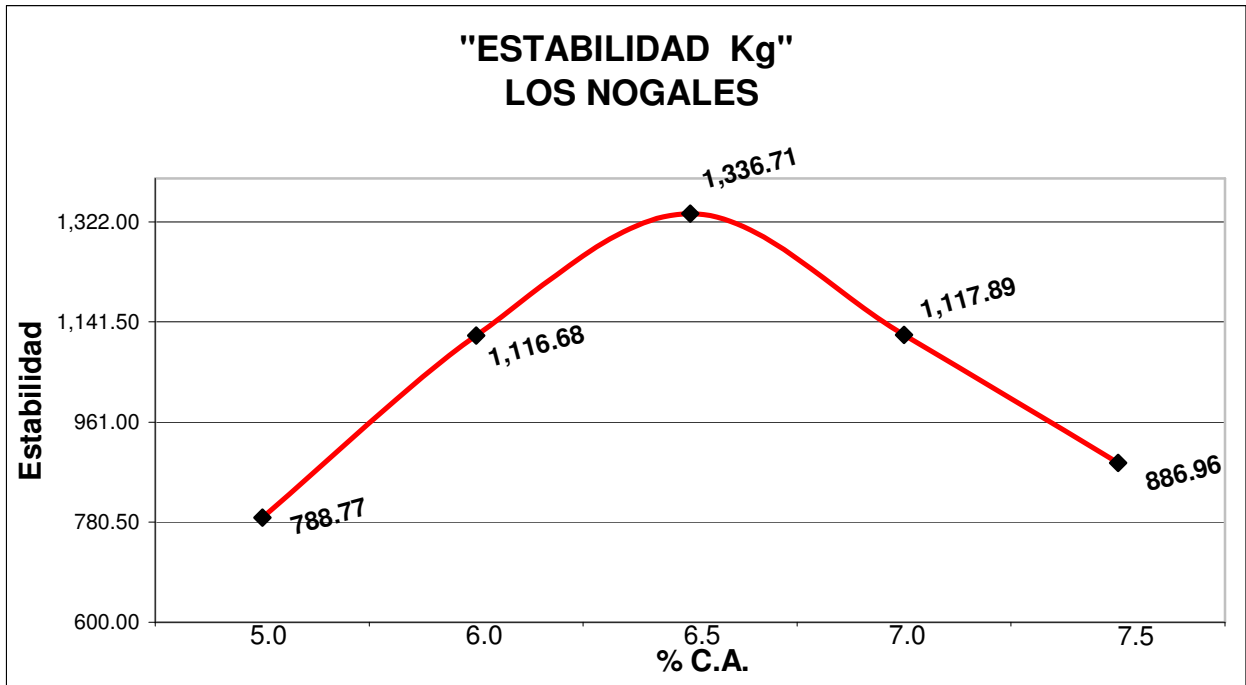
A.IV).- BANCO LOS NOGALES**A.IV.III DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO ÓPTIMO DE ASFALTO****CALCULO DE LA PRUEBA MARSHALL**

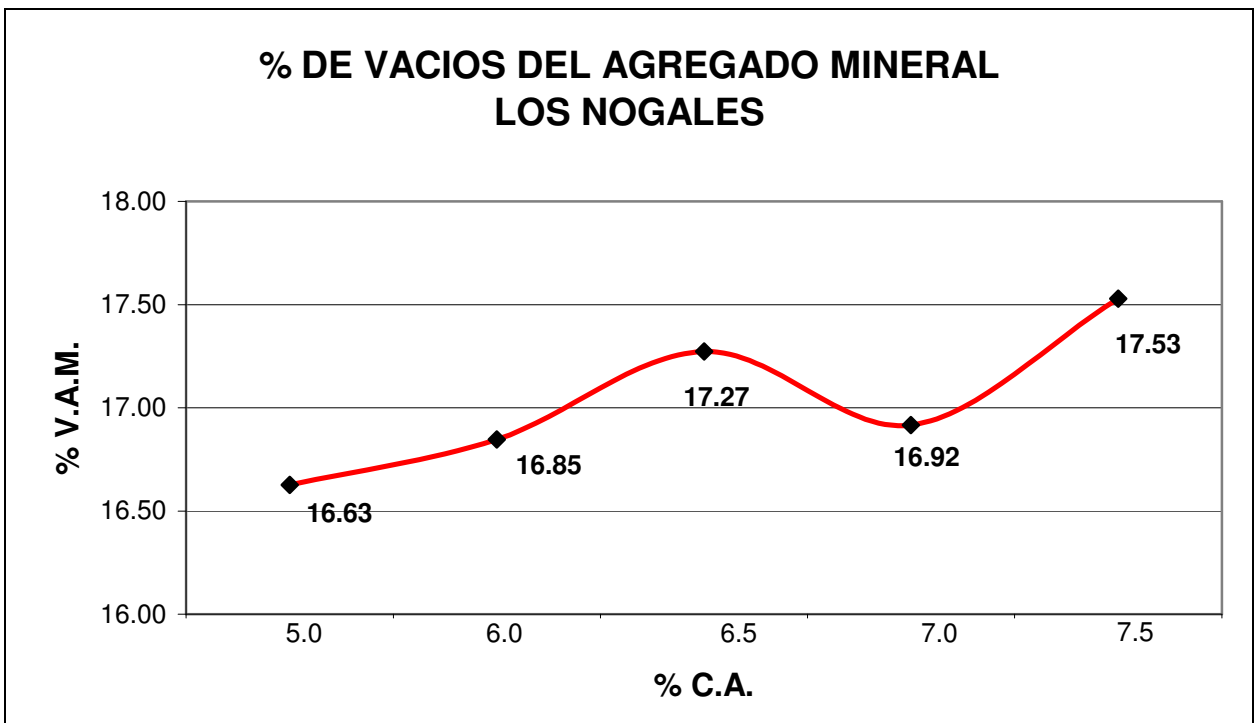
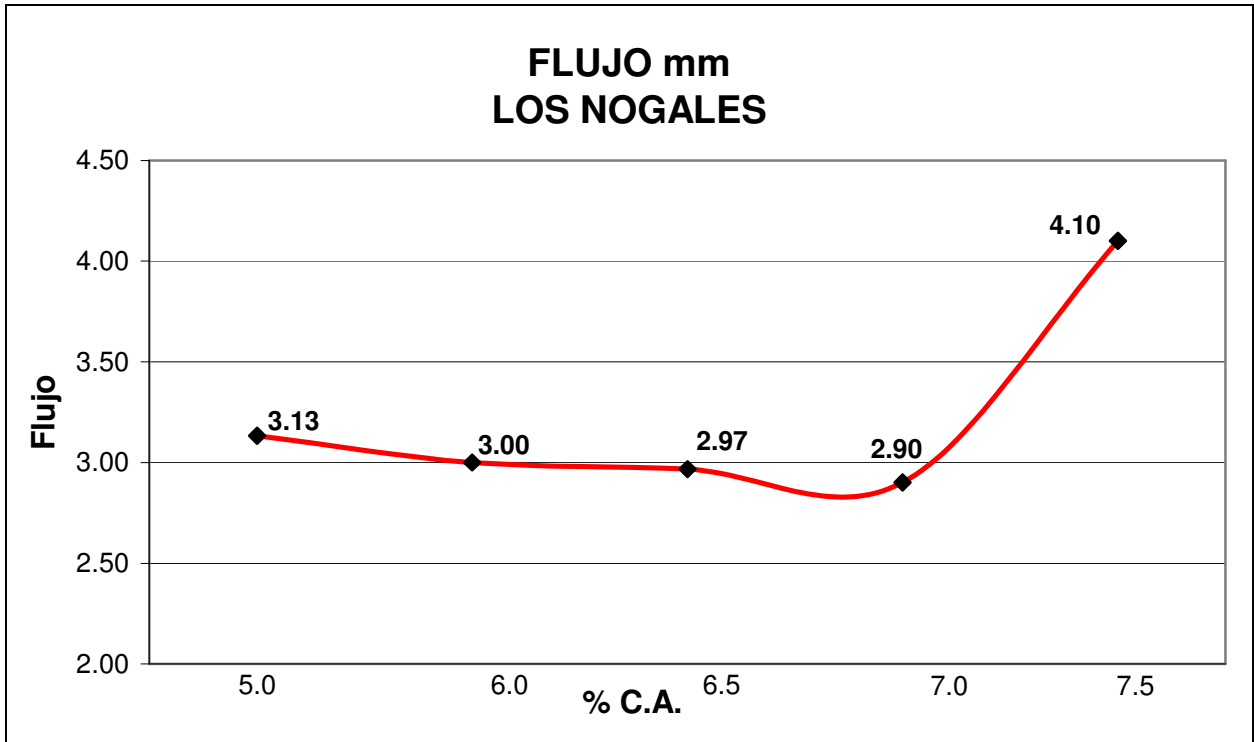
DATOS DEL MATERIAL PÉTREO		
ABSORCION (%) :	6.30	%
P.V.S.S. (kg / m³) :	1,332.00	kg/m³
DESGASTE : EQUIVALENTE DE ARENA		%
:	75.50	%
CONTRACCION LINEAL :	0.00	cm
DENSIDAD :	2.15	
DATOS DEL CEMENTO ASFALTICO		
DENSIDAD :	1.080	
CONT.MINIMO (%C.A.)	5.00	
DATOS DE LA PARAFINA		
DENSIDAD :	1.00	

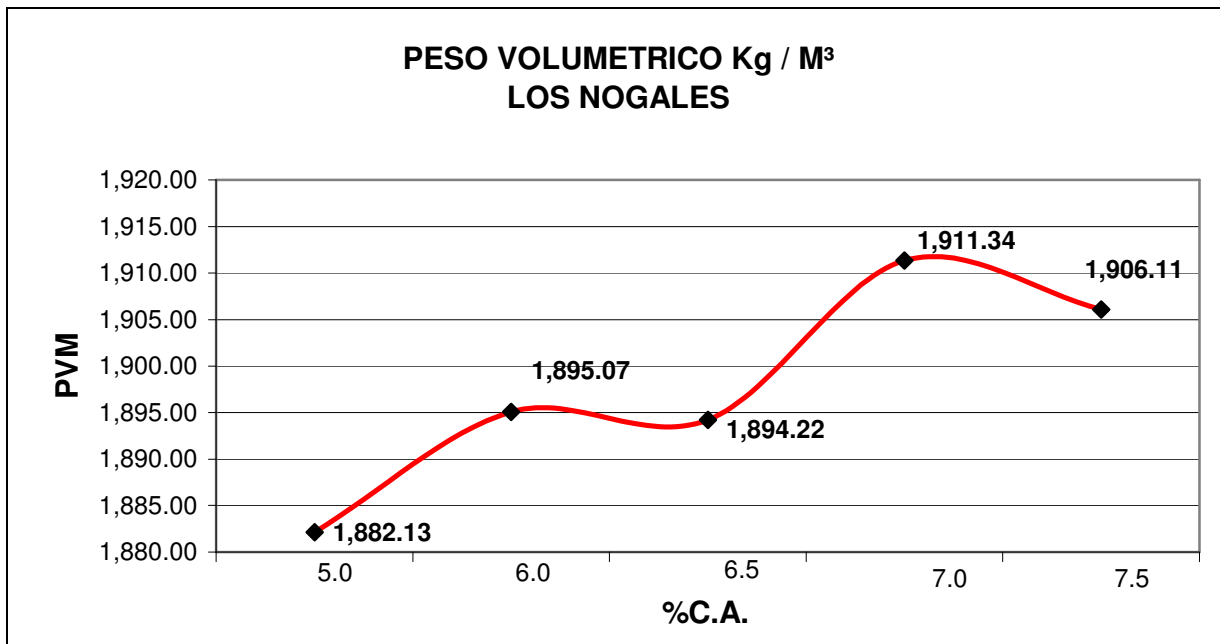
DATOS DEL EQUIPO	
CTE. DEL ANILLO :	-

DATOS DE LA MEZCLA									
ENSAYE	PROBETA	% C.A. CALCULADO	Especimen + parafina en aire	Especimen sin parafina en aire	Especimen + parafina en agua	Lectura Micrometro (q)	Altura del Especimen (mm)	Factor de Corrección	Flujo en MM
1	1	5.00	1,010.00	998.00	474.00	35.00	68.00	0.90	290.00
	2	5.00	904.00	891.00	410.00	35.00	69.00	0.88	330.00
	3	5.00	963.50	950.00	447.20	37.00	65.00	0.96	320.00
2	1	6.00	1,011.00	999.50	471.00	48.00	66.00	0.94	300.00
	2	6.00	1,008.00	995.50	470.00	51.00	65.00	0.96	290.00
	3	6.00	1,015.00	1,003.00	475.00	49.00	66.00	0.94	310.00
3	1	6.50	1,033.00	989.00	456.00	60.00	69.00	0.88	300.00
	2	6.50	1,014.00	999.50	466.10	59.00	68.00	0.94	300.00
	3	6.50	1,014.00	1,004.00	490.00	63.00	65.00	0.96	290.00
4	1	7.00	1,010.00	999.50	485.00	52.00	66.00	0.94	270.00
	2	7.00	1,020.50	1,009.50	486.00	55.00	68.00	0.90	280.00
	3	7.00	1,017.00	999.50	463.00	49.00	7.00	0.86	320.00
5	1	7.50	1,029.00	1,015.00	472.50	40.00	7.00	0.86	470.00
	2	7.50	1,018.30	1,006.50	480.00	39.00	66.00	0.94	380.00
	3	7.50	1,015.00	1,005.00	485.80	42.00	66.00	0.94	380.00

PRUEBA MARSHALL																											
ENSAYE	PROBETA	%DE C.A. POR PESO DE AGREGADO	% DE ASFALTO POR PESO DE MEZCLA	PESO (GRS)				VOLUMEN (CM)				ESPECIMEN PESO VOLUMET. (KG / M ³)	DENSIDAD TEORICA MAXIMA	VOLUMENES % TOTAL			% VACIOS		ESTABILIDAD (KG)					FLUJO EN (0.01")	FLUJO EN (M. M.)	CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES	
				ESPECIMEN + PARAFINA EN AIRE	ESPECIMEN SIN PARAFINA EN AIRE	ESPECIMEN + PARAFINA EN AGUA	PARAFINA	ESPECIMEN + PARAFINA	PARAFINA	ESPECIMEN	CEMENTO ASFALTICO			MATERIAL PETREO	VACIOS	MATERIAL PETREO	LLENADOS POR EL CEMENTO ASFALTICO	LECTURA MICROMETRO	ALTURA ESPECIMEN (Cm)	ESTABILIDAD (KG)	FACTOR DE CORRECCION	ESTABILIDAD CORREGIDA (KG)	v				w
1	1	5.00	4.76	1,010.00	998.00	474.00	12.00	536.00	12.00	524.00	1.90	0.00	8.40	84.37	7.24	15.63	53.72	35.00	68.00	847.38	0.90	762.65		2.90	DENSIDAD DEL 2.15		
(cont.min.)	2	5.00	4.76	904.00	891.00	410.00	13.00	494.00	13.00	481.00	1.85	0.00	8.17	82.05	9.78	17.95	45.51	35.00	69.00	847.38	0.88	745.70		3.30			
	3	5.00	4.76	963.50	950.00	447.20	13.50	516.30	13.50	502.80	1.89	0.00	8.33	83.70	7.97	16.30	51.09	37.00	65.00	893.70	0.96	857.95		3.20			
											1,882.13		8.30	83.37	8.33	16.63	48.30					788.77		3.13			
2	1	6.00	5.66	1,011.00	999.50	471.00	11.50	540.00	11.50	528.50	1.89	0.00	9.91	82.98	7.10	17.02	58.25	48.00	66.00	1,148.44	0.94	1,079.53		3.00	P.V.S. (KG/M ³) 1,332.00		
	2	6.00	5.66	1,008.00	995.50	470.00	12.50	538.00	12.50	525.50	1.89	0.00	9.93	83.12	6.95	16.88	58.83	51.00	65.00	1,217.91	0.96	1,169.20		2.90			
	3	6.00	5.66	1,015.00	1,003.00	475.00	12.00	540.00	12.00	528.00	1.90	0.00	9.96	83.35	6.69	16.65	59.81	49.00	66.00	1,171.60	0.94	1,101.30		3.10			
											1,895.07		9.93	83.15	6.91	16.85	58.96					1,116.68		3.00			
3	1	6.50	6.10	1,033.00	989.00	456.00	44.00	577.00	44.00	533.00	1.86	0.00	10.49	81.04	8.48	18.96	55.30	60.00	69.00	1,426.33	0.88	1,255.17		3.00	ABSORCIÓN %= 6.30		
	2	6.50	6.10	1,014.00	999.50	466.10	14.50	547.90	14.50	533.40	1.87	0.00	10.59	81.84	7.58	18.16	58.30	59.00	68.00	1,403.18	0.94	1,318.99		3.00			
	3	6.50	6.10	1,014.00	1,004.00	490.00	10.00	524.00	10.00	514.00	1.95	0.00	11.04	85.31	3.65	14.69	75.13	63.00	65.00	1,495.81	0.96	1,435.98		2.90			
											1,894.22		10.70	82.73	6.57	17.27	66.71					1,336.71		2.97			
4	1	7.00	6.54	1,010.00	999.50	485.00	10.50	525.00	10.50	514.50	1.94	0.00	11.77	84.45	3.79	15.55	75.65	52.00	66.00	1,241.07	0.94	1,166.61		2.70	DESGASTE %		
	2	7.00	6.54	1,020.50	1,009.50	486.00	11.00	534.50	11.00	523.50	1.93	0.00	11.68	83.82	4.50	16.18	72.21	55.00	68.00	1,310.54	0.90	1,179.49		2.80			
	3	7.00	6.54	1,017.00	999.50	463.00	17.50	554.00	17.50	536.50	1.86	0.00	11.29	80.98	7.73	19.02	59.34	49.00	7.00	1,171.60	0.86	1,007.57		3.20			
											1,911.34		11.58	83.08	5.34	16.92	69.07					1,117.89		2.90			
5	1	7.50	6.98	1,029.00	1,015.00	472.50	14.00	556.50	14.00	542.50	1.87	0.00	12.09	80.95	6.96	19.05	63.45	40.00	7.00	963.17	0.86	828.33		4.70	EQUIVALENTE DE ARENA % 75.50		
	2	7.50	6.98	1,018.30	1,006.50	480.00	11.80	538.30	11.80	526.50	1.91	0.00	12.35	82.71	4.94	17.29	71.43	39.00	66.00	940.02	0.94	883.62		3.80			
	3	7.50	6.98	1,015.00	1,005.00	485.80	10.00	529.20	10.00	519.20	1.94	0.00	12.50	83.75	3.75	16.25	76.95	42.00	66.00	1,009.49	0.94	948.92		3.80			
											1,906.11		12.31	82.47	5.22	17.53	70.61					886.96		4.10			
																									0.00		







ESTABILIDAD kg/cm ²	
%C.A.	Estabilidad
5.00	788.77
6.00	1,116.68
6.50	1,336.71
7.00	1,117.89
7.50	886.96
0.00	0.00

%VACIOS	
%C.A.	%de Vacios
5.00	8.33
6.00	6.91
6.50	6.57
7.00	5.34
7.50	5.22
0.00	0.00

FLUJO mm	
%C.A.	Flujo mm
5.00	3.13
6.00	3.00
6.50	2.97
7.00	2.90
7.50	4.10
0.00	0.00

% V.A.M.	
%C.A.	% V.A.M.
5.00	16.63
6.00	16.85
6.50	17.27
7.00	16.92
7.50	17.53
0.00	0.00

P.V.M. Kg/m ³	
%C.A.	PVSS
5.00	1,882.13
6.00	1,895.07
6.50	1,894.22
7.00	1,911.34
7.50	1,906.11
0.00	0.00

%VACIOS x CA	
%C.A.	%VACIOS x CA
5.00	48.30
6.00	58.96
6.50	66.71
7.00	69.07
7.50	70.61
0.00	

CONCEPTO	NORMA SCT.	ENSAYE
ESTABILIDAD	800.00 Kg Mínimo	1,117.89 KG
FLUJO	2.0 a 3.5 mm	2.90 MM
%VACIOS	3.0 a 5.0 %	5.34 %
%V.A.M.	14.0 % Mínimo	16.92 %
P.V.M.	SIN NORMA	1,911.34 KG/M³
% VACIOS LLENADOS POR EL C.A.	65 a 75%	69.07 %

EL CONTENIDO ÓPTIMO PARA LA MEZCLA ASFALTICA ES DEL: **7.0% C.A.**

B.IV).- BANCO MINA LA ESPERANZA**A.IV.III DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO ÓPTIMO DE ASFALTO****CALCULO DE LA PRUEBA MARSHALL**

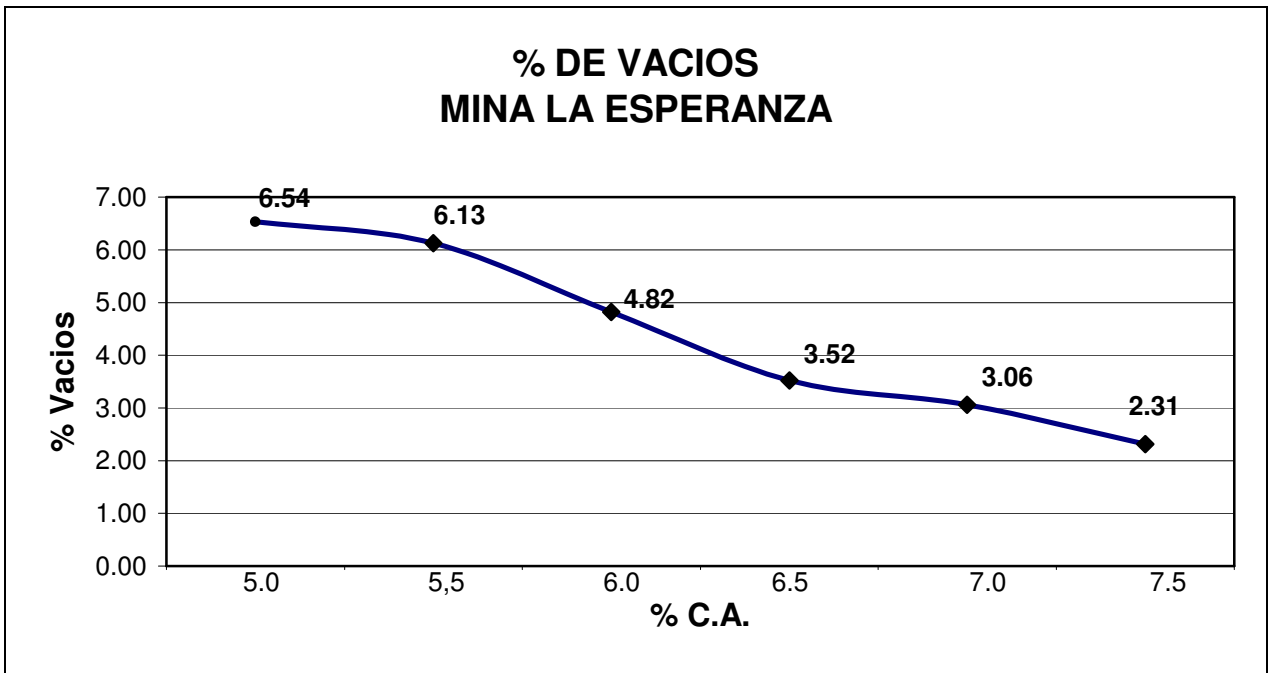
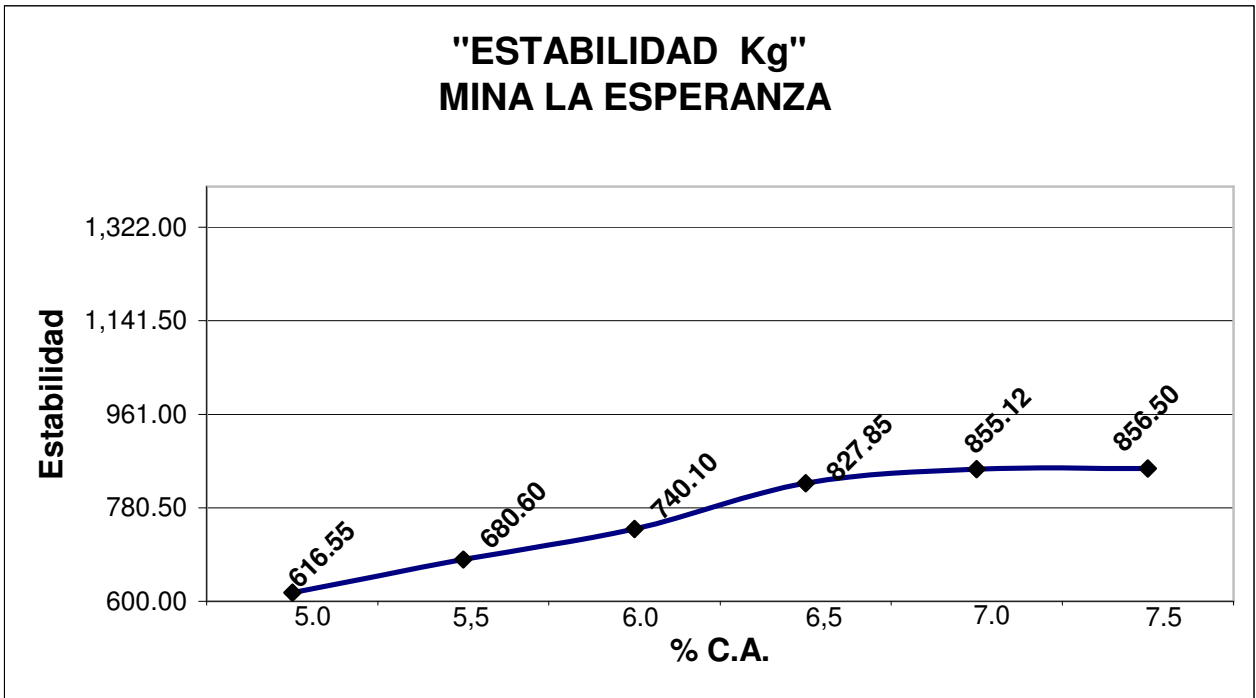
DATOS DEL MATERIAL PÉTREO		
ABSORCION (%) :	3.16	%
P.V.S.S. (kg / m³) :	1,420.00	kg/m³
DESGASTE : EQUIVALENTE DE ARENA :	75.50	%
CONTRACCION LINEAL :	0.00	cm
DENSIDAD :	2.42	

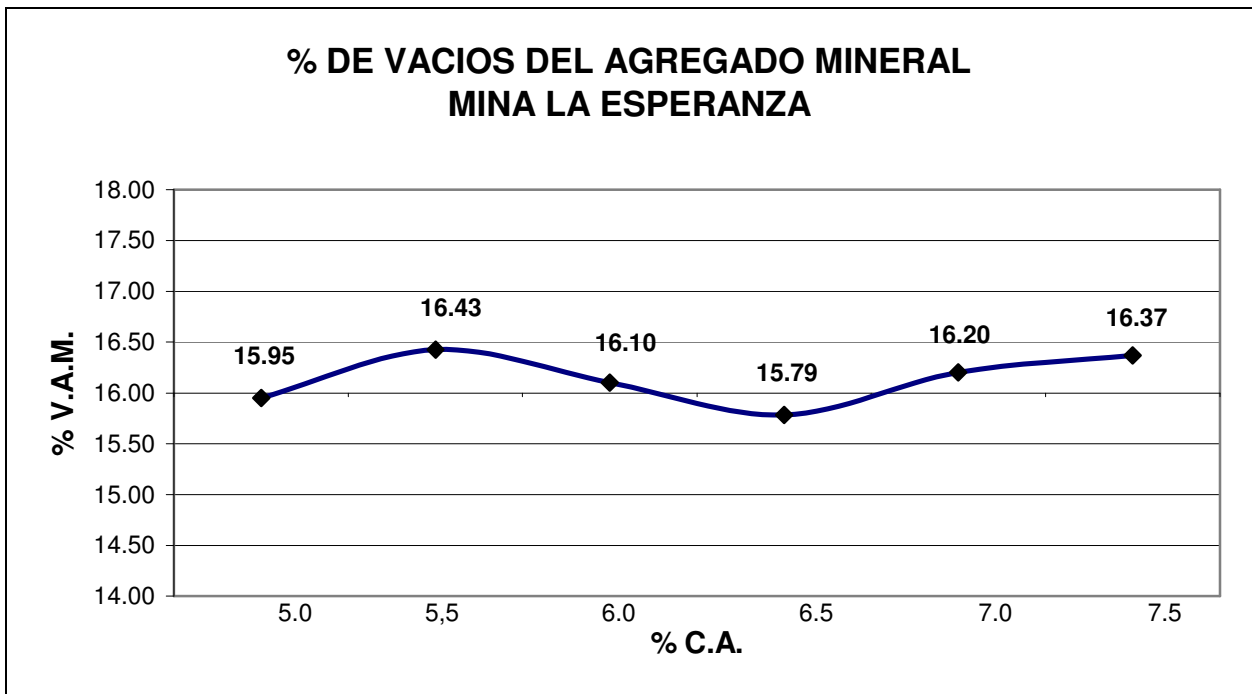
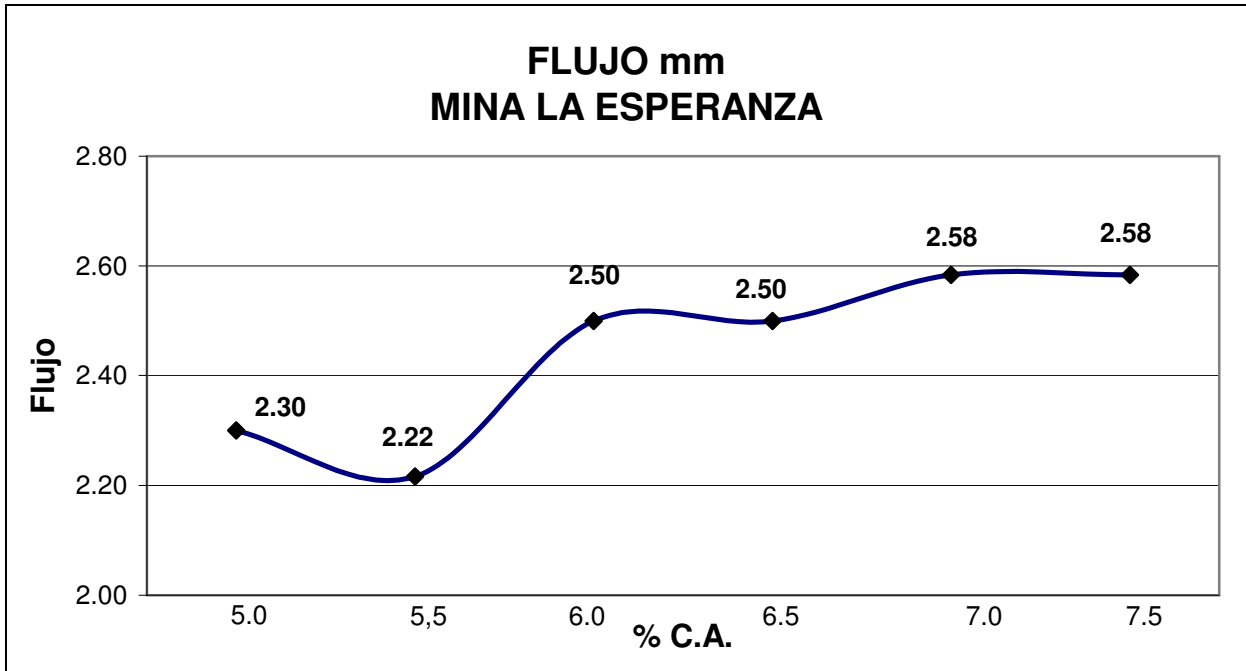
DATOS DEL CEMENTO ASFALTICO	
DENSIDAD :	1.080
CONT.MINIMO (%C.A.)	5.00

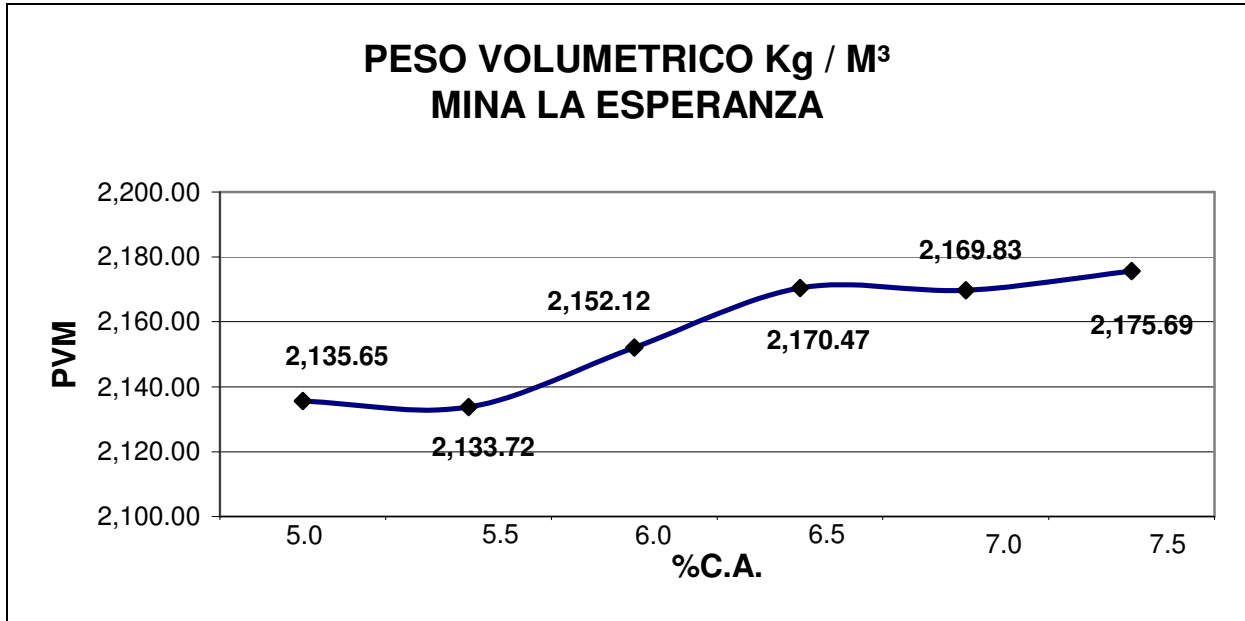
DATOS DE LA PARAFINA	
DENSIDAD :	1.00

DATOS DEL EQUIPO	
CTE. DEL ANILLO :	-

DATOS DE LA MEZCLA									
ENSAYE	PROBETA	% C.A. CALCULADO	Especimen + parafina en aire	Especimen sin parafina en aire	Especimen + parafina en agua	Lectura Micrometro (q)	Altura del Especimen (mm)	Factor de Corrección	Flujo en MM
1	1	5.00	983.90	974.80	513.00	27.00	65.00	0.96	235.00
	2	5.00	972.10	962.80	515.00	26.00	65.00	0.96	225.00
	3	5.00	980.00	970.00	518.00	26.00	66.00	0.94	230.00
2	1	5.50	989.70	980.00	521.00	29.00	67.00	0.92	240.00
	2	5.50	990.00	981.10	524.00	30.00	65.00	0.96	215.00
	3	5.50	993.00	984.40	520.00	30.00	66.00	0.94	210.00
3	1	6.00	996.20	986.90	527.00	32.00	66.00	0.94	270.00
	2	6.00	991.70	982.30	530.00	35.00	67.00	0.92	250.00
	3	6.00	983.20	974.80	519.00	31.00	66.00	0.94	230.00
4	1	6.50	1,000.00	990.50	532.00	37.00	67.00	0.92	250.00
	2	6.50	992.70	983.50	536.00	35.00	66.00	0.94	270.00
	3	6.50	993.90	985.80	528.00	39.00	67.00	0.92	230.00
5	1	7.00	997.00	987.70	536.00	36.00	66.00	0.94	270.00
	2	7.00	994.90	985.60	528.00	38.00	65.00	0.96	260.00
	3	7.00	1,001.80	990.80	534.00	40.00	68.00	0.90	245.00
6	1	7.50	969.80	961.00	520.00	37.00	64.00	0.98	245.00
	2	7.50	1,012.90	1,003.70	538.00	37.00	65.00	0.96	260.00
	3	7.50	1,005.00	994.60	541.00	36.00	65.00	0.96	270.00







ESTABILIDAD kg/cm ²	
%C.A.	Estabilidad
5.00	616.55
5.50	680.60
6.00	740.10
6.50	827.85
7.00	855.12
7.50	856.50

%VACIOS	
%C.A.	%de Vacios
5.00	6.54
5.50	6.13
6.00	4.82
6.50	3.52
7.00	3.06
7.50	2.31

FLUJO mm	
%C.A.	Flujo mm
5.00	2.30
5.50	2.22
6.00	2.50
6.50	2.50
7.00	2.58
7.50	2.58

% V.A.M.	
%C.A.	% V.A.M.
5.00	15.95
5.50	16.43
6.00	16.10
6.50	15.79
7.00	16.20
7.50	16.37

P.V.M. Kg/m ³	
%C.A.	PVSS
5.00	2,135.65
5.50	2,133.72
6.00	2,152.12
6.50	2,170.47
7.00	2,169.83
7.50	2,175.69

%VACIOS x CA	
%C.A.	%VACIOS x CA
5.00	61.25
5.50	62.75
6.00	70.81
6.50	77.92
7.00	81.21
7.50	

CONCEPTO	NORMA SCT.	ENSAYE	
ESTABILIDAD	800.00 Kg Mínimo	827.85	KG
FLUJO	2.0 a 3.5 mm	2.50	MM
%VACIOS	3.0 a 5.0 %	3.52	%
%V.A.M.	14.0 % Mínimo	15.79	%
P.V.M.	SIN NORMA	2,170.47	KG/M³
% VACIOS LLENADOS POR EL C.A.	65 a 75%	77.92	%

EL CONTENIDO ÓPTIMO PARA LA MEZCLA ASFALTICA ES DEL: **6.5% C.A.**

IV.V CONCLUSIONES

Después de realizar el análisis de los materiales pétreos "Banco Los Nogales" y el "Mina La Esperanza" para obtener el contenido óptimo de cemento asfáltico por medio de la aplicación del método MARSHALL me di cuenta de las ventajas y desventajas de cada uno, tomando como parámetro las especificaciones de la Secretaria de Comunicaciones y Transportes; al igual que el comportamiento que tuvieron al mezclarse con un aglutinante como es el cemento asfáltico.

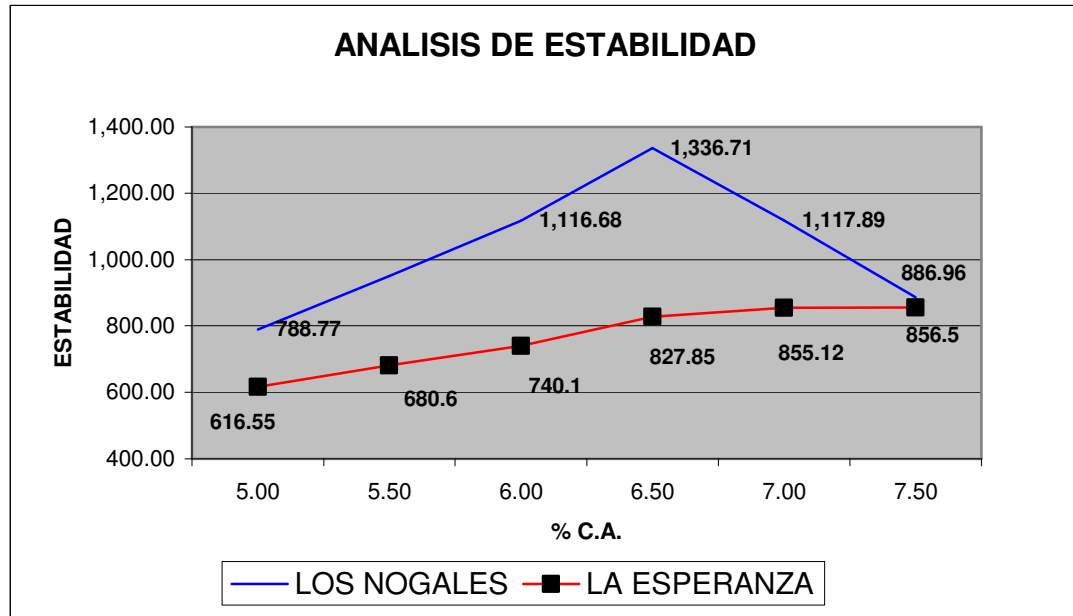
Dentro de lo que corresponde a las Normas de la Secretaria de Comunicaciones y Transportes referente a calidad de mezclas asfálticas para carreteras; el material del "Banco Mina la Esperanza" cumplió satisfactoriamente en la mayoría de los parámetros de calidad; únicamente se mencionaría que no cumple ligeramente con el parámetro de % de vacíos llenados por el cemento asfáltico para un contenido óptimo de 6.5% de C.A. menor que el obtenido del análisis del banco "Los Nogales" que es del orden del 7.0% de C.A. y el cual no cumple con el parámetro de % de vacíos para el contenido óptimo de C.A. antes mencionado.

Observando que el banco "Mina La Esperanza" tiene un mejor comportamiento con un menor contenido óptimo de cemento asfáltico satisfaciendo los parámetros y normas de calidad establecidas por la S.C.T.

CAPITULO V

ANALISIS DE RESULTADOS

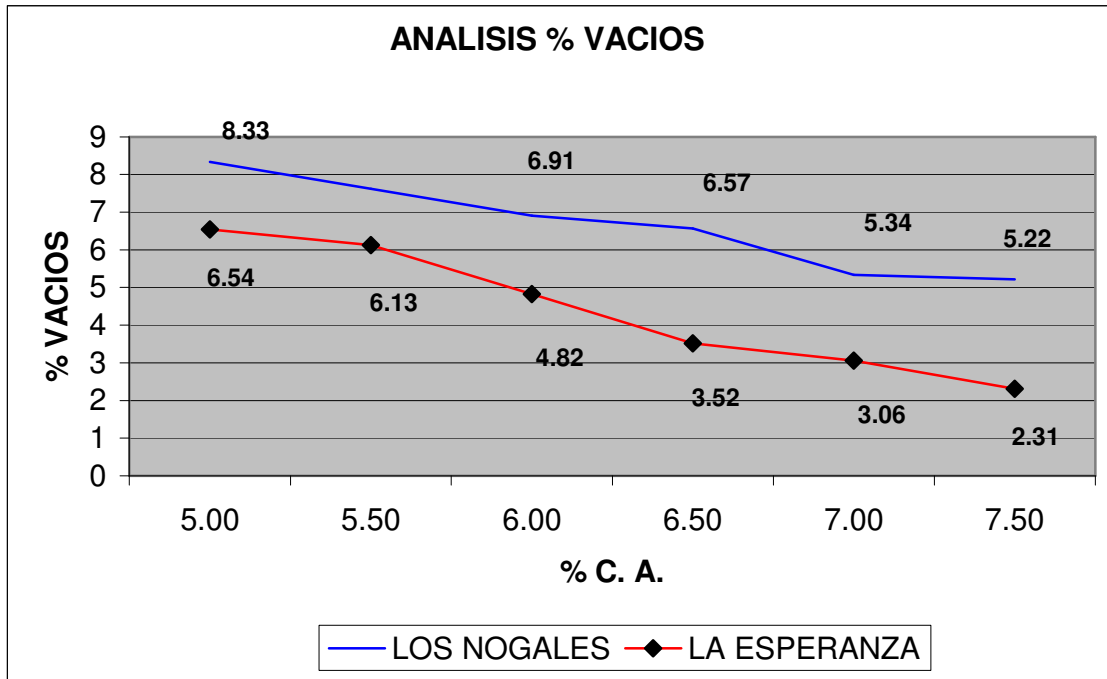
ESTABILIDAD



LOS NOGALES		LA ESPERANZA	
%C.A.	ESTABILIDAD	%C.A.	ESTABILIDAD
5.00	788.77	5.00	616.55
6.00	1,116.68	5.50	680.6
6.50	1,336.71	6.00	740.1
7.00	1,117.89	6.50	827.85
7.50	886.96	7.00	855.12
		7.50	856.5

Observando el comportamiento de las dos mezclas asfálticas analizadas en la grafica de estabilidad se aprecia que la estabilidad obtenida con el material del banco "Los Nogales" a partir de un contenido de C.A. de 6.0% nos cumple con la normatividad de la S.C.T.(800Kg) pero no así con los parámetros de % vacíos y % de vacíos llenados por el C.A. en cambio la grafica del banco "Mina La Esperanza" asciende de una manera mas uniforme hasta cumplir con la normatividad de la S.C.T. con un contenido de C.A. 6.5 % y cumpliendo con la mayoría de los parámetros solo un poco por arriba del parámetro de % de vacíos llenados por el C.A.

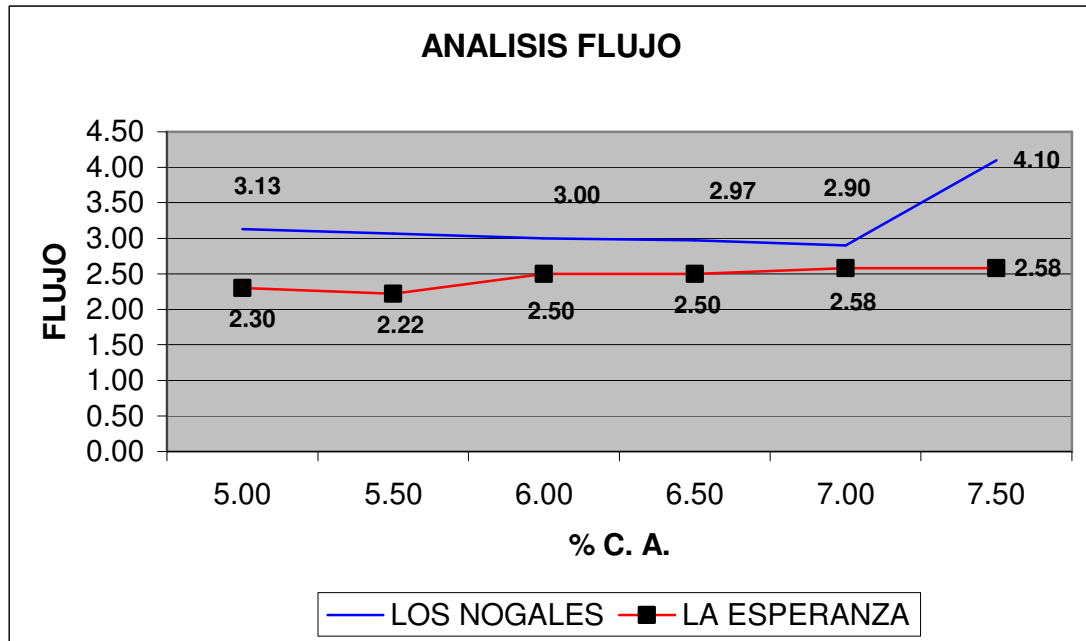
% VACIOS



LOS NOGALES		LA ESPERANZA	
%C.A.	% VACIOS	%C.A.	%VACIOS
5.00	8.33	5.00	6.54
6.00	6.91	5.50	6.13
6.50	6.57	6.00	4.82
7.00	5.34	6.50	3.52
7.50	5.22	7.00	3.06
		7.50	2.31

Analizando las graficas correspondientes al parámetro de % vacíos observamos que ambos diseños de mezclas asfálticas tienen un comportamiento similar en forma descendente pero con la diferencia de valores mas elevados en el caso de la mezcla del banco "Los Nogales" por ser un material de alta porosidad, razón por la cual la cantidad de vacíos se incrementa con respecto al material del banco "Mina La Esperanza" que es un material menos poroso.

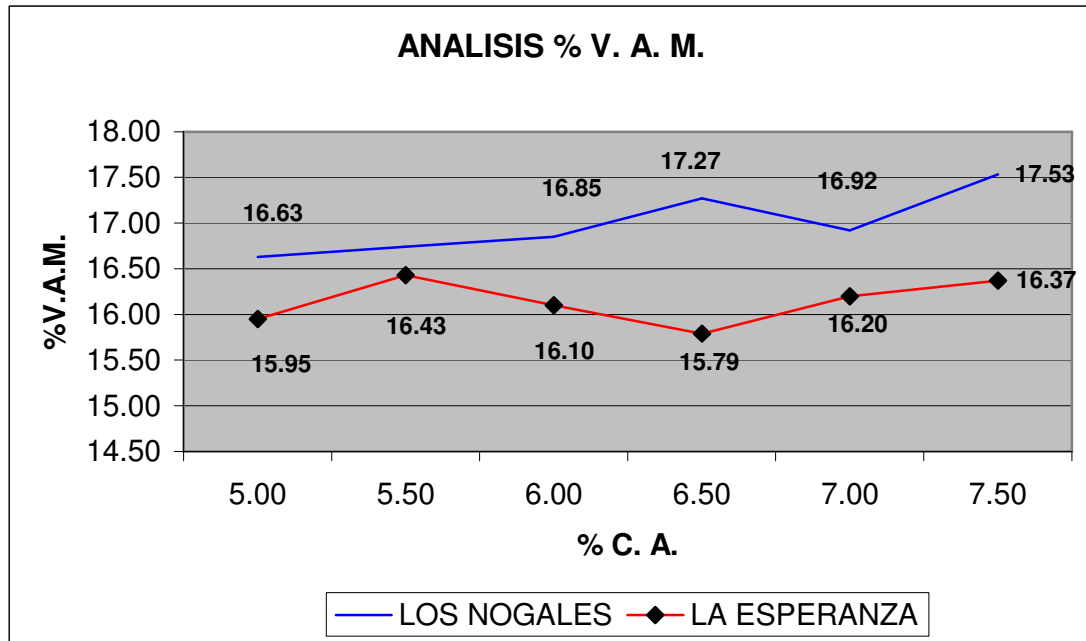
FLUJO



LOS NOGALES		LA ESPERANZA	
%C.A.	FLUJO	%C.A.	FLUJO
5.00	3.13	5.00	2.30
6.00	3.00	5.50	2.22
6.50	2.97	6.00	2.50
7.00	2.90	6.50	2.50
7.50	4.10	7.00	2.58
		7.50	2.58

Analizando las graficas correspondientes al parámetro de flujo observamos que ambos diseños de mezclas asfálticas tienen un comportamiento similar el cual cumple con los parámetros establecidos por la S.C.T. únicamente en el caso de la mezcla del banco "Los Nogales" existe una ligera discrepancia en el punto del C.A. de 7.5% superando ligeramente el rango del parámetro de 2.0 a 3.5 marcado por la S.C.T.

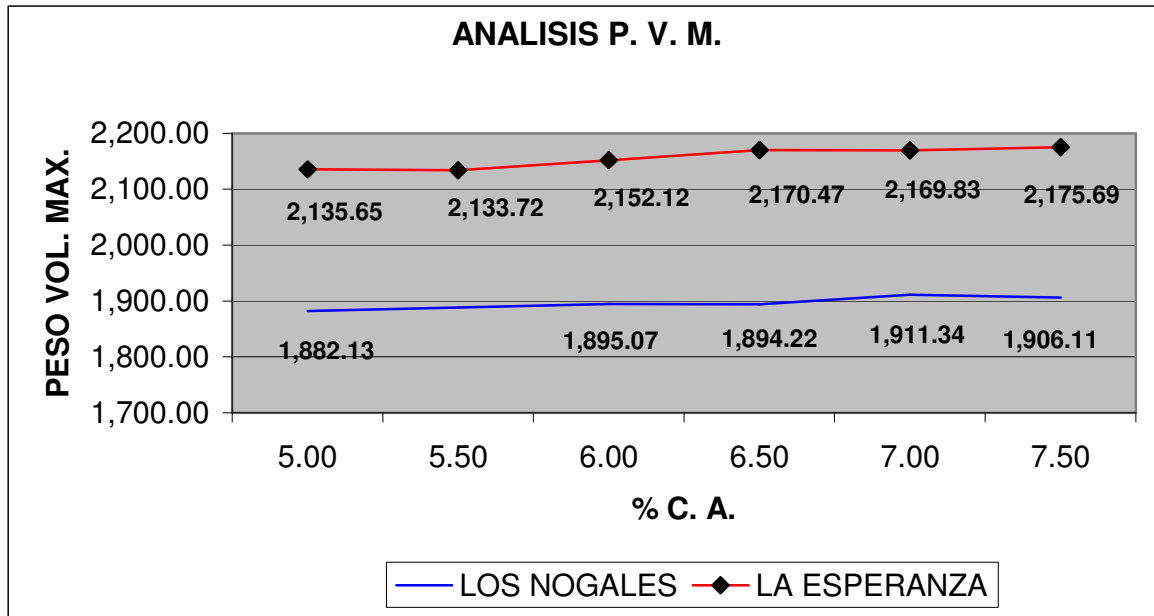
% VACIOS DEL AGREGADO MINERAL



LOS NOGALES		LA ESPERANZA	
%C.A.	%V.A.M.	%C.A.	%V.A.M.
5.00	16.63	5.00	15.95
6.00	16.85	5.50	16.43
6.50	17.27	6.00	16.10
7.00	16.92	6.50	15.79
7.50	17.53	7.00	16.20
		7.50	16.37

Analizando las graficas correspondientes al parámetro de %V.A.M. observamos que ambos diseños de mezclas asfálticas presentan un buen comportamiento el cual cumple con los parámetros establecidos por la S.C.T. que nos marca como mínimo 14%.

PESO VOLUMETRICO MAXIMO



LOS NOGALES		LA ESPERANZA	
%C.A.	P.V.M. KG/M3	%C.A.	P.V.M.KG/M3
5.00	1,882.13	5.00	2,135.65
6.00	1,895.07	5.50	2,133.72
6.50	1,894.22	6.00	2,152.12
7.00	1,911.34	6.50	2,170.47
7.50	1,906.11	7.00	2,169.83
		7.50	2,175.69

Analizando las graficas correspondientes al parámetro de P.V.M. observamos que ambos diseños de mezclas asfálticas presentan una variación considerable en los valores obtenidos a razón de la diferencia de materiales pétreos utilizados en ambos diseños, tomando en consideración que el material del banco "Los Nogales" es un material mas poroso, con baja densidad y un P.V.S.S. menor, en comparación con los valores obtenidos con el material del banco "Mina La Esperanza" por lo cual se obtuvieron los resultados anteriores.

CAPITULO V

RECOMENDACIONES

RECOMENDACIONES

AMBOS DISEÑOS PARA MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE PRESENTAN BUENAS CARACTERÍSTICAS EN SU COMPORTAMIENTO PARA SER UTILIZADOS EN LA ELABORACIÓN DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE, MAS SIN EMBARGO RECOMENDARÍA SE UTILIZARA EL DISEÑO DEL BANCO "MINA LA ESPERANZA" POR TENER UNA MEJOR COMPORTACIÓN EN LA PRUEBA DE DESGASTE DE LOS ÁNGELES, ASÍ COMO UNA DENSIDAD RELATIVA APARENTE MAYOR POR SER UN MATERIAL MENOS POROSO POR LO CUAL NOS BRINDARA UNA MEJOR RESISTENCIA AL DESGASTE PROVOCADO POR EL TRANSITO, ASÍ COMO UNA MAYOR VIDA ÚTIL DEL PROYECTO DONDE SE UTILIZARA, MAS SIN EMBARGO ESTO NO SERÁ POSIBLE SI NO SE APLICA UN ESTRINGO CONTROL DE CALIDAD CUIDANDO LOS SIGUIENTES ASPECTOS:

- LLEVAR PERIÓDICAMENTE UNA REVISIÓN Y ANÁLISIS DE MATERIALES PÉTREOS Y ASFÁLTICOS UTILIZADOS EN LA MEZCLA.
- REALIZAR UN CONTROL DE CALIDAD EN PLANTA REALIZANDO ESPECIMENES PARA LA REALIZACIÓN DEL MÉTODO MARSHALL, ASÍ COMO LAVADOS PARA OBTENER EL CONTENIDO DE CEMENTO ASFÁLTICO Y SU GRANULOMETRÍA PARA PODER DETERMINAR QUE SE ESTA REALIZANDO UNA MEZCLA DE BUENA CALIDAD LA CUAL CUMPLE CON LA NORMATIVIDAD DE LA S.C.T., O DE LO CONTRARIO REALIZAR LOS AJUSTES NECESARIOS EN PLANTA.
- TENER UN CONTROL DE LAS TEMPERATURAS DE LA MEZCLA EN PLANTA Y EN EL SITIO DE TENDIDO YA QUE ESTO NOS PERMITIRÁ OBTENER UNA BUENA COMPACTACIÓN Y SUPERFICIE DE RODAMIENTO.
- REALIZAR UN BUEN RIEGO DE LIGA ANTES DE TIRAR LA CARPETA CON UNA EMULSIÓN ASFÁLTICA QUE CUMPLA CON LAS NORMAS S.C.T VIGENTES.
- REALIZAR EL TENDIDO Y COMPACTACIÓN DE LA CARPETA CON UNA BUENA TEMPERATURA CON RODILLO LISO Y POSTERIORMENTE CON UN NEUMÁTICO PARA OBTENER UNA BUENA COMPACTACIÓN Y UNA SUPERFICIE MAS CERRADA Y CON ELLO NO TENER PROBLEMAS DE PERMEABILIDAD.
- VERIFICAR LO ANTERIOR POSTERIORMENTE CON LA REALIZACIÓN DE PRUEBAS DE PERMEABILIDAD, ASÍ COMO LA EXTRACCIÓN DE CORAZONES PARA VERIFICAR EL GRADO DE COMPACTACIÓN DE LA MEZCLA ASFÁLTICA.

REALIZANDO LAS RECOMENDACIONES ANTERIORES ESTAREMOS REALIZANDO UNA MEZCLA DE BUENA CALIDAD LA CUAL NOS BRINDARA UNA MAYOR VIDA ÚTIL DE PROYECTO Y POR LO TANTO MENOS GASTOS EN LO QUE SE REFIERE A LA CONSERVACIÓN Y REPARACIÓN DE LA OBRA REALIZADA, ASÍ COMO UN MAYOR GRADO DE SEGURIDAD AL USUARIO.

CONCLUSIONES GENERALES

Después de realizar las pruebas mecánicas a los dos materiales "Banco los Nogales" y el "Banco Mina La Esperanza" me di cuenta de las ventajas y desventajas de cada uno, tomando como parámetro las especificaciones de la Secretaria de Comunicaciones y Transportes; al igual que el comportamiento que tuvieron al mezclarse con un aglutinante como es el cemento asfáltico.

Dentro de lo que corresponde a las Normas de la Secretaria de Comunicaciones y Transportes referente a los agregados pétreos; el material del "Banco Los Nogales" fue el mas desfavorable al NO cumplir con varias pruebas; como son: una baja densidad, un bajo peso volumétrico y una alta absorción por ser material de origen volcánico y tener la característica de ser muy poroso, a razón de estos parámetros no cumple con la prueba de desgaste de los ángulos.

Para el caso del material analizado del "Banco Mina La Esperanza" es el que presento mejores características cumpliendo con los parámetros de las especificaciones de la S.C.T.

Las pruebas realizadas al cemento asfáltico AC-20 en lo general se obtuvieron resultados satisfactorios, por lo cual se opto por utilizar este material para la elaboración de la mezcla asfáltica.

Los resultados del contenido optimo de cemento asfáltico varían en 0.5 %. Para el material del "Banco Los Nogales" es de 7.0 % y para el "Banco Mina La Esperanza" es de un 6.5 %. Por lo cual y las y cada una de las pruebas realizadas se llego a la conclusión de que EL MATERIAL DEL "BANCO MINA LA ESPERANZA" PRESENTA MEJORES CARACTERISTICAS FÍSICAS COMO MECÁNICAS PARA REALIZAR MEZCLAS EN CALIENTE CON UN CEMENTO ASFALTICO AC - 20.

BIBLIOGRAFIA

- VIAS DE COMUNICACIÓN, CAMINOS, FERROCARRILES, AEROPUERTOS, PUENTES Y PUERTOS.

ING. CARLOS CRESPO
EDITORIAL LIMUSA 1996

- NORMAS PARA MUESTREO Y PRUEBAS DE LOS MATERIALES, EQUIPOS Y SISTEMAS, CARRETERAS Y AEROPISTAS.

PAVIMENTOS II TOMO 1
SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES

- ESPECIFICACIONES DE LA REFINERÍA DE PETRÓLEOS MEXICANOS PARA LOS AC-20, 1998.

- INTRODUCCIÓN A LA INGENIERÍA DE CAMINOS.
JOSÉ ALFONSO MIER SUÁREZ.
1ª EDICIÓN, U.M.S.N.H., MÉXICO, 1987.