PASANTIA COMO AUXILIAR DE LABORATORIO DE MATERIALES EN LA EMPRESA “INGENIERIA Y LABORATORIO DE MATERIALES S.A.S”

UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

PRESENTADO POR:

ADRIANA CAROLINA ORDOÑEZ SIATAMA

UNIVERSIDAD DISTRITAL FACULTAD FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

FACULTAD TECNOLÓGICA

TECNOLOGIA EN CONSTRUCCIONES CIVILES E INGENIERIA CIVIL

BOGOTA D.C.

2024

PASANTIA COMO AUXILIAR DE LABORATORIO DE MATERIALES EN LA EMPRESA “INGENIERIA Y LABORATORIO DE MATERIALES S.A.S”

PRESENTADO POR:

ADRIANA CAROLINA ORDOÑEZ SIATAMA

INFORME FINAL MODALIDAD DE PASANTIAS PARA OPTAR POR EL TITULO DE TECNOLOGO EN CONTRUCCIONES CIVILES

TUTOR ACADÉMICO: HERNANDO VILLOTA

TUTOR METODOLÓGICO: CARLOS HUMBERTO MORENO TORRES

UNIVERSIDAD DISTRITAL FACULTAD FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

FACULTAD TECNOLÓGICA PROPUESTA DE PASANTÍA

TECNOLOGIA EN CONSTRUCCIONES CIVILES E INGENIERIA CIVIL

BOGOTA D.C.

2024

Nota de aceptación:

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

Firma del jurado

_____

Firma del jurado

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....6

INTRODUCCIÓN 7

1. OBJETIVOS:.....8

1.1. OBJETIVO GENERAL: 8

1.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS: 8

2. PRESENTACIÓN DE LA INSTITUCIÓN O UNIDAD ACADÉMICA/ADMINISTRATIVA RECEPTORA DEL PASANTE. 9

2.1. PERSONAS A CARGO DEL PASANTE: 10

2.2. PLAN DE TRABAJO Y FUNCIONES ASIGNADAS 10

3. DESARROLLO DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS EN LA PRÁCTICA PROFESIONAL DIRIGIDA O PASANTÍA 11

4. DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS 12

4.1. INDUCCIÓN AL PASANTE EN EL PROCESO DOCUMENTAL: 12

4.2. PARTICIPACIÓN EN LOS PROCESOS CON LAS MUESTRAS EN EL LABORATORIO: 16

4.3. EL ESTUDIO DE ENSAYOS PARA AMPLIAR EL ALCANCE DEL LABORATORIO: 16

SE HIZO EL ESTUDIO PARA LAS NORMAS: 16

4.4. ELABORACIÓN DE FORMATOS DE LABORATORIO: 18

4.5. CREACIÓN DE PROTOCOLOS PARA GARANTIZAR LA CORRECTA ELABORACIÓN DE ENSAYOS. 18

5. LIMITACIONES CONFRONTADAS EN LA PRACTICA.....31

6. APORTES DEL PASANTE A LA EMPRESA.....31

7. INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA.....32

8. CONCLUSIONES 33

9. BIBLIOGRAFÍA. 35

ANEXOS 36

Resumen

El siguiente trabajo consiste en el informe final de las pasantías llevadas a cabo en la empresa “ingeniería y laboratorio de materiales S.A.S”, las cuales tuvieron una duración total de 2 meses o 198 horas, dentro de las cuales se desempañaron labores como auxiliar de laboratorio de materiales en las áreas de documentación, trazabilidad de ensayos y seguimiento de los mismos, cuyas funciones consistían en la elaboración de protocolos de los ensayos, apoyo documental y análisis para la viabilidad de ejecución de nuevos ensayos en la empresa, además de eso el cálculo de cantidades de obra de las diferentes actividades establecidas de la empresa, lo anterior para el área de costos y presupuestos.

Todo se desarrolló de manera conjunta, interdisciplinaria y paralela respecto a cada una de las diferentes áreas ya mencionados

Introducción

La formación académica como tecnólogo en construcciones civiles proporciona conocimientos teóricos sobre los procesos que se ejecutan desde la planeación hasta la ejecución en cualquier clase de obra civil, como el uso adecuado de instrumentos de medición, la capacidad de interpretación y esquematización de planos, las capacidades y actitudes con el fin de tomar decisiones sustentadas en la información presentada en las diferentes áreas que se ven involucradas en la construcción La oportunidad de realizar pasantías genera un acercamiento práctico que propicia el desarrollo de un criterio profesional mediante la experiencia adquirida en el proceso y realización de dicha pasantía.

La realización e interpretación de ensayos, cálculos de cantidades de obra, procesamiento de información y generación de informes. Todo lo anterior se realizó con el objetivo de que represente un acercamiento práctico a proyectos profesiones en el ámbito de la ingeniería civil.

Durante el desarrollo de las labores de la pasantía, se contó con el apoyo profesional del encargado de cada área, capacitaciones y diferentes herramientas que facilitaron el llevar a cabo las labores designadas. Los profesionales encargados fueron: Ing. Yuliana Andrea Villarraga Trillos (coordinadora del laboratorio), Ing. Fredy Sierra Gil (director técnico)

Al final de la pasantía, se obtuvo claridad sobre la importancia del control de la información en los diferentes procesos llevados a cabo, tales como: elaboración de ensayos según el tipo de material, y como clasificarlos según los resultados de estos, elaboración de informes de los ensayos y el procedimiento que se debe llevar a cabo desde la resección de la muestra según el tipo hasta la ejecución del ensayo, con el fin de prevenir resultados erróneos en los ensayos.

1. Objetivos:

1.1. Objetivo General:

Desarrollar actividades como auxiliar de laboratorio de materiales en la empresa Ingeniería y laboratorio de materiales S.A.S

1.1. Objetivos Específicos:

- Distinguir el adecuado manejo de las máquinas de laboratorio para realizar los diferentes ensayos
- Organizar informes de los resultados de las muestras de laboratorio.
- Analizar y contrastar las muestras adquiridas en campo.
- Categorizar documentación previa, informes, manuales y plantillas de losprocedimientos en laboratorio y en campo
- Analizar la viabilidad de la realización de nuevos ensayos en el laboratorio
- Estandarizar el correcto desarrollo de los ensayos en el laboratorio.

2. Presentación de la Institución o Unidad Académica/Administrativa Receptora del Pasante.

Ingeniería y Laboratorio de Materiales S.A.S

- NIT: 900.993.878-4
- Calle 2 N° 8- 66 b / El dorado mariquita- Tolima
- Tel: 2520508
- Cel: 3202467076
- Correo: inglaboratoriodemateriales@gmail.com

INGENIERÍA Y LABORATORIO DE MATERIALES S.A.S; es una empresa que se encuentraubicada en Mariquita Tolima desde hace más de 7 años, dedicada a la evaluación de los materiales de la región y sus alrededores, así como el control de calidad de las obras civiles a nivel nacional.

Para el desarrollo de la actividad se cuenta con amplia experiencia, atención personalizada, equipos con certificados de calibración con ente Acreditado por ONAC, personal competente (Director Técnico; Ingeniero Civil con experiencia de 14 años en la Asociación Colombiana de Productores de Concreto "ASOCRETO", Director administrativo y de calidad; Ingeniero industrial, Laboratoristas capacitados) y una infraestructura adecuada; garantizando la satisfacción del cliente, el cumplimiento de las normas vigentes y la efectividad de los servicios.

Todos los ensayos de INGENIERÍA Y LABORATORIO DE MATERIALES, se ejecutan aplicando las normas técnicas colombianas NTC e INVIAS vigentes; tiene documentado, implementado y mantiene un sistema de gestión de calidad certificado bajo los parámetros de laNorma Técnica Colombiana ISO 9001 versión 2015; mediante el cual se garantiza la trazabilidad de cada una de las actividades y el aseguramiento de

la calidad en los procesos y la empresa en general

La empresa brinda los siguientes servicios:

- Ensayos de Laboratorio de Suelos, Agregados, Concretos, Morteros, Prefabricados, Asfaltos y Cementos.
- Estudio de Suelos
- Diseño de Mezclas de Concreto, Mortero, Suelo-Cemento y Bases Estabilizadas
- Patología en Estructuras de Concreto
- Extracción de Núcleos en Pavimento Rígido y Flexible
- Inspección de obra

2.1. Personas a Cargo del Pasante:

- Yuliana Andrea Villarraga Trillos
  - Coordinadora de laboratorio: Administra las actividades del Laboratorio, según programa de trabajo, organizando las tareas, la mantención de materiales y equipos y velando por el buen desarrollo de las actividades.
- Fredy Sierra Gil
  - Director técnico: Se encarga de otras funciones tales como: Estar a la cabeza y liderar atodo el equipo del laboratorio: técnicos, auxiliares, etc. Supervisar que todos los procesos se realizan correctamente. Supervisar que todas las normativas de seguridad se implementan correctamente.

2.2. Plan de Trabajo y Funciones Asignadas

Auxiliar de laboratorio en:

- Ensayo de compresión de muestras de concreto

- Ensayo de flexión de muestras de concreto
- evaluación de muestras de asfalto de acuerdo con las normas INVIAS
- evaluación de muestras de agregados de acuerdo con las normas INVIAS
- evaluación de muestras de suelos de acuerdo con las normas INVIAS
- Recepción de muestras
- Procesos documentales para llevar a cabo el proceso operativo

3. Desarrollo de las Actividades Realizadas en la Práctica Profesional Dirigida o Pasantía

Durante el transcurso de la pasantía realizada con la entidad, con una duración total de 2 mes, o bien, 198 horas, de acuerdo con lo establecido en el acuerdo de voluntad firmado entre la entidad y el pasante; Se establecieron actividades específicas para cada uno de los distintos ámbitos de la ingeniería civil. Además de brindar un acercamiento a la vida profesional, esto permite y genera una ampliación general de las competencias profesionales sobre cada una de las labores involucradas en la planificación y ejecución de un proyecto de ingeniería civil.

De esta manera, se establecieron planes de trabajo por área para llevar a cabo las actividades de la pasantía, donde los procesos se desarrollaron en conjunto unas con otras y con la ayuda de los jefes de cada área, entregando informes y resultados según lo solicitado. (los cuales se encuentran adjuntos como anexos).

Dichos informes corresponden a entregas formales de: protocolos, formatos de laboratorio y análisis de ensayos. Con el propósito de cumplir los objetivos planteados se realizaron las siguientes actividades.

- Inducción del proceso documental y proceso en laboratorio de las muestras que maneja la

empresa.

- Participación en los procesos con las muestras en el laboratorio
- El estudio de ensayos para ampliar el alcance del laboratorio.
- Creación de protocolos para garantizar la correcta elaboración de ensayos.
- Apoyo en procesos documentales.

4. Descripción de las Actividades Realizadas

4.1. Inducción al pasante en el proceso documental:

Se realizo una explicación detallada del proceso documental del laboratorio desde el momento en el que se recepcionan las muestras, hasta la elaboración de los informes de los resultados la misma.

Se desarrollo un trabajo de inducción en laboratorio además de acompañamiento constante a loslaboratoristas y en el trabajo documental. Durante este trabajo de acompañamiento se desarrollaron los siguientes ensayos

4.1.1. El mortero de mampostería moldeado en cilindros (ntc 3546)

tiene la siguiente resistencia a la compresión: El ensayo de resistencia a la compresión de cilindros permite el desarrollo de las características de resistencia del mortero. La resistencia medida refleja la resistencia general que podría alcanzar el mortero en la mampostería y depende del contenido de agua del mortero en el momento de la elaboración. Cbr de los suelos compactados en el laboratorio y sobre la muestra sin alteraciones

Marco teórico

La característica mecánica principal del concreto es su resistencia a la compresión simple. Debido a su importancia en las estructuras convencionales de concreto reforzado, esta propiedad Se expresa generalmente en términos de esfuerzo en kg/cm2 y ocasionalmente en lb/pulg2(psi). 1 psi

es igual a 0.07 kg/cm2, que es la equivalencia entre los dos.

A pesar de que actualmente se utiliza para expresarla en MPa según el sistema internacional de unidades. La evaluación de la resistencia del concreto se puede llevar a cabo a través de pruebas mecánicas que pueden ser dañinas, las cuales permiten probar repetidamente la muestra para estudiar la variación de la resistencia u otras propiedades con el paso del tiempo.

El ensayo de probetas cilíndricas, que se funden en moldes especiales de acero o hierro fundido de 150 mm de diámetro por 300 mm de altura, es el método más comúnmente utilizado para realizar pruebas de resistencia mecánica a la compresión simple. Las normas NTC 550 y 673, que hablan de la fabricación de cilindros y el ensayo de resistencia a la compresión, describen los procedimientos para este ensayo. La resistencia a la compresión del concreto se determina mediante el uso de una prensa que aplica carga sobre la superficie del cilindro. En la mayoría de los casos, esta superficie es dura y no lisa, lo que puede resultar en concentraciones de esfuerzo que disminuyen significativamente la resistencia real del concreto.

La resistencia puede reducirse a un tercio con una falta de planicie de 0.25 mm. La resistencia a la compresión generalmente se expresa en kilogramos por centímetro cuadrado, también conocida como fuerza por unidad de área. Los cilindros para pruebas de aceptación deben tener un tamaño de 15 por 30 centímetros, ya que las probetas más pequeñas suelen ser más fáciles de fabricar y manipular tanto en el campo como en el laboratorio.

4.1.2. Equivalente de arena de suelos y agregados finos inv. 3 133-13

El propósito de este ensayo es determinar las proporciones relativas de polvo y material de apariencia arcillosa o plástico fino en suelos o agregados finos de tamaño inferior a 4,75 mm bajo condiciones normalizadas. La mayoría de los suelos granulares y los agregados finos son mezclas de arena y partículas gruesas deseables, así como de polvo y finos arcillosos o plásticos indeseables.

Marco teórico

La subbase granular y la base cumplen una función estructural específica. El buen desempeño de

un pavimento en condiciones normales de servicio está directamente relacionado con su funcionamiento normal. Las características físicas, químicas y mecánicas del material granular determinan este desempeño, que requiere un control. El comportamiento mecánico del conjunto está esencialmente determinado por la fracción fina de los materiales granulares, especialmente la fracción arcillosa.

Es necesario distinguirla y agruparla utilizando técnicas cuantitativas para obtener una evaluación más precisa de su carácter cualitativo. Debido a que una cimentación adecuada de un camino requiere la menor cantidad de finos posibles, especialmente en el caso de las arcillas, que son materiales que en contacto con el agua causan un gran daño al pavimento, es necesario saber si la cantidad de finos que contienen los materiales que serán utilizados en la estructura del pavimento es adecuada. Por esta razón, se planteó una técnica fácil y rápida para obtener estos resultados, especialmente cuando se detectarán los bancos de materiales.

El equivalente de arena es una prueba de laboratorio que se realiza para determinar qué porcentaje de una muestra se puede considerar arena. La solución química se usa para separar las partículas finas o polvos de la arena.

Una arena con un equivalente superior al 90% se considera de alta calidad.

Este ensayo de campo rápido tiene como objetivo investigar la presencia de materiales finos o de apariencia arcillosa que sean dañinos para los suelos y los agregados pétreos, tanto para la subbase, la base granular o la carpeta asfáltica, como para las obras de concreto hidráulico.

4.1.3. Flexión de viguetas norma inv. e 414-13

Este ensayo utiliza una viga simple con carga en los tercios medios para medir la resistencia del concreto a la flexión. Los valores en libra-pulgada se presentan entre paréntesis como información, mientras que los valores en unidades SI son considerados normativos.

Los valores que se han establecido para cada sistema no son exactamente equivalentes, por lo que se debe utilizar cada uno independientemente del otro

Marco teórico

El ensayo de flexión, que se basa en la aplicación de una fuerza al centro de una barra soportada en cada extremo, se usa para determinar la resistencia de un material hacia una carga estática o aplicada lentamente. Se utiliza para determinar las propiedades de los materiales frágiles en tensión.

En muchos materiales frágiles no se puede efectuar con facilidad el ensayo de tensión debido a la presencia de defectos de superficie.

Resistencia a la flexión: Esfuerzo necesario para romper un espécimen en un ensayo de flexión, describe la resistencia del material:

Resistencia a la flexión=3FL/(2wh^2)

Módulo de elasticidad: Es una medida de la rigidez de un material; depende de la fuerza de los enlaces ínter-atómicos y de la composición, y no depende mucho de la microestructura, se calcula en la región elástica

Módulo de flexión=(L^3 F)/(4wh^2 δ)

Esfuerzo real-deformación real. Puesto que la sección transversal de la muestra cambia continuamente duran-te el ensayo de tracción, la tensión convencional así calculada no es precisa. Durante el ensayo de tracción y después de que aparezca la estricción de la muestra la tensión convencional disminuye mientras la deformación aumenta, formándose un máximo en la curva tensión-deformación convencional.

Se define esfuerzo y deformación reales mediante las ecuaciones siguientes:

Comparación entre la curva tensión-deformación real y la curva tensión-deformación convencional (nominal) de un acero de bajo carbono.

4.1.4. Análisis granulométrico de los agregados grueso y fino (inv. e 213-13)

La granulometría es el porcentaje de composición de los diferentes tamaños de agregado en una muestra. La proporción generalmente se representa mediante una cifra que representa en peso

el porcentaje parcial de cada tamaño que se pasó o quedó retenido en los diferentes tamices que se utilizan obligatoriamente para esta medición. Esta proporción se indica de mayor a menor tamaño. Un conjunto de tamices La granulometría y el tamaño máximo del agregado tienen un impacto en las proporciones relativas de los agregados en los diseños de mezclas, así como en los requisitos de agua y cemento para el hormigón. También tiene un impacto en la resistencia, la trabajabilidad, la capacidad de bombeo, la economía, la porosidad, la contracción y la durabilidad del hormigón.

4.2. Participación en los procesos con las muestras en el laboratorio:

Esta labor implico acompañamiento en las labores de recepción de las muestras, el correcto desarrollo de los ensayos, brindando apoyo en los procesos documentales.

4.3. El estudio de ensayos para ampliar el alcance del laboratorio:

Se hizo el estudio para las normas:

4.3.1. Determinación de la succión de un suelo usando papel de filtro inv. 159 13

La succión del suelo es una medida de la energía libre del agua de los poros de un suelo. En términos prácticos, la succión es una medida de la afinidad del suelo para retener agua y puede proporcionar información sobre parámetros del suelo que son influenciados por el agua contenida en él; por ejemplo, cambios de volumen, deformación, características de resistencia, etc.

La succión del suelo está relacionada con su contenido de agua a través de las curvas características de retención de agua. El contenido de agua del suelo se puede determinar con el método de la norma INV E–122.

Las medidas de succión del suelo se pueden usar con otros parámetros ambientales y del suelo, para evaluar los procesos hidrológicos y para evaluar el potencial de expansión o contracción, la resistencia al corte, los módulos, el estado de esfuerzos in-situ y la permeabilidad de los suelos parcialmente saturados.

El método del papel de filtro para evaluar la succión del suelo es simple y económico, dentro de un rango de 10 a 100 000 kPa (0.1 a 1000 bares).

Se estudió la norma minuciosamente y tras el estudio de este ensayo se determinó que noera necesario en el laboratorio

4.3.2. Espesor de la película de asfalto en mezclas bituminosas inv. e 741-13

Este método se emplea para estimar el espesor medio de película de ligante en una mezcla asfáltica.

Importancia: Los agregados pétreos requieren estar cubiertos por un espesor mínimo de ligante, para asegurar la cohesión, la durabilidad y la resistencia a la fatiga de la mezcla asfáltica luego de su colocación en el terreno.

El espesor de la película de ligante se determina dividiendo el volumen de asfalto efectivo en la mezcla por la superficie específica del agregado pétreo. La superficie específica se determina multiplicando el porcentaje de agregado que pasa por cada tamiz por un "factor de superficie específica". Los productos acumulados representan la superficie específica equivalente en términos de m 2 /kg. En los cálculos se deben emplear todos los tamices indicados, con sus respectivos factores de superficie específica. Los agregados pétreos requieren estar cubiertos por un espesor mínimo de ligante, para asegurar la cohesión, la durabilidad y la resistencia a la fatiga de la mezcla asfáltica luego de su colocación en el terreno.

En este ensayo se requerían datos de la muestra para los cuales se necesitaban llevar a cabo más ensayos.Teniendo esto en cuenta se desarrolló una guía con el paso a paso para obtener los datos necesarios para el mismo. Además de la guía también se desarrolló un formato de laboratorio. Al realizar el estudio de este ensayo se determinó que el laboratorio no lo puede hacer ya que se requieren datos de la muestra, que se consiguen por medio del siguiente procedimiento:

- Densidad relativa (Gb gravedad especifica). NORMA INV E (707)

- Db densidad del ligante. NORMA INV E (707)
- Determinación de la gravedad específica de las partículas sólidas de los suelos y de la llenante mineral, empleando un picnómetro con agua. NORMA INV E (128 13)
- calcular el Pb (NORMA INV 732-13)
- Para calcular Gsb (norma 799.13)
- Densidad bulk (peso unitario) y porcentaje de vacíos de los agregados NORMA INV 217-13
- Calcular la gravedad especifica máxima de la muestra NORMA INV E 735-13
- Calcular el Gse NORMA INV E 799
- Calcular el Pba norma INV E 799.4

4.4. Elaboración de formatos de laboratorio:

Con el fin de verificar la viabilidad del ensayo anterior se organizaron formatos de laboratorio los cuales se utilizan para llevar el debido registro y almacenamiento de datos de laboratorio ya que es esencial para el control de calidad, garantiza la precisión, fiabilidad y reproducibilidad de sus experimentos. Con la guía del laboratorista se logro desarrollar un formato adecuado para obtención de datos

4.5. Creación de protocolos para garantizar la correcta elaboración de ensayos.

La creación de protocolos en la empresa es importante porque optimiza la atmósfera laboral, fomenta el respeto entre los colaboradores y mejora la comunicación empresarial entre todas las áreas de una organización esto con el fin de garantizar los resultados de los ensayos

La empresa con el fin de garantizar que los ensayos se estén desarrollando correctamente y también de minorizar dudas de cómo desarrollarlos, llego a la conclusión de necesitar protocolos para cada uno de los respectivos ensayos en los cuales tiene alcance. Por lo tanto, en esta tercerasemana desarrolle los protocolos para los siguientes ensayos (cabe

resaltar que estos protocolos fueron pensados para personas que tienen un lenguaje técnico y tienen conocimiento básico sobre el tema pero que no tienen experiencia y todos están basados en su respectiva norma)

4.5.1. Protocolo flexión de viguetas norma inv. e 414-13

Esta norma de ensayo utiliza una viga simplemente soportada cargada en los tercios de luz libre para medir la resistencia a la flexión del concreto. Esta técnica de ensayo se utiliza para evaluar la resistencia a la flexión de especímenes preparados y curados según las normas INV E–402, INV E–418 y INV E–420. El "módulo de ruptura" se calcula e informa.

Si hay diferencias en el tamaño del espécimen, la preparación, la condición de humedad, el curado o las condiciones bajos en las que se ha moldeado o aserrado la viga al tamaño del ensayo, la resistencia determinada puede variar. Los resultados de este ensayo se pueden utilizar para determinar el cumplimiento de las especificaciones o como base para las operaciones de dosificación, mezcla y colocación de concreto. El ensayo se usa, también, en la evaluación de concretos para la construcción de losas estructurales y para el diseño y el control de la construcción de pavimentos rígidos.

4.5.2. Determinación de la resistencia de morteros de cemento hidráulico a la compresión, usando cubos de 50mm de lado (ntc 220-21)

Este método de ensayo permite evaluar la resistencia a la compresión de morteros como los hechos de cemento hidráulico. Los resultados se pueden utilizar para evaluar la conformidad con las especificaciones y procedimientos de ensayo. Estos resultados deben tomarse con especial cuidado al usarse para estimar las resistencias en el concreto.

El mortero utilizado está hecho de una parte de cemento y 2,75 partes de arena en masa. Los cementos Pórtland o los cementos Pórtland con incorporadores de aire se mezclan con una proporción específica de agua y cemento. La cantidad de agua de amasado para los demás cementos debe producir una fluidez de 110 ± 5 en 25 golpes con la mesa de flujo. Los cubos de prueba de 50 mm o 50,8 mm se apisonan en dos capas. Un día después de haber sido curados en los moldes, los cubos se desmoldan y se sumergen en agua con cal hasta el momento del ensayo.

4.5.3. Resistencia a la compresión del mortero de mampostería, moldeado en cilindros (ntc 3546)

El ensayo de resistencia a la compresión de cilindros permite el desarrollo de las características de resistencia del mortero. La resistencia medida refleja la resistencia general que podría alcanzar el mortero en la mampostería y depende del contenido de agua del mortero en el momento de la elaboración.

Este ensayo en general se aplica a muestras cilíndricas de mortero de 3”

Durante las evaluaciones previas y durante la construcción, el empleo de estos métodos de ensayo establece el comportamiento específico y completo de las características para el sistema de mortero. El uso de estos métodos de ensayo durante las evaluaciones previas y durante la construcción establece el comportamiento específico y completo de las características del sistema de mortero. El uso del cono de penetración para determinar la consistencia permite

calibrar las adiciones de agua para todos los morteros que se incluyen en la serie de ensayos previos a la construcción.

Sin embargo, los valores de penetración de la consistencia del mortero en el lugar de construcción pueden ser diferentes a los de los ensayos previos. Antes de la construcción, las adiciones de agua para morteros alternativos se normalizan mediante un ensayo con cono de penetración. El ensayo adicional de morteros similares, que tienen cierta consistencia debido al agua que contienen, permitirá relacionar estos dos factores con las variaciones en el sitio de construcción entre bachada y bachada.

4.5.4. Análisis granulométrico de los agregados grueso y fino (inv e 213-13)

El término granulometría, también conocido como análisis granulométrico de un agregado, se refiere a todo proceso manual o mecánico que divide las partículas constitutivas del agregado en diferentes tamaños para determinar las cantidades en peso de cada tamaño que contribuye al peso total del agregado.

Se utilizan mallas de aberturas diferentes para separar por tamaños, lo que proporciona el tamaño máximo de agregado en cada una de ellas. En la práctica, los pesos de cada tamaño se muestran como porcentajes retenidos en cada malla con respecto al total de la muestra. Se realizan cálculos parciales y acumulados de estos porcentajes retenidos para cada malla, ya que estos últimos se utilizan para crear la gráfica de valores de material (granulometría).

4.5.5. Determinación de la cantidad de material que pasa el tamiz de 75 µm (no. 200) en los agregados pétreos mediante lavado (inv e 214-13)

El ensayo de la norma INV E-214-13 consiste en la determinación de la cantidad de material que pasa el tamiz de 75 µm (No. 200) en un agregado. El propósito de este ensayo es eliminar las partículas solubles en agua de la superficie del agregado utilizando métodos de lavado. Todas las partículas que pasen por el tamiz No. 200 se separarán de la superficie del agregado. Existe una opción de dos métodos para separar estos materiales: uno utiliza solo agua para

lavar, mientras que el otro utiliza un agente humectante para separar el material más fino del material grueso. Este último método solo se debe utilizar si se indica, en caso contrario se utiliza el primer método predeterminado.

4.5.6. Equivalente de arena de suelos y agregados finos inv 3 133-13

Para que las partículas de arena pierdan la cobertura de material arcilloso o similar, se coloca un volumen normal de suelo o agregado fino junto con una pequeña cantidad de solución floculante en un cilindro de plástico graduado. Después, la muestra se "irriga" con una cantidad de solución floculante para obligar al material arcilloso o similar a quedar en suspensión sobre la arena. Después de un período de sedimentación, se miden las alturas del material arcilloso y fino floculado y de la arena en el cilindro. El equivalente de arena es la proporción entre la altura de la arcilla y la arena, expresada en porcentaje.

4.5.7. Relaciones humedad – peso unitario seco en los suelos (ensayo modificado de compactación)

Una muestra de suelo con la humedad deseada para el moldeo se coloca en cinco capas dentro de un molde. Cada capa recibe 25 o 56 golpes de un martillo de 44.48 N (10 lbf) que cae a una altura de 457.2 mm (18"), produciendo una energía de compactación de aproximadamente 2700 kN–m/m3 (56 000 lbf–pie/pie3). Se calcula el peso unitario seco.

Se calcula el peso unitario seco. Se realiza una repetición del proceso con una cantidad adecuada de humedades de moldeo para crear una curva que se relacione con los pesos unitarios secos correspondientes. El vértice de esta curva, conocida como curva de compactación, determina la humedad ideal y el peso unitario seco máximo para el ensayo de compactación típico. Los suelos y mezclas de suelo-agregado utilizados como relleno en obras de ingeniería se compactan a un nivel específico para lograr un comportamiento satisfactorio en términos de resistencia al corte, compresibilidad y permeabilidad. Por lo tanto, con frecuencia se compactan los suelos de fundación para mejorar sus propiedades de ingeniería.

Los ensayos de compactación en el laboratorio proporcionan la base para determinar el porcentaje de compactación y la humedad de moldeo necesarios para que el suelo tenga el comportamiento deseado.

Algunos ensayos durante el diseño de una obra de ingeniería requieren la preparación de muestras de prueba con una humedad específica y un peso unitario establecido. Para determinar primero la humedad ideal y el peso unitario seco máximo, es común usar un ensayo de compactación. La experiencia del profesional debe ser la base para elegir estas humedades y pesos unitarios; de lo contrario, es posible realizar una investigación dentro de ciertos rangos de valores para determinar el porcentaje de compactación adecuado.

4.5.8. Densidad y peso unitario del suelo en el terreno por el método del cono y arena inv e 161-13

Este ensayo se utiliza para determinar la densidad de los suelos compactados utilizados para construir terraplenes, subrasantes, capas inferiores de pavimentos y rellenos estructurales. Se utiliza con frecuencia como base para aceptar suelos compactados a una densidad determinada o a un porcentaje de la densidad máxima determinada por los métodos de ensayo de las normas INV E–141 o INV E–142.

Este ensayo puede utilizarse en el sitio para medir la densidad de depósitos naturales, agregados, mezclas de suelos y otros materiales similares.

El uso de este método de ensayo generalmente está limitado a suelos en condición no saturada. La prueba no debe realizarse en suelos blandos o friables (que se desmoronan fácilmente) o en un ambiente tan húmedo que el agua se escurra hacia el espacio excavado. La precisión de la prueba puede verse afectada por suelos que se deforman fácilmente o cambian de volumen debido a la vibración generada al perforar el hueco, o simplemente por estar de pie o caminar cerca del hueco durante el ensayo.

4.5.9. Presencia de impurezas orgánicas en arenas usadas para la preparación de morteros oconcretos

Este método de ensayo es importante porque puede advertir sobre la presencia de impurezas orgánicas nocivas en el agregado fino. Es recomendable realizar la prueba para determinar el impacto de las impurezas orgánicas en la resistencia del mortero cuando una muestra sometida a este ensayo produce un color más oscuro que el color de referencia (Norma ASTM C–87).

4.5.10. Densidad relativa (gravedad especifica) y absorción del agregado fino

La densidad, el peso específico y la absorción son características propias de cada material que son útiles para evaluar la aptitud física de los agregados. Para medir las características anteriores, es fundamental comprender que todos los agregados son porosos en cierta medida, lo que permite que el agua entre en los espacios porosos.

La densidad relativa, también conocida como densidad específica, es una medida que se utiliza con frecuencia para calcular el volumen ocupado por el agregado en mezclas de concreto Pórtland, concreto bituminoso y otras mezclas que se proporcionan o analizan en base a un volumen absoluto. El método de ensayo C 29/C 29M también lo usa para calcular los vacíos en los agregados. En el método de ensayo C 70, la densidad relativa (gravedad específica) (SSS) se utiliza para calcular la humedad superficial del agregado fino mediante el desplazamiento de agua. Si su absorción ha sido satisfactoria, también se usa en agregado húmedo. Por el contrario, cuando el agregado está seco o se supone que está seco, se utiliza la densidad o densidad relativa (gravedad específica) (SH) para calcular. La densidad aparente y la densidad relativa aparente, también conocidas como densidad específica aparente, son propiedad del material sólido de partículas constituyentes, a excepción del espacio de poros entre partículas que es accesible al agua.

En la tecnología de agregados de construcción, este valor no se utiliza con frecuencia. Los valores de absorción, en comparación con la condición seca, cuando se considera que el

agregado ha estado en contacto con agua por un período suficiente para satisfacer la absorción potencial, se utilizan para calcular el cambio en la masa de un agregado como resultado del agua absorbida en los espacios de poro en el interior de las partículas constituyentes. La prueba se basa en sumergir una muestra en agua por 24 a 4 horas para que los poros estén esencialmente llenos. Después de un tiempo, el material se extrae del agua, la superficie de las partículas se seca y se determina su masa. La muestra o una porción de ella se coloca en un recipiente graduado y se utiliza el método gravimétrico o volumétrico para determinar el volumen de la muestra. Finalmente, la muestra se seca al horno y se determina una vez más la masa. La densidad, la densidad relativa (gravedad específica) y la absorción se pueden calcular utilizando los valores de masa y volumen obtenidos. El proceso que se sigue en este ensayo no debe usarse con agregados de peso ligero porque sus poros no están necesariamente llenos de agua después de una inmersión de 24 horas.

4.5.11. Resistencia a la degradación de los agregados de tamaños menores de 37.5 mm (1½") pormedio de la máquina de los ángeles

4.5.12. Resistencia a la degradación de los agregados gruesos de tamaños mayores de 19 mm (¾")por abrasión e impacto en la máquina de los ángeles

Ambos ensayos tienen como objetivo medir la degradación de un agregado pétreo con una composición granulométrica definida como resultado de una combinación de acciones como la abrasión, el impacto y la molienda en un tambor de acero rotatorio que contiene un número determinado de esferas metálicas. La granulometría de la muestra de ensayo determina el número de esferas metálicas en el tambor. Un efecto de impacto y trituración ocurre cuando una pestaña de acero recoge la muestra y las esferas mientras gira el tambor y las arrastra hasta que caen en el extremo opuesto del tambor debido a la gravedad. La muestra y las esferas continúan moviéndose dentro del tambor hasta que la pestaña las eleva, y el ciclo se repite. Para calcular la degradación, como un porcentaje de pérdida, se extrae el contenido del tambor

después de un número de revoluciones determinado.

4.5.13. Determinación de terrones de arcilla y partículas deleznables en los agregados

Este ensayo es crucial para aprobar el uso de agregados para la fabricación de concreto hidráulico. El objetivo de este ensayo es encontrar o estimar la cantidad potencial de terrones de arcilla presentes en los agregados. La degradación fácil de estos terrones tiene un impacto en la calidad del concreto. Si hay una alta proporción de este material en el concreto, es posible que no se pueda utilizar el agregado debido a su resistencia. Solidez de los agregados frente a la acción de soluciones de sulfato de sodio o de magnesio El procedimiento proporcionado por este método de ensayo permite realizar una valoración preliminar de la solidez de los agregados destinados a la fabricación de concreto y otras aplicaciones. Los valores obtenidos se pueden comparar con los que se indican en las especificaciones para determinar la aptitud de un agregado para un uso específico. Debido a la baja precisión de este método de ensayo, no se puede rechazar los agregados que no cumplan con las especificaciones requeridas sin confirmar los resultados de otros ensayos más relacionados con el uso previsto del material. Los valores de pérdida que se obtienen al utilizar esta técnica varían generalmente entre los agregados finos y gruesos. Además, se llama la atención sobre el hecho de que los resultados que se obtienen varían según la sal utilizada y que hay que ser cuidadoso al establecer los límites de cualquier especificación que incluya un requisito relacionado con este ensayo. Normalmente, el ensayo es más severo cuando se usa sulfato de magnesio; por lo tanto, los porcentajes de pérdida permitidos cuando se usa sulfato de magnesio suelen ser mayores que cuando se usa sulfato de sodio.

4.5.14. Índices de aplanamiento y de alargamiento de los agregados para carreteras

El ensayo de aplanamiento del índice consta de dos operaciones. Primero, la muestra se divide en fracciones con tamices. Después, para cribas de cada una de las fracciones, se utilizan tamices de barras paralelas colocados a separaciones 3/5[(di + Di)/2]. Cuando las partículas

pasan el tamiz, se cree que son planas. Un calibrador con ranuras cuyas aberturas son del mismo tamaño que las separaciones de las barras de los tamices se puede utilizar.

El ensayo para alargar el índice tiene dos operaciones. Primero, la muestra se divide en fracciones con tamices. Luego se usa un calibrador de longitudes que tiene barras verticales separadas a distancias 9/5[(di + Di)/2] para analizar cada fracción. Se cree que todas las partículas retenidas por las barras tienen una longitud alargada. En la construcción de carreteras, la forma de las partículas de los agregados es crucial porque las partículas con forma defectuosa suelen causar problemas. Las mezclas de concreto hechas de partículas planas y alargadas suelen ser poco trabajables, lo que puede afectar su durabilidad a largo plazo. Esas partículas en las capas granulares y en las mezclas asfálticas tienen la tendencia a romperse y desintegrarse durante el proceso de compactación, lo que altera la granulometría del agregado y afecta negativamente su comportamiento.

4.5.15. Porcentaje de partículas fracturadas en un agregado grueso.

Algunas especificaciones especifican la cantidad de partículas fracturadas presentes en los agregados gruesos. Este requisito tiene como objetivo maximizar la resistencia al corte mediante el aumento de la fricción entre las partículas en mezclas de agregados, independientemente de si están ligadas o no. El objetivo adicional es proporcionar estabilidad a los agregados utilizados en tratamientos superficiales y aumentar la textura y la fricción de los agregados utilizados en la construcción de capas de rodadura. La aceptabilidad de los agregados gruesos con respecto a estos requisitos se puede determinar mediante un procedimiento normalizado proporcionado por esta técnica. Las especificaciones varían en cuanto al número de caras fracturadas requeridas en una partícula fracturada. También varían en cuanto al criterio por utilizar, si es el porcentaje por masa o el porcentaje por conteo de partículas. Si la especificación no lo define con claridad, se debe utilizar el criterio de al menos una cara fracturada y calcular el porcentaje por masa.

4.5.16. Densidad del cemento hidráulico

Para crear proporciones de la mezcla de concreto, es fundamental conocer la densidad más cercana posible y el valor real de los componentes antes de unirlos. Para encontrar este valor con mayor precisión, es necesario tener en cuenta equipos con gran precisión y el tiempo requerido, y estas técnicas se realizan repetidamente. Para asegurarse de que el cemento con el que trabajaremos cumpla con todas las especificaciones necesarias, es fundamental estar muy atentos a cada paso de fabricación.

4.5.17. Gravedad específica máxima de mezclas asfálticas.

Se coloca una muestra de mezcla asfáltica suelta en un frasco de vacío tarado después de que se haya seco al horno y pesado. Se agrega suficiente agua a 25° C (77° F) para sumergir la muestra. Se aplica vacío lentamente para reducir la presión residual en el frasco a 4.0 kPa (30.0 mm Hg) o menos y se mantiene durante 15.0 ± 2 min. El vacío se elimina gradualmente al final del período de aplicación. Sumergir el frasco vacío con la muestra en un baño de agua, pesar o llenar el frasco hasta el nivel de enrase con agua antes de pesar en el aire para determinar el volumen de la muestra de mezcla asfáltica. La masa y la temperatura se miden al mismo tiempo. La gravedad específica o la densidad se calcula a 25°C (77°F) a partir de estas medidas de masa y volumen.

Los valores máximos de gravedad específica y densidad de las mezclas asfálticas para pavimentación son propiedades importantes, cuyos valores están influenciados por la composición de la mezcla en términos de los tipos y dosificaciones de agregados y materiales asfálticos.

4.5.18. Peso unitario seco en los suelos (ensayo modificado de compactación)

Los suelos y mezclas de suelo-agregado utilizados como relleno en obras de ingeniería se compactan a un nivel específico para lograr un comportamiento satisfactorio en términos de resistencia al corte, compresibilidad y permeabilidad. Por lo tanto, con frecuencia se compactan los suelos de fundación para mejorar sus propiedades de ingeniería. Los ensayos de compactación en el laboratorio proporcionan la base para determinar el porcentaje de compactación y la humedad de moldeo necesarios para que el suelo tenga el comportamiento deseado.

Algunos ensayos durante el diseño de una obra de ingeniería requieren la preparación de muestras de prueba con una humedad específica y un peso unitario establecido. Para determinar primero la humedad ideal y el peso unitario seco máximo, es común usar un ensayo de compactación. Posteriormente, se realizan los ensayos para el diseño específico utilizando humedades superiores o inferiores a la óptima y pesos unitarios secos expresados como porcentaje del máximo.

4.5.19. Gravedad específica bulk y densidad de mezclas asfálticas compactadas no absorbentesempleando especímenes saturados y superficialmente secos

4.5.20. Análisis granulométrico de los agregados extraídos de mezclas asfálticas

En esta norma se explica cómo usar tamices con malla de abertura cuadrada para medir la granulometría de los agregados gruesos y finos que se obtienen de las mezclas asfálticas.

Los agregados extraídos de una mezcla asfáltica se gradan utilizando esta norma. Los resultados del ensayo permiten determinar la conformidad de la granulometría con la especificación relevante y proporcionan información útil para el control de la producción de los diferentes agregados utilizados en la fabricación de mezclas asfálticas.

4.5.21. Determinación del límite líquido de los suelos inv. 125.13

La muestra de suelo se procesa para eliminar cualquier parte retenida en el tamiz número 40. El

límite liquido se encuentra midiendo una porción de la muestra sobre una cazuela de bronce con un ranurador que la divide en dos partes. Esto permite que las dos partes fluyan como resultado de los golpes recibidos por la caída repetida de la cazuela sobre una base normalizada. El Método A, un límite líquido multipunto, requiere tres o más ensayos sobre un rango de contenidos de agua. Los resultados de estos ensayos se dibujan para establecer una relación que utiliza para determinar el límite líquido. El Método B, que es un método de un punto, solo usa datos de dos ensayos realizados con un solo contenido.

4.5.22. Determinación del límite plástico de los suelos inv. 126-13

La determinación del límite plástico ayuda a caracterizar la fracción fina del suelo en varios sistemas de clasificación. El límite plástico se utiliza, solo o en conjunto con el límite líquido y el índice de plasticidad, para establecer correlaciones sobre el comportamiento ingenieril del suelo, como la compresibilidad, la permeabilidad, la compactibilidad, los procesos de expansión y contracción y la resistencia al corte.

Los rollos de 3,2 mm (1/8") de diámetro se forman presionando repetidamente una pequeña porción de suelo húmedo hasta que el contenido de agua se reduce a un punto en el que los rollos se agrietan y/o se desmoronan. Esto se conoce como límite plástico. La humedad más baja con la que se pueden formar rollos de suelo de este diámetro sin que se agrieten o se desmoronen es el límite plástico.

Una vez culminada la elaboración se procedió a ponerlos en práctica en el laboratorio para corregirlos en caso de ser necesario.

---

3. revisar anexos

4. revisar anexos

5. revisar anexos

5. Limitaciones Confrontadas en la Practica

En el estudio de ensayos del laboratorio una de las limitaciones se dio por que las normas de los ensayos estaban en inglés o eran difíciles en su consecución por tanto se seria tiempo buscándolas y traduciéndolas.

Durante el proceso de los ensayos se deben tomar evidencias fotográficas para el informe que se le debe entregar al cliente, se presentó un inconveniente pues en unas de las fotos las muestras estaban al revés, las evidencias fotográficas se deben tomar con el sentido común de que el cliente pueda estar seguro y además de eso no tenga dudas del proceso que se hizo en el laboratorio.

En la práctica se evidencio discordancias en los informes de laboratorio de una muestra, creando dudas y resultados contradictorios, además de eso el laboratorio no tenia la documentación en de los pedidos de los ensayos al día lo cal retrasaba el proceso.

6. Aportes del Pasante a la Empresa

Durante el desarrollo de la pasantía, como parte del proyecto en el laboratorio, la información se complementa durante el procedimiento, por esto, es importante que la información sea clara, y actualizada respecto a los cambios que pueden llegar a tener las normas. Por lo anterior, evidencie la necesidad de utilizar protocolos acordes a los ensayos que se desarrollan en el laboratorio agilizando el proceso y minimizando errores. También a nivel administrativo la empresa tenia en proceso incluir en su portafolio de servicios, por tanto se vio la importancia de analizar los ensayos que tienen mas demanda en la zona,

Como aporte se realizó

- Protocolos para cada ensayo.
- Exploración de nuevos ensayos para la empresa.
- Apoyo en revisión de resultados de las muestras.
- Aporte estrategias para que la labor que ejecute sea de buena calidad y minimizar gastos de operatividad.

7. Institución Universitaria

Con respecto a la percepción que tengo de la institución y el personal que en ella labora considero que es idóneo y agradezco la disponibilidad del mismo para atender las inquietudes y fallas del profesional en estado de formación. Es conveniente tomar en cuenta que la calidad del alumno de la institución está en capacidad de aportar los conocimientos y experiencias para hacer de la mención un ente dinámico que se adapte a las exigencias de las empresas actuales, por ello es factible el hecho de tomar en cuenta los aportes de los estudiantes y egresados de la Universidad para aprovecharlos en procesos educativos posteriores

8. Conclusiones

Las diferentes actividades llevadas a cabo durante la pasantía, establecen una fuerte relación entre lo aprendido en la academia respecto al desarrollo de proyectos (tecnología del concreto. Mecánica de suelos, materiales de construcción, topografía, dibujo técnico) y diferentes capacidades prácticas que se deben a la experiencia adquirida en diferentes ensayos. (buen manejo de la información, capacidad de resolución de problemas y trabajo bajo presión,); de esta manera las actividades expuestas y la pasantía en general ofrecen la oportunidad de acercamiento y crecimiento profesional.

Realizando la inducción se logró un adecuado manejo de las máquinas y herramientas en el laboratorio. Como lo son los ensayos (Proctor modificado, CBR, granulometrías, limites plásticos y líquidos, compresión de viguetas, etc.) se evidencia la importancia de contar con las herramientas necesarias, para obtener correctamente los datos de las muestras y en base a esto poner clasificar correctamente la muestra.

Durante el proceso documental se evidencio la importancia de llevar un adecuado registro de los pedidos de los ensayos para de esta manera tenerlos a la mano y en caso de ser necesario, contrastarlo con nuevas muestras del mismo proyecto, por lo mismo se organizó todos los pedidos que estaban en papel y pasaron a registros virtuales. Con este proceso realizado se categorizo y organizo por resultado de los ensayos y pedido de este, de esta manera se agilizo el área documental.

se evidencio la necesidad de la empresa de ampliar su catálogo de servicios, por lo mismo es necesario un análisis con sus respectivos formatos de laboratorio de los ensayos, teniendo eso en cuenta, se analizaron dos ensayos de laboratorio los cuales eran (“espesor de la película de asfalto en mezclas bituminosas inv. e 741-13”, el cual se llegó a la conclusión que la realización de este ensayo no el viable para el laboratorio, y “Determinación de la succión de un suelo usando

papel de filtro inv. 159 13” el cual se llegó a la conclusión que no era necesario en el laboratorio)

Frente a la actualización de normas INV E, ASTM y NSR-10, se empezaron a tener errores la ejecución de los ensayos y se ralentizaron muchos de los procesos, por estas razones fue necesario la estandarización de la ejecución de los ensayos por medio de protocolos, los cuales se pusieron en práctica.

Firma: Docente Tutor

Hernando Atonio Villota Posso

Firma: Tutor Metodológico

Carlos Humberto Moreno Torres

9. Bibliografía.

1. INV E 212- 13 Sección agregados pétreos

   chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.da-lab.co/wp-content/uploads/2021/04/INV-212-13.pdf

2. INV E 230- 13 Sección agregados pétreos

   chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.da-lab.co/wp-content/uploads/2021/04/INV-230-13.pdf

3. INV E 227- 13 Sección agregados pétreos

   chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.da-lab.co/wp-content/uploads/2021/04/INV-227-13.pdf

4. INV E 735- 13 Sección materiales y mezclas asfálticas y prospección de pavimentos

   chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.da-lab.co/wp-content/uploads/2021/04/INV-735-13.pdf

5. INV E 142- 13 Sección suelos

   chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.da-lab.co/wp-content/uploads/2021/04/INV-142-13.pdf

6. INV E 733- 13 Sección materiales y mezclas asfálticas y prospección de pavimentos

   chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.da-lab.co/wp-content/uploads/2021/04/INV-733-13.pdf

7. INV E 782- 13 Sección materiales y mezclas asfálticas y prospección de pavimentos

   chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.da-lab.co/wp-content/uploads/2021/04/INV-782-13.pdf

8. INV E 126- 13 Sección suelos

   chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.da-lab.co/wp-content/uploads/2021/04/INV-126-13.pdf

9. PASANTÍA COMO AUXILIAR DE INGENIERÍA EN EL PROYECTO DEL PARQUE LINEAL ALAMEDA “MIRADOR DEL TEQUENDAMA” EN EL MUNICIPIO DE EL COLEGIO, CUNDINAMARCA ETAPA 3

   file:///C:/Users/HP/Downloads/CastellanosWilchesDanielFelipe2022.pdf

Anexos

CBR DE SUELOS COMPACTADOS EN EL LABORATORIO Y SOBRE MUESTRA INALTERADA

DESCRIPCION	REGISTRO FOTOGRAFICO
EQUIPO	
Prensa – Utilizada para forzar la penetración de un pistón dentro del espécimen de ensayo. Debe estar equipada con una cabeza o base móvil que se mueva a una velocidad uniforme de 1.27 mm/min (0.05"/min), con una tolerancia de ± 20 %	
La máquina debe estar equipada con un dispositivo indicador de carga que tenga una aproximación de lectura adecuada para la máxima carga prevista durante la penetración. La aproximación de lectura deberá ser de 44 N (10 lbf) o menos, si la prensa tiene una capacidad de carga de 44.5 kN (10 kip) o más; deberá ser de 22 N (5 lbf) si la capacidad de carga es de 22.3 kN (5 kip), y deberá ser de 8.9 N (2 lbf) para una capacidad de carga mínima de 11.2 kN (2.5 kip).	
El dispositivo medidor de la penetración (dial mecánico o transductor de desplazamiento electrónico) debe dar lecturas con una aproximación a los 0.025 mm (0.001") más cercanos y estar asociado a un accesorio de montaje, el cual debe establecer una conexión entre el medidor de penetración, el pistón de penetración y el borde del molde, para brindar medidas de penetración correctas.El ensamble del medidor a algún componente del marco de carga sometido a esfuerzo produce inexactitudes en las lecturas.	
Moldes – Cada molde deberá ser un cilindro de un metal rígido, de 152,4 mm ± 0.66 mm (6 ±0.026") de diámetro interior y de 177,8 ± 0.46 mm (7 ± 0.018") de altura, provisto de un collar suplementario de no menos de 50.8 mm (2.0") de altura y una placa de base de 9.53 mm (3/8") de espesor, con perforaciones. La base se deberá poder ajustar a cualquier extremo del molde. Las perforaciones de la base deberán ser por lo menos 28, uniformemente distribuidas dentro del círculo que va a ser ocupado por el molde, de 1.59 mm (1/16") de diámetro. Al ensamblar el molde con el disco espaciador en su interior, el molde deberá tener un volumen interno (sin considerar el collar de extensión), de 2124 ± 25 cm3 (0.075 ± 0.0009 pies3).	
Disco espaciador – De forma circular, metálico, de 150.8 ± 0.8 mm (5 15/16"± 1/32") de diámetro y de 61.4 ± 0.25 mm (2.416 ± 0.01") de espesor , para insertarlo dentro del molde cilíndrico como falso fondo durante la compactación	
Martillos de compactación – Como los descritos en las normas INV E–141 e INV E–142, excepto que si se usa un martillo mecánico, solo se permite el empleo del de cara circular	
Aparato medidor de expansión – Compuesto por los siguientes elementos y cuya masa total no puede exceder de 1.27 kg (2.8 lb).	
Una placa de metal perforada – Una para cada molde, de 149.23 + 1.6 mm (5 7/8 ± 1/16") de diámetro, con no menos de 42 perforaciones de 1,6 mm (1/16") de diámetro, distribuidas uniformemente sobre el área de la placa. Estará provista de un vástago en el centro, con un sistema de tornillo que permita regular su altura	

MÁXIMO CBR QUE SE PUEDE MEDIR	CAPACIDAD DE CARGA MÍNIMA	
	(kN)	(lbf)
20	11.2	2500
50	22.3	5000
> 50	44.5	10000

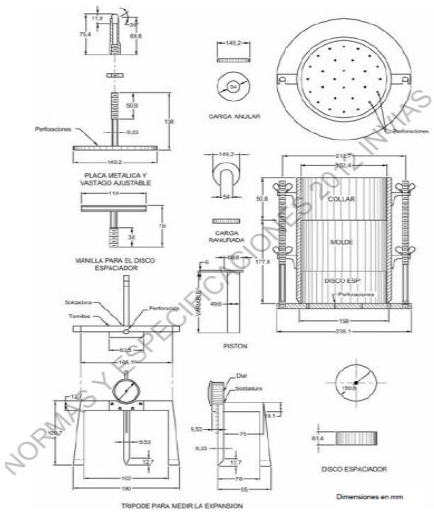


Figura 148 - 1. Elementos para determinar el CBR

NORMAS Y ESPECIFICACIONES 2012 - INVIAS

	Un trípode – Para medir la expansión durante la inmersión de las probetas en agua. Sus patas deben estar conformadas de manera que se puedan apoyar en el borde del molde; el aparato lleva montado y bien sujeto en el centro un dial (deformímetro), cuyo vástago debe coincidir con el de la placa, de forma que permita controlar la posición de ésta y medir la expansión, con aproximación de 0.025 mm (0.001"), en un rango mínimo de 5 mm (0.200")
Pistón de penetración – Cilíndrico, metálico, de 49.63 ± 0.13 mm de diámetro (1.954 ± 0.005"), área de 1935 mm² (3 pulg²) y con la longitud necesaria para realizar el ensayo de penetración con el número requerido de sobrecargas según el numeral 7.2.5, pero nunca menor de 101.6 mm (4").	
Tanque – Con capacidad suficiente para la inmersión total de los moldes en agua. Deberá tener una reja en su fondo, que permita el acceso del agua a través de las perforaciones de la placa de base del molde.	
Horno – Termostáticamente controlado, preferiblemente de tiro forzado, regulable a 110 ± 5°C (230 ± 9° F).	
Balanzas – Una de 20 kg de capacidad, y otra de 1000 g, con posibilidades de lectura de 1 g y 0.1 g, respectivamente.	
Tamices – De 4.75 mm (No. 4) y de 19.0 mm (3/4").	
Regla metálica – De acero endurecido, de borde recto, al menos de 250 mm (10") de largo. El borde de corte y enrasado deberá ser biselado, si tiene más de 3 mm (1/8") de espesor. La regla no deberá ser tan flexible que, cuando enrase el suelo con el borde cortante, proporcione una superficie cóncava en la superficie de la muestra	
Material misceláneo – Cuarteador, mezclador, cápsulas, probetas, espátulas, palas, cucharones, discos de papel de filtro aproximadamente del mismo diámetro interno del molde, etc	

PREPARACION DEL ESPECIMEN DE ENSAYO

Las muestras para compactación se deben preparar de acuerdo con el Método C, descrito en las normas INV E–141 o INV E–142, con la siguiente excepción:

Si todo el material pasa el tamiz de 19 mm (¾"), se deberá usar la gradación entera, sin modificación, para preparar las muestras para fabricar los especímenes para ensayo. Si hay partículas retenidas en
dicho tamiz, ellas se deberán remover y reemplazar por una cantidad igual, en masa, de material que pase el tamiz de 19 mm (¾") y quede retenido en el tamiz de 4.75 mm (No. 4) (Ver nota 1), obtenido de porciones de la muestra total que no se van a usar para el ensayo.

PROCEDIMIENTO

Para determinar la relación de soporte únicamente con el contenido óptimo de agua – Usando el material preparado como se indica en la Sección 6, se adelanta una prueba de control de compactación, con el número suficiente de especímenes para determinar la humedad óptima del suelo, empleando las normas INV E–141 o INV E–142, según se haya especificado. Se puede aprovechar la información de un ensayo de compactación realizado previamente, siempre y cuando se haya efectuado el reemplazo citado en el numeral 6.1.1, si la muestra de material contuviese partículas retenidas en el tamiz de 19.0 mm (¾")

Cuando se desee obtener el CBR al 100 % de compactación y a la humedad óptima, se compacta un espécimen usando el procedimiento de compactación especificado (INV E–141 o INV E–142), con una porción de suelo que contenga el contenido óptimo de agua ± 0.5 %, determinado de acuerdo con la norma INV E–122.		
Si se desea obtener el CBR con el contenido óptimo de humedad y a un determinado porcentaje del peso unitario seco máximo, se preparan tres especímenes con el contenido óptimo de agua ± 0.5 % y empleando el método de compactación especificado, pero aplicando un número diferente de golpes por capa a cada espécimen. Dicho número de golpes por capa deberá variar lo necesario para que los pesos unitarios secos resultantes presenten valores por encima y por debajo del valor deseado. Típicamente, si se desea obtener el CBR de un suelo al 95 % de compactación, resulta satisfactorio compactar especímenes con 56, 25 y 10 golpes por capa. La penetración se deberá realizar sobre todos ellos		
Relación de soporte para un rango de contenidos de agua – Se preparan especímenes de manera similar a la descrita en el primer paso, salvo que todos los especímenes usados para desarrollar la curva de compactación deberán ser penetrados. Además, se deberán desarrollar relaciones completas entre el contenido de agua y el peso unitario seco para 25 golpes y 10 golpes por capa y cada espécimen de prueba compactado deberá ser penetrado. Todas las compactaciones se deben realizar en moldes de CBR. En casos en los cuales el peso unitario especificado está en o cerca del 100 % del peso unitario seco máximo, puede ser necesario incluir un esfuerzo de compactación mayor de 56 golpes por capa		
1	Si el espécimen va a ser sometido a inmersión, se toma una muestra representativa del material para la determinación de humedad, de acuerdo con la norma INV E–122. Si el proceso de compactación se conduce bajo unas condiciones de temperatura razonablemente controladas (18 a 24° C) (65 a 75° F) y el suelo procesado se mantiene	
2	Si el espécimen no va a ser sometido a inmersión, se toma una muestra para el contenido de humedad, de acuerdo con las normas INV E–141 o INV E–142, si se desea el contenido promedio de humedad.	
3	Se ajusta el molde a la placa de base y se une el collar de extensión. A continuación, se inserta el disco espaciador dentro del molde y se coloca un papel filtro grueso sobre el disco. Se elaboran mezclas de suelo con agua y se compactan en moldes de CBR (se deben hacer tres compactaciones cada una de 5 capas con la diferencia de que en una son 25 golpes por capa, en la segunda 56 golpes por capa y en la tercera 10golpes por capa)	
4	se procede por cucharadas con la primera de mas o menos 5 cm y se compacta con los golpes correspondientes, y se repite el procedimiento hasta alcanzar las 5 capas	
5	Terminada la compactación, se quita el collar de extensión y se enrasa el espécimen con la regla metálica dispuesta para ello. Cualquier hueco superficial producido al eliminar partículas gruesas durante el enrase, se rellenará con material sobrante sin gruesos, comprimiéndolo con la espátula	
6	Se desmonta el molde de la placa de base y se determina la masa del molde con el espécimen compactado. Se vuelve a montar el molde sobre la placa de base, pero ahora en posición invertida, sin incluir el disco espaciador y colocando previamente un papel de filtro sobre la placa de base	
6	Sobre la superficie de la muestra invertida se coloca la placa perforada con vástago ajustable y, sobre ésta, las pesas de sobrecarga necesarias para producir una presión equivalente a la originada por todas las capas de pavimento que se hayan de construir sobre el suelo que se ensaya, con una aproximación de 2.27 kg (5.0 lb), correspondientes a una pesa. En ningún caso, la sobrecarga total será menor de 4.54 kg (10 lb)	

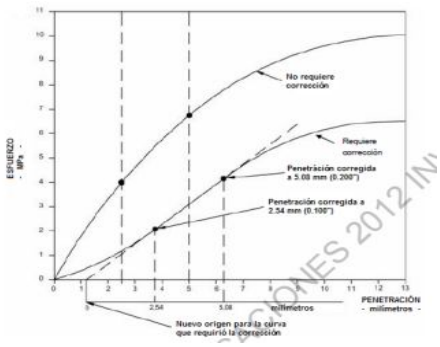
A falta de instrucciones concretas al respecto, se puede determinar el espesor de las capas que se han de construir por encima del suelo que se ensaya, bien por estimación, o por algún método aproximado. Cada 15 cm (6") de espesor de estructura del pavimento corresponde, aproximadamente, a 4.54 kg (10 lb) de sobrecarga.		
7	A continuación, se sumerge el molde en el tanque con las pesas de sobrecarga colocadas, dejando libre acceso al agua por la parte inferior y superior de la muestra. Se toma la primera lectura para medir la expansión, colocando el trípode de medida con sus patas sobre los bordes del molde, haciendo coincidir el vástago del deformímetro con el de la placa perforada	
8	Se anota su lectura [con aproximación a 0.0025 mm (0.0001")], así como el día y la hora de la lectura. Se mantiene la probeta en estas condiciones durante 96 horas (4 días) con el nivel de agua constante, aproximadamente 25 mm (1") por encima de la superficie del espécimen.	
Se admite un periodo de inmersión más corto, nunca menor de 24 horas, si se trata de suelos granulares que se saturen de agua rápidamente y si los ensayos muestran que esto no afecta los resultados. Para algunos suelos arcillosos puede ser necesario un período de inmersión superior a 4 días.		
9	Al final del período de inmersión, se vuelve a colocar el trípode exactamente en la misma posición que cuando se tomó la primera lectura y se lee el deformímetro para medir el hinchamiento y calcular posteriormente la expansión, como un porcentaje de la altura inicial del espécimen.	
10	Después del período de inmersión, se saca el molde del tanque y se vierte el agua retenida en la parte superior del mismo, sosteniendo firmemente la placa y las pesas de sobrecarga en su posición. Se deja escurrir el molde durante 15 minutos	
11	Se debe tener cuidado para no alterar la superficie de la muestra durante el lapso de remoción de agua. A continuación, se retiran las pesas de sobrecarga, la placa perforada y el papel de filtro. Inmediatamente, se pesa y se procede al ensayo de penetración según el proceso descrito en la Sección siguiente.	
12	Se colocan sobre el espécimen las mismas pesas de sobrecarga que tuvo durante el período de inmersión. Para evitar el empuje hacia arriba del suelo dentro del agujero de las pesas de sobrecarga, es conveniente colocar inicialmente una pesa anular sobre la muestra.	
15	Para ello, se lleva el molde a la prensa y se coloca la pesa anular y luego el pistón de penetración a través del orificio de la pesa. En seguida, se coloca el resto de las pesas alrededor del pistón.	
16	Se aplica una carga de 44 N (10 lbf) para que el pistón asiente. Se monta el dial medidor de manera que se pueda medir la penetración del pistón y, seguidamente, se sitúan en cero los diales medidores: el del anillo dinamométrico (u otro dispositivo para medir la carga) y el de control de la penetración.	

17	Se aplica la carga sobre el pistón de penetración mediante el gato o mecanismo correspondiente de la prensa, de manera de producir una velocidad de penetración uniforme, de 1.27 mm (0.05") por minuto
18	Las prensas manuales no preparadas para trabajar a esta velocidad de forma automática se controlarán mediante el deformímetro de penetración y un cronómetro. Se anotan las lecturas de la carga para las siguientes penetraciones del pistón dentro del suelo: 0.64 mm (0.025"), 1.27 mm (0.050"), 1.91 mm (0.075"), 2.54 mm (0.100"), 3.18 mm (0.125"), 3.81 mm (0.150"), 4.45 mm (0.175"), 5.08 mm (0.200"), 7.62 mm (0.300"), 10.16 mm (0.400") y 12.70 mm (0.500"). Si la carga máxima ocurre a una penetración menor de 12.70 mm (0.500"), se hará la anotación correspondiente.
19	Se desmonta el molde de la prensa y si el espécimen fue sometido previamente a inmersión, se toma una muestra para determinar su humedad, de los 25 mm (1") superiores, en la zona próxima a donde se hizo la penetración. Su masa deberá ser al menos de 100 g si el suelo ensayado es de grano fino y de 500 g si es granular

CALCULOS

Curva penetración–esfuerzo – Se calcula la presión aplicada por el pistón para cada penetración indicada en el numeral 18 (dividiendo la carga aplicada por el área del pistón de penetraion) y se dibuja una curva para obtener los esfuerzos de penetración a partir de los datos de prueba.

Ocasionalmente, la curva resulta cóncava hacia arriba en su parte inicial, debido a irregularidades en la superficie del espécimen o a otras causas y, en tal eventualidad, el punto cero de la curva se debe ajustar como se muestra . La corrección consiste en trazar una tangente a la curva en el punto de inflexión, cuya prolongación hasta el eje de abscisas definirá el nuevo origen de esa curva (penetración cero) para la determinación de las presiones correspondientes a 2.54 y 5.08 mm, como se indica más adelante. Se debe dibujar una curva por cada espécimen penetrado.



Relación de soporte (CBR) – Usando los esfuerzos corregidos, tomados de las curvas penetración - esfuerzo, para penetraciones de 2.54 y 5.08 mm (0.100 y 0.200"), se calculan las relaciones de soporte correspondientes, dividiendo dichos esfuerzos por los esfuerzos de referencia 6.9 MPa (1000 lb/pg^2) y 10.3 MPa (1500 lb/pg^2), respectivamente, y multiplicando por 100

También, se debe calcular la relación de soporte para el esfuerzo máximo, si éste se produjo a una penetración inferior a 5.08 mm (0.200"); en este último caso, el esfuerzo de referencia se deberá obtener por interpolación. La relación de soporte (CBR) reportada para el suelo es, normalmente, la de 2.54 mm (0.1") de penetración. Cuando la relación a 5.08 mm (0.2") de penetración es mayor, se repite el ensayo. Si el ensayo de comprobación da un resultado similar, se toma como resultado del ensayo la relación de soporte (CBR) para 5.08 mm (0.2") de penetración.

Msac: Masa seca del suelo al ser compactado en el molde, Mg o g;

Mmws: Masa húmeda del suelo compactado más la masa del molde, Mg o g;

Mm: Masa del molde, Mg o g;

wac: Contenido de agua de porciones representativas tomadas durante el proceso de compactación de cada espécimen;

Vm: Volumen del espécimen compactado en el molde, m3 o cm3

Densidad seca del espécimen antes

$$\rho_d = \frac{M_{sac}}{V_m}$$

donde Msac: Masa seca del suelo al ser compactado en el molde, Mg o g;

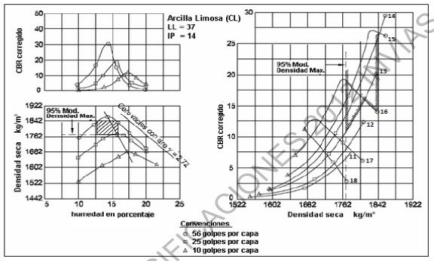
$$M_{sac} = \frac{M_{mws} - M_m}{(1 + w_{ac})}$$

En kN/m^3: En lbf/pie^3:

conversion a peso unitario seco

$$\gamma_d = 9.8066 \times \rho_d \qquad \gamma_d = 62.428 \times \rho_d$$

Expansión – La expansión de cada espécimen se calcula por la diferencia entre las lecturas del deformímetro del aparato medidor de expansión al inicio y al final de la inmersión Este valor se reporta en tanto por ciento, con respecto a la altura inicial de la muestra en el molde, que es de 116.43 mm (4.58").



DENSIDAD Y PESO UNITARIO DEL SUELO EN EL TERRENO POR EL MÉTODO DEL CONO Y ARENA INV E 161-13	
Preparación de equipo	
DESCRIPCION	REGISTRO FOTOGRAFICO
Frasco – U otro recipiente que se pueda utilizar para contener arena, con una capacidad de volumen superior al necesario para llenar el hueco de ensayo y el cono grande que se apoya en la placa de base durante el ensayo. Puede ser de, aproximadamente, 4 litros (1 galón	
Cono – Un dispositivo desmontable que consiste en una válvula cilíndrica con un orificio de 13 mm (½") de diámetro, unida por un lado a un embudo metálico y al frasco y, por el otro, a un embudo grande de metal, que es el cono propiamente dicho. La válvula tendrá topes para evitar su rotación cuando esté en posición de completamente abierta o de completamente cerrada. El dispositivo se construirá con metal suficientemente rígido para evitar la distorsión o el cambio de volumen del cono grande. Las paredes del cono grande formarán un ángulo de unos 60° con la base, para que se llene con arena en forma uniforme.	
Placa de base – Una placa de metal con un orificio central con una pestaña moldeada o maquinada, para recibir el embudo grande (cono). El plato de base puede ser redondo o cuadrado y será, como mínimo, 75 mm (3") más largo que el embudo grande (cono). La placa será plana en el fondo y tendrá suficiente espesor o rigidez para que sea firme. Se pueden usar placas con bordes levantados, lomos u otros refuerzos de, aproximadamente, 10 a 13 mm (3/8" a ½") de altura.	
Arena – La arena que se utilice deberá ser limpia, seca, tener densidad y gradación uniformes, no cementada, durable y que fluya libremente. Se puede usar una gradación que presente un coeficiente de uniformidad (D60 /D10) inferior a 2, un tamaño máximo de partículas menor a 2.0 mm (No. 10) y menos del 3 % en peso menor de 250 µm, (tamiz No. 60). Es necesario que la arena tenga una densidad y una gradación uniformes, para evitar la segregación durante el manejo, el almacenamiento y el uso.	
Se requiere arena sin finos y sin partículas finas de arena, para evitar cambios significativos de su densidad por las variaciones diarias normales de la humedad atmosférica. Es deseable el uso de arena formada por partículas durables, naturales y de forma redondeada	
Balanza – Una balanza de capacidad de 20 kg (44 lb) y sensibilidad mínima de 5 g (0.01 lb). Una balanza de estas características resulta adecuada cuando se utiliza el equipo indicado	

Equipo para el secado – Horno u otro equipo adecuado para secar muestras con el fin de determinar su contenido de humedad.		
Equipo misceláneo – Una pica pequeña, cinceles, destornillador o cucharas para excavar el hueco de ensayo, puntillas grandes o estacas para asegurar la placa de base, recipientes con tapa, bolsas de lona forradas con plástico u otros recipientes adecuados para contener las muestras para la determinación de la densidad y la humedad, así como para guardar la arena empleada en el ensayo; pequeña brocha de pintura, calculadora, cuaderno o formatos de ensayo, etc.		
PROCEDMIENTO		
	Se elige un sitio representativo del área a ser ensayada y se determina la densidad del suelo in- situ, de la siguiente manera:	
1	Se inspecciona el aparato para verificar que no tenga daños, que la válvula gire libremente y que el plato de base esté bien apoyado. Se llena el aparato con la arena acondicionada, previa determinación de su densidad (Anexo B) y de la constante del cono (Anexo A). Se determina la masa total.	
2	Se prepara la superficie del sitio de ensayo para que forme un plano nivelado. Se puede usar la placa de base como herramienta para nivelar la superficie.	
3	Se coloca la placa de base sobre la superficie plana, verificando que esté en contacto con la superficie del suelo alrededor del borde de la pestaña del orificio central de la placa. Se marca el contorno de la placa para controlar su movimiento durante el ensayo y, si fuera necesario, se asegura la placa con puntillas enterradas en el perímetro de la placa, o por otro medio, pero sin perturbar el suelo que se va a ensayar.	
4	Cuando no se pueda nivelar el suelo, o cuando queden vacíos en la uperficie, se debe hacer un ensayo preliminar para determinar el volumen limitado horizontalmente por el cono, la placa y la superficie del terreno. Se llena dicho espacio con arena del aparato, se determina La masa que se usa para llenarlo, se vuelve a llenar el aparato y se determina nuevamente la masa inicial del aparato más arena, antes de continuar con el ensayo. Cuando se complete esta medida, se retira cuidadosamente la arena de la superficie preparada	
5	El volumen del hueco de ensayo depende del tamaño máximo de las partículas del suelo que se ensaya y del espesor de la capa compactada. Los volúmenes de los huecos de ensayo deben ser tan grandes como sea práctico para reducir errores, y no deberán ser inferiores a los indicados - 1. La profundidad del hueco se debe seleccionar de manera que dé lugar a una muestra representativa del suelo.	

1	6	Se excava el hueco de ensayo a través del orificio central de la placa de base, teniendo cuidado para no alterar o deformar el suelo alrededor del hueco . Los lados del hueco deberán tener un leve declive hacia adentro y el fondo deberá ser razonablemente plano o cóncavo. El hueco debe quedar tan libre como sea posible de oquedades, partículas sobresalientes y cortes agudos, puesto que pueden afectar la exactitud del ensayo. Los suelos esencialmente granulares requieren un cuidado extremo, pudiendo ser necesario darle al hueco una forma cónica. Se coloca todo el material excavado y cualquier material que se haya aflojado al excavar, en un	
	7	Se limpia la pestaña del orificio de la placa de base, se invierte el aparato de cono y arena y se coloca el embudo grande (cono) en el orificio rebordeado, en la misma posición marcada durante la calibración (Ver Anexo A). Se eliminan o reducen al mínimo las vibraciones causadas por el personal o los equipos en el área de ensayo. Se abre la válvula y se deja que la arena llene el hueco, el cono y la placa de base. Es necesario tener cuidado para evitar que el aparato se mueva o vibre cuando la arena esta fluyendo. Cuando la arena deja de fluir, se cierra la válvula.	
	8	Se determina la masa del aparato con la arena restante, y se calcula la masa de la arena utilizada.	
	9	Se determina y se registra la masa del material húmedo que se retiró del hueco de ensayo. Cuando sea necesario hacer correcciones por sobretamaños del material, se determina la masa del material retenido en el tamiz apropiado y se anota. Se debe tener cuidado de evitar que se pierda humedad.	
	10	Se mezcla completamente el material y se obtiene una muestra representativa para determinar el contenido de humedad o se usa toda la muestra para ello.	
	11	Se determina el contenido de humedad, de acuerdo con las normas INV E–122, INV E–135 o INV E–150 (DETERMINACIÓN DE LA HUMEDAD DE SUELOS EMPLEANDO UN PROBADOR CON CARBURO DE CALCIO) . Es preferible el uso de la norma INV E–122.	
	12	Las muestras para contenido de humedad deben ser suficientemente grandes y seleccionadas, de manera que representen todo el material extraído del hueco de ensayo. La masa mínima de las muestras tomadas para la determinación del contenido de agua debe ser tal, que permita el cálculo de la humedad con aproximación a 1.0 %.	
		CALCULOS	

1	Se calcula el volumen del hueco de ensayo cm3 **(V)**, de la siguiente manera: M1: Masa de la arena que se utilizó para llenar el hueco, el cono y la placa de base, g: M2: Masa de la arena que se utilizó para llenar conjunto cono + placa de base (constante del cono), g: ρ1: Densidad de la arena, g/cm3	$V = \frac{M_1 - M_2}{\rho_1}$
2	**M4: Masa seca del material removido del hueco de ensayo, g**; M3: Masa húmeda del material removido del hueco de ensayo, g: w: Contenido de agua del material removido del hueco de ensayo, %	$M_4 = \frac{M_3}{(w + 100)} \times 100$
3	la densidad húmeda in-situ del material ensayado (ρm)	$\rho_m = \frac{M_3}{V}$
4	la densidad seca in-situ del material ensayado (ρd)	$\rho_d = \frac{M_4}{V}$
5	Se calcula el peso unitario seco en el sitio, γd	$\gamma_d\ (kN/m^3) = \rho_d \times 9.807$ $\gamma_d\ (lbf/pie^3) = \rho_d \times 62.43$

DETERMINACIÓN DE LA HUMEDAD DE SUELOS EMPLEANDO UN PROBADOR CON CARBURO DE CALCIO	
Preparación de equipo	
DESCRIPCION	REGISTRO FOTOGRAFICO
Un probador de presión de carburo de calcio – Con un manómetro adaptado en su tapa.	
Balanzas – Un juego de balanzas manuales taradas o una balanza electrónica portátil.	
Dos esferas de acero – Suministradas por el fabricante del probador	
Cuchara – Para medir el reactivo de carburo de calcio	
Tamiz – De 4.75 mm (No. 4).	
Elementos misceláneos – Brocha y trapo para limpieza, gafas para la protección del operario, etc	
Equipo requerido en la norma INV E-122 – Para realizar los ensayos de comparación y preparar las curvas de calibración.	

PROCEDMIENTO		
1	Se remueve la tapa del probador y se coloca dentro de la cámara la cantidad de carburo de calcio recomendada por el fabricante del aparato, junto con las dos esferas de acero del kit de ensayo	
2	La mayoría de los equipos construidos para ensayar muestras de 20 g, requieren aproximadamente 22 g del reactivo (usando la cuchara que viene con el kit, ésta deberá llenarse dos veces).	

3	Usando la balanza manual o electrónica que viene con el equipo, se pesa una muestra de suelo de la masa exacta especificada por el fabricante del instrumento, que no contenga partículas de más de 4.75 mm. La masa se debe determinar con aproximación a 0.1 g. La masa de la muestra de ensayo se deberá reducir a la mitad, cuando se considere que su humedad puede exceder los límites de medida del manómetro o cuando, realmente, se alcance o exceda dicho límite en un ensayo	
4	Se coloca la muestra de suelo en la tapa del probador y, entonces, con el aparato en una posición aproximadamente horizontal, se inserta la tapa en la cámara de presión y se sella la unidad, apretando la abrazadera y teniendo cuidado de que el carburo no se ponga en contacto con el suelo hasta cuando se haya logrado un sellado completo	
5	Se levanta el probador hasta una posición vertical, de tal manera que el suelo que estaba en la tapa caiga dentro del recipiente de presión. Se golpea con la mano un costado el probador, para asegurar que toda la muestra se desprendió de la tapa	
6	Se agita vigorosamente el aparato con un movimiento rotacional, para que las esferas de acero rueden por toda la circunferencia interna impactando y pulverizando el suelo y el reactivo. Este movimiento también previene que las esferas golpeen el orificio que conduce al manómetro	

7	. La agitación se deberá continuar por lo menos durante 60 segundos con arenas, y hasta por 180 segundos o más con arcilla. Se debe verificar de manera periódica el progreso de la aguja del manómetro. Se debe permitir que la aguja se estabilice a medida que el calor producido por la reacción química se va disipando	
8	Cuando la aguja se deje de mover, se lee el dial manteniendo el instrumento en una posición horizontal a la altura del ojo. Si la aguja supera el límite de medida del manómetro, se deberán repetir los pasos 1 a 6, usando una nueva muestra de suelo, cuya masa sea la mitad de la anterior. Cuando se usa media muestra, la lectura final del dial del manómetro se debe multiplicar por dos para obtener el dato con el cual se entra a la curva de calibración	
9	Se registra la lectura del dial y se usa la curva de calibración apropiada para determinar el contenido de agua corregido, como porcentaje de la masa seca, anotándose el valor correspondiente.	
10	Con la tapa del instrumento apuntando en dirección opuesta al operador, se elimina lentamente la presión del gas. Se vacía la cámara del probador y se examina el material en cuanto a terrones. Si la muestra no está completamente pulverizada, el ensayo se deberá repetir empleando una nueva muestra.	
11	Empleando la brocha y el trapo de limpieza, se limpian perfectamente la cámara y la tapa de todo carburo y suelo que tenga adheridos, antes de realizar otro ensayo. La ejecución repetida de ensayos puede causar recalentamientos en el aparato, los cuales afectan los resultados.	

12	El probador se debera encontrar aproximadamente a la misma temperatura que tenía durante el proceso de calibración (se verifica tocándolo por fuera). Esto puede requerir de un leve calentamiento del aparato cuando se vaya a emplear en un instante en que la temperatura ambiente sea muy baja	
Los especímenes de suelo sometidos a este ensayo no se pueden emplear en pruebas posteriores, debido a que se encuentran contaminados con el reactivo		

NORMA TÉCNICA NTC COLOMBIANA 673 ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ESPECIMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO

Preparación de equipo

DESCRIPCION	REGISTRO FOTOGRAFICO
Máquina de ensayo. La máquina de ensayo debe ser de un tipo que tenga suficiente capacidad y sea capaz de proveer las velocidades de carga	
dos bloques de apoyo de acero con caras endurecidas, uno de los cuales es un bloque de asiento esférico que se apoyará sobre la superficie superior del espécimen y el otro un bloque sólido sobre el cual se debe apoyar el espécimen. Las dimensiones mínimas de las caras de apoyo de los bloques deben tener como mínimo mas del 3 % del valor del diámetro del espécimen que será ensayado. Excepto por los círculos concéntricos descritos abajo, las caras de soporte no se deben desviar de cada plano más 0,02 mm [0,001 pulgada] en cualquier parte de los 150 mm [6 pulgadas] de bloques de 150 mm [6 pulgadas] de diámetro o mayores, o en más de 0,02 mm [0,001 pulgada] en el diámetro de cualquier bloque más pequeño. Los bloques nuevos se deben fabricar con la mitad de esta tolerancia.	

Diámetro de especímenes de ensayo, mm [pulgadas]	Diámetro máximo de la cara de apoyo, mm [pulgadas]
50 [2]	105 [4]
75 [3]	130 [5]
100 [4]	165 [6,5]
150 [6]	255 [10]
200 [8]	280 [11]

ESPECIMEN

Los especímenes no deben ser ensayados si cualquier diámetro individual de un cilindro difiere de cualquier otro diámetro del mismo cilindro en más del 2 %	
Previo al ensayo, ningún extremo de los especímenes de ensayo debe apartarse de la perpendicularidad a los ejes en más de 0,5°, aproximadamente equivalente a 1 mm en 100 mm [0,12 pulgadas en 12 pulgadas]. Los extremos de los especímenes de ensayo de compresión que no sean planos en más de 0,050 mm [0,002 pulgadas] deben ser aserrados o alineados para cumplir aquella tolerancia	
Sí el comprador de los servicios de ensayo pide una medición de la densidad de los especímenes de ensayo, determine la masa de los especímenes antes de encabezar. Quite cualquier humedad superficial con una toalla y mida la masa del espécimen usando una balanza o escala que sea precisa dentro del 0,3 % de la masa que está siendo medida. Mida la longitud del espécimen al 1 mm [0,05 pulgadas] más cercano en tres posiciones espaciadas regularmente alrededor de la circunferencia	
Calcule la longitud promedio y registre al 1 mm [0,05 pulgadas] más cercano. Alternativamente, determine la densidad del cilindro pesando el cilindro en el aire y después de sumergido en el agua a 23,0 °C ± 2,0 °C (73,5 °F ± 3,5 °F) y calcule el volumen	

PROCEDMIENTO

1	Los especímenes de ensayo deben ser mantenidos húmedos por cualquier método conveniente durante el período entre que se sacan del almacenamiento húmedo y el ensayo. Deben ser ensayados en la condición húmeda.	
2	Los ensayos de compresión de especímenes curados en aire húmedo deben ser hechos tan pronto como sea practicable después de sacarlos del almacenamiento húmedo	

3 Todos los especímenes de ensayo para una edad de ensayo dada deben romperse dentro de las tolerancias de tiempo admisibles, prescritas como sigue:

Edad de ensayo	Tolerancia admisible
24 h	± 0,5 h o 2,1 %
3 d	2 h o 2,8 %
7 d	6 h o 3,6 %
28 d	20 h o 3,0 %
90 d	2 d o 2,2 %

4 Ubique el bloque de apoyo plano (inferior), con su cara endurecida hacia arriba, sobre la mesa o platina de la máquina de ensayo directamente debajo del bloque de apoyo de asiento esférico (superior)

5 Limpie las caras de apoyo de los bloques de apoyo superior e inferior y del espécimen de ensayo y coloque el espécimen de ensayo sobre el bloque de apoyo inferior. Se deben alinear cuidadosamente los ejes del espécimen con el centro de empuje del bloque de asiento esférico.

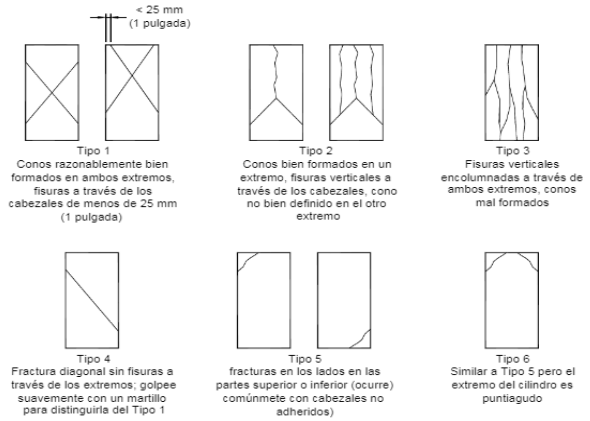
6 Verificación de cero y asentamiento del bloque. Previo al ensayo del espécimen, verifique que el indicador de carga esté colocado en cero

7 La carga debe ser aplicada a una velocidad de movimiento, medida desde la platina a la cruceta, correspondiente a una velocidad de esfuerzo sobre el espécimen de 0,25 MPa/s ± 0,05 MPa/s [35 psi/s ± 7 psi/s] La velocidad de movimiento designada debe ser mantenida al menos durante la última mitad de la fase de carga anticipada

8 Durante la aplicación de la primera mitad de la fase de carga anticipada, debe ser permitida una velocidad de carga mayor. La velocidad de carga mayor debe ser aplicada de manera controlada de modo tal que el espécimen no esté sometido a una carga de impacto.

9 **No haga ajustes en la velocidad de movimiento (desde la platina a la cruceta) cuando está siendo alcanzada la carga última y la velocidad de esfuerzo decrece debido a fisuración en el espécimen.**

10 Aplique la carga de compresión hasta que el indicador de carga muestre que la carga está decreciendo constantemente y el espécimen muestre un patrón de fractura bien definido



CALCULOS

Calcule la resistencia a la compresión del espécimen dividiendo la carga máxima soportada por el espécimen durante el ensayo por el promedio de la sección transversal y exprese el resultado a los 0,1 MPa [10 psi] más cercanos.

Si la relación de longitud a diámetro del espécimen es de 1,75 o menos, corrija el resultado obtenido en el numeral 8.1 multiplicando por el factor de corrección apropiado mostrado en la Tabla

L/D:	1,75	1,50	1,25	1,00
Factor:	0,98	0,96	0,93	0,87
NOTA Use interpolación para determinar los factores de corrección para los valores L/D intermedios entre los valores dados en la tabla.				

EQUIVALENTE DE ARENA DE SUELOS Y AGREGADOS FINOS INV 3 133-13	
Preparación de equipo	
DESCRIPCION	REGISTRO FOTOGRAFICO
Cilindro graduado de plástico transparente – Con diámetro interior de 31.75 ± 0.381 mm (1¼ ± 0.015") y altura de 430.0 mm (17") aproximadamente, graduado en espacios de 2.54 mm (0.1"), desde el fondo hasta una altura de 381 mm (15"). La base del cilindro debe ser de plástico transparente de 102 x 102 x 12.7 mm (4 x 4 x ½") bien asegurada al mismo	
Tubo irrigador – De acero inoxidable, de cobre o de bronce, de 6.35 mm (¼") de diámetro exterior, y 0.89 mm (0.035") de espesor, con longitud de 510 mm (20"), con uno de sus extremos cerrado formando una arista	
Tubo flexible – (de plástico o caucho) De 4.7 mm (3/16") de diámetro y de 1.20 m de largo, aproximadamente, con una pinza de presión que permita cortar el paso del líquido a través del mismo. Este tubo conecta el sifón con el tubo irrigador.	
Dos botellones – De 3.785 litros (1 galón) de capacidad. Uno está destinado al almacenamiento de la solución stock. El otro, para la solución de trabajo, debe tener un tapón con dos orificios, uno para el tubo del sifón y el otro para entrada de aire. El frasco se debe colocar a 915 ± 25 mm (36 ± 1") de altura sobre la mesa de trabajo.	
Dispositivo para tomar lecturas – Un conjunto formado por un disco de asentamiento (pie), una barra metálica, un indicador y una sobrecarga cilíndrica. Este dispositivo está destinado a la toma de lecturas del nivel de arena y tendrá una masa total de 1 kg. L	
Recipiente para medir el espécimen de ensayo – De 57 mm (2¼") de diámetro aproximado, con una capacidad de 85 ± 5 ml.	
Embudo – De boca ancha, de 100 mm (4") de diámetro en la base, para transferir las muestras al cilindro graduado	
Reloj o cronómetro.	
Un agitador, que puede ser: mecanico o manual	
Un horno secador – Controlado termostáticamente, capaz de mantener una temperatura de 110 ± 5 °C (230 ± 9°F).	
Papel de filtro – Whatman No. 2 V o equivalente.	
Elementos misceláneos – Bandeja circular, toalla, palustre.	
SOLUCIONES	
Solución stock – Los materiales enumerados a continuación se pueden usar para preparar la solución stock.	
1 Cloruro de calcio anhidro, 454 g (1.0 lb) de grado técnico	
2 Glicerina USP, 2050 g (1640 ml).	
3 Formaldehído (solución al 40 % por volumen), 47 g (45 ml)	
Se disuelven los 454 g de cloruro de calcio en 1.89 litros (½ galón) de agua destilada. Se deja enfriar y filtra con un papel plegado de filtración rápida. Se añaden los 2050 g de glicerina y los 47 g de formaldehido a la solución filtrada, se mezcla bien y se diluye a 3.78 litros (1 galón).	

PREPARACION DE LAS MUESTRAS			
La muestra se deberá mezclar completamente y reducir a un tamaño apropiado para el ensayo, utilizando el procedimiento que sea aplicable entre los descritos en la norma INV E–202.			
1	1	Se coloca la muestra original sobre una superficie dura, limpia y nivelada en donde no se presente pérdida del material ni adición accidental de otros materiales.	
	2	Se mezcla el material completamente, volteando la totalidad de la muestra tres veces. Con la última vuelta se forma una pila cónica depositando cada palada encima de la anterior.	
	3	Se aplana cuidadosamente la pila cónica para conseguir un espesor y un diámetro uniforme aplanando el vértice con la pala con el fin de que cada cuarto de la pila resultante contenga el material original del mismo. Este diámetro deberá ser aproximadamente de cuatro a ocho veces su espesor.	
	4	Se divide la muestra aplanada en cuatro cuartos iguales usando una pala de extremo plano o un palustre y se retiran dos cuartos diagonalmente opuestos incluyendo todo el material fino y se barren totalmente los resultantes espacios. La anterior operación se repite hasta que la muestra quede reducida al tamaño deseado	
2	Se obtienen, al menos, 1500 g de material que pase el tamiz de 4.75 mm (No.4), de la siguiente manera:		
	1	Se separa la muestra sobre el tamiz 4.75 mm (No. 4) por medio de un movimiento lateral y vertical del tamiz, acompañado de una acción de vibración, de manera de mantener la muestra en continuo movimiento sobre la superficie el tamiz. El tamizado se continúa hasta que no más de 1% en peso del residuo pase el tamiz durante 1 minuto	
	2	Se desmenuzan los terrones para que pasen el tamiz de 4.75 mm (No. 4). Para ello, se usa un mortero con una maja de caucho u otro medio que no cause rotura de partículas ni degradación del agregado	
	3	Se remueven los finos adheridos al agregado grueso, secando las partículas superficialmente y frotándolas luego entre las manos sobre una bandeja plana	
	4	Se juntan el material pasante del tamiz de 4.75 mm (No. 4)	
PROCEDMIENTO			
1	Se vierte solución de trabajo de cloruro de calcio en el cilindro graduado, con la ayuda del sifón, hasta una altura de 101.6 ± 2.54 mm (4 ± 0.1").		
2	Con ayuda del embudo, se vierte un espécimen de ensayo en el cilindro graduado		
3	Se golpea varias veces el fondo del cilindro con la palma de la mano para liberar las burbujas de aire y remojar la muestra completamente		
4	Se deja el cilindro en reposo durante 10 ± 1 minutos.		
5	Al finalizar los 10 minutos (periodo de humedecimiento), se tapa el cilindro con el tapón y se afloja el material del fondo invirtiendo parcialmente el cilindro y agitándolo simultáneamente.		

6	Se coloca el cilindro tapado en el agitador mecánico y se pone éste en funcionamiento durante 45 ± 1 s.	CAMBIAR A MANUAL
7	Inmediatamente después de la operación de agitación, se coloca el cilindro en posición vertical sobre la mesa de trabajo y se remueve el tapón.	
8	se debe mantener el cilindro en posición vertical y su base en contacto con la superficie de trabajo. Se inserta el tubo irrigador dentro del cilindro, se afloja la pinza de presión de la manguera y se lava el material de las paredes del cilindro a medida que se baja el irrigador, el cual debe llegar, a través de la mezcla de suelo y solución de trabajo hasta el fondo del cilindro, aplicando suavemente una acción punzante y de giro mientras fluye solución de trabajo por la boca del irrigador	
9	Se continúa aplicando la acción punzante y de giro mientras se lavan los finos, hasta que el cilindro esté lleno hasta la marca de 381 mm (15"); entonces, se levanta el tubo irrigador con suavidad sin que deje de fluir la solución, de tal forma que el nivel del líquido se mantenga cerca a dicha altura, mientras se extrae el tubo irrigador	
10	Se deja en reposo el cilindro con su contenido durante 20 min ± 15 s. El tiempo se comienza a medir inmediatamente después de retirar el tubo irrigador	
11	Al finalizar los 20 minutos del periodo de sedimentación, se lee y anota el nivel de la parte superior de la suspensión arcillosa. Este valor se denomina "lectura de arcilla". Si no se ha formado una línea clara de demarcación al finalizar el periodo especificado de 20 minutos, se permite que la muestra permanezca sin ser perturbada hasta que se pueda obtener una lectura de arcilla; entonces, se lee y se anota inmediatamente la altura de la suspensión arcillosa y el tiempo total de sedimentación. Si éste último excede de 30 minutos, se debe realizar de nuevo el ensayo, usando tres especímenes individuales del mismo material.	
12	Después de tomar la lectura de arcilla, se introduce dentro del cilindro el dispositivo para tomar lecturas, y se baja suavemente hasta que llegue sobre la arena. Se debe impedir que el dispositivo golpee la boca del cilindro, mientras se baja.	
13	Cuando el disco de asentamiento (pie) descanse sobre la arena, se inclina el dispositivo hacia las graduaciones del cilindro, hasta que el indicador del dispositivo toca la pared del cilindro. Se restan 254 mm (10") al nivel marcado por el borde superior del indicador y se registra este valor como la “lectura de arena”	
	Cuando el nivel de las lecturas de arcilla o arena esté entre líneas de graduación de 0.1" (2.5 mm), se anotará la lectura correspondiente a la graduación inmediatamente superior	
15	Después de tomar las lecturas, se saca del cilindro el dispositivo de lectura, se tapa aquel con su tapón de caucho y se sacude hacia arriba y hacia abajo en posición invertida hasta que el material sedimentado se deshaga, y se vacía inmediatamente. El cilindro se deberá enjuagar con agua, al menos dos veces.	
	CALCULOS	
16	El equivalente de arena (EA) se calculará con aproximación a la décima (0.1%)	$EA = \frac{\text{Lectura de arena}}{\text{Lectura de arcilla}} \times 100$

PROTOCOLO: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS AGREGADOS GRUESO Y FINO (INV E 213-13)		
Preparación de equipo		
DESCRIPCION		REGISTRO FOTOGRAFICO
Balanzas: La legibilidad y la exactitud de las balanzas empeladas para la determinación de la granulometría de los agregados grueso y fino, son las siguientes: Para el agregado fino, la aproximación de lectura y la exactitud deben ser 0.1 g o 0.1 %. Para el agregado grueso o las mezclas de agregados grueso y fino, la aproximación de lectura y la exactitud deben ser 0.5 g o 0.1 % de la carga de ensayo Tamices: Se debe disponer de la serie adecuada de tamices de ensayo para obtener la información deseada, de acuerdo con la especificación para el material que se ensaya		
Tamizadora mecánica: Una tamizadora mecánica que imparta un movimiento vertical, o lateral y vertical a los tamices, de manera que al producir rebotes y giros en las partículas del agregado, éstas presenten diferentes orientaciones con respecto a la superficie de tamizado Horno: De tamaño adecuado, capaz de mantener una temperatura uniforme de 110 ± 5° C (230 ± 9° F).		
Espécimen de ensayo		
Las muestras para el ensayo se deben obtener de acuerdo con la norma INV E– 201. El tamaño de la muestra debe ser el indicado en dicha norma o cuatro veces la cantidad requerida en la tabla de anexo.		
La muestra se deberá mezclar completamente y reducir a un tamaño apropiado para el ensayo, utilizando el procedimiento que sea aplicable entre los descritos en la norma INV E–202.		
1	Se coloca la muestra original sobre una superficie dura, limpia y nivelada en donde no se presente pérdida del material ni adición accidental de otros materiales.	
2	Se mezcla el material completamente, volteando la totalidad de la muestra tres veces. Con la última vuelta se forma una pila cónica depositando cada palada encima de la anterior.	
3	Se aplana cuidadosamente la pila cónica para conseguir un espesor y un diámetro uniforme aplanando el vértice con la pala con el fin de que cada cuarto de la pila resultante contenga el material original del mismo. Este diámetro deberá ser aproximadamente decuatro a ocho veces su espesor.	
4	Se divide la muestra aplanada en cuatro cuartos iguales usando una pala de extremo plano o un palustre y se retiran dos cuartos diagonalmente opuestos incluyendo todo el material fino y se barren totalmente los resultantes espacios. La anterior operación se repite hasta que la muestra quede reducida al tamaño deseado	
PROCEDMIENTO		
1	Se seca la muestra a una temperatura de 110 ± 5° C (230 ± 9° F), hasta obtener masa constante.	
2	Se selecciona un grupo de tamices de tamaños adecuados para suministrar la información requerida por la especificación del material que se va a ensayar	
3	ya seca la muestra se toma la muestra (según la norma son 300 g) se tara la balanza y se pesan los 300 g de la muestra	
Nota: El uso de tamices adicionales es aconsejable o necesario si se desea otro tipo de información, tal como el módulo de finura, o para regular la cantidad de material sobre un determinado tamiz		

4	Se encajan los tamices en orden decreciente por tamaño de abertura y se coloca la muestra sobre el tamiz superior	
5	Se agitan los tamices a mano o por medio de la tamizadora mecánica durante un período adecuado establecido por tanteos o verificado mediante medidas sobre la muestra real	
6	La cantidad de material sobre un tamiz dado se debe limitar de forma que todas las partículas tengan la oportunidad de alcanzar las aberturas del tamiz varias veces durante la operación de tamizado.	

Nota: La masa retenida en tamices con aberturas menores de 4.75 mm (No. 4), cuando se complete la operación de tamizado, no debe ser mayor de 7 kg/m² de superficie de tamizado se debe tener cuidado con la sobrecarga de un tamiz.

La sobrecarga de un tamiz se puede prevenir siguiendo alguno de estos procedimientos:

1	Insertando un tamiz adicional, de abertura intermedia entre la del tamiz sobrecargado y la del inmediatamente superior en el juego original de tamices.	
2	Dividiendo la muestra en dos o más porciones, las cuales se tamizan individualmente. Luego se combinan las masas de las fracciones retenidas en un mismo tamiz, para calcular el porcentaje de la muestra retenida en él.	
3	Empleando tamices con marco de mayor diámetro, los cuales tienen una mayor área de tamizado	

Siguiendo con el procedimiento

7	Se continúa el tamizado por un período suficiente, de tal forma que después de terminado no más del 1 % de la masa de material retenido en un tamiz pase por este tamiz, tras un (1) minuto de tamizado continuo a mano, realizado de la siguiente manera:	
	Se sostiene el tamiz en una posición ligeramente inclinada en una mano, con su tapa y un fondo ajustados sin holgura.	
	Se golpea bruscamente el lado del tamiz y, con un movimiento hacia arriba contra el talón de la palma de la otra mano, a razón de 150 veces por minuto, se va girando el tamiz aproximadamente 1/6 de vuelta en cada intervalo de 25 golpes.	
	En la determinación de la suficiencia del tamizado para tamaños de abertura mayores de 4.75 mm, se debe limitar el material sobre el tamiz a una sola capa de partículas. Si el tamaño del marco del tamiz que se está usando es muy grande y hace impracticable el movimiento de tamizado descrito, se deberán usar tamices con marco de 203.2 mm (8") de diámetro para comprobar la suficiencia del tamizado.	
8	Se determina la masa de la fracción retenida en cada tamiz, empleando una balanza que cumpla lo especificado	
9	La masa total del material después del tamizado debe ser muy cercana a la masa de la muestra original colocada sobre los tamices. Si las cantidades difieren en más de 0.3 % de la masa original de la muestra seca, los resultados no se podrán usar con fines de aceptación.	

CALCULOS

se calculan los siguientes porcentajes

1	El porcentaje que pasa
2	El porcentaje total retenido

3	el porcentaje de las fracciones de diferentes tamaños, redondeados a 0.1% con base en la masa total de la muestra inicial seca
4	Se calcula el módulo de finura, cuando así se prescriba, sumando los porcentajes totales de material en la muestra, retenidos en los tamices siguientes (porcentajes retenidos acumulados) y dividiendo la suma por 100: 150 µm (No. 100), 300 µm (No. 50), 600 µm (No. 30),1.18 µm (No. 16), 2.36 mm (No. 8), 4.75 mm (No. 4), 9.5 mm (3/8"), 19.0 mm (¾"), 37.5 mm (½"), y mayores que aumenten en relación 2 a 1.

PROTOCOLO: DETERMINACIÓN DE LA CANTIDAD DE MATERIAL QUE PASA EL TAMIZ DE 75 µm (No. 200) EN LOS AGREGADOS PÉTREOS MEDIANTE LAVADO (INV E 214-13)		
Preparación de equipo		
DESCRIPCION		REGISTRO FOTOGRAFICO
Balanza: Con aproximación de lectura y exactitud de 0.1 g o 0.1 % de la masa de ensayo, la que sea mayor, en cualquier punto dentro del rango de uso.		
Dos tamices: Uno de 75 µm (No. 200) y otro de 1.18 mm (No. 16).		
Recipiente: Una vasija o bandeja de tamaño suficiente para mantener la muestra cubierta con agua y que permita una agitación vigorosa sin pérdida de ninguna partícula o del agua		
Horno: De tamaño adecuado y capaz de mantener una temperatura constante y uniforme de 110 ± 5° C (230 ± 9° F)		
Agente humectante: Un agente dispersante tal como un detergente comercial, que facilite la separación del material fino		
Espécimen de ensayo		
Se toma la muestra de agregado de acuerdo con los procedimientos descritos en la norma INV E–201		
Se mezcla completamente la muestra y luego se reduce por cuarteo hasta un tamaño adecuado, de acuerdo con el tamaño máximo del material.		
1	Se coloca la muestra original sobre una superficie dura, limpia y nivelada en donde no se presente pérdida del material ni adición accidental de otros materiales.	
2	Se mezcla el material completamente, volteando la totalidad de la muestra tres veces. Con la última vuelta se forma una pila cónica depositando cada palada encima de la anterior.	
3	Se aplana cuidadosamente la pila cónica para conseguir un espesor y un diámetro uniforme aplanando el vértice con la pala con el fin de que cada cuarto de la pila resultante contenga el material original del mismo. Este diámetro deberá ser aproximadamente de cuatro a ocho veces su espesor.	
4	Se calcula la cantidad de material que pasa el tamiz de 75µm (No. 200), por lavado, de la siguiente forma:	
Si la muestra va a ser sometida a tamizado en seco, la masa mínima de muestra para ensayo será la indicada en las secciones aplicables de la norma INV E– 213. En caso contrario, la masa de la muestra, luego de secada, no será menor que la indicada en la tabla anexo		
SELECCIÓN DEL PROCEDIMIENTO		
Se utilizará el procedimiento A, a no ser que se especifique lo contrario en el documento con el que se contrastarán los resultados de los ensayos, o cuando así lo solicite el Instituto Nacional de Vías		
PROCEDMIENTO A: LAVADO CON AGUA NATURAL		
Si la especificación que se está aplicando requiere que la cantidad pasante del tamiz de 75 µm (No. 200) sea determinada sobre una porción de la muestra que pasa un tamiz con abertura menor que el tamaño máximo nominal del agregado		
1	Se seca la muestra de ensayo hasta masa constante, a una temperatura de 110 ± 5° C (230 ± 9° F) y se determina dicha masa, redondeada a 0.1 %	

2	Se coloca una vasija seca y limpia en la balanza, se tara, se pone la muestra seca y se anota la masa **(B)**	
3	se separa la muestra sobre el tamiz designado y se determina la masa que pasa dicho tamiz con aproximación al 0.1 % de la masa de esta porción de la muestra original.	
4	la muestra de ensayo se coloca en el recipiente (vasija o bandeja) donde se agrega una cantidad de agua suficiente para cubrirla.	
5	Se agita vigorosamente el contenido del recipiente para separar las partículas finas de las gruesas y dejar el material fino en suspensión	
6	Se agitan los tamices a mano o por medio de la tamizadora mecánica durante un período adecuado establecido por tanteos o verificado mediante medidas sobre la muestra real	
7	De inmediato, se vierte el agua de lavado con las partículas suspendidas y disueltas sobre el juego de tamices armado, con el de mayor abertura encima	
8	Se añade una segunda carga de agua a la muestra en el recipiente, se agita y se decanta como se describió en el numeral anterior. La operación se debe repetir hasta que el agua de lavado sea clara.	
9	Todo el material retenido en los dos tamices se une a la muestra lavada que está en el recipiente	
10	El agregado lavado se seca hasta obtener una masa constante, a una temperatura de 110 ± 5° C (230° ± 9° F), y se determina la masa. gr con una aproximación de 0.1 % de la masa de la muestra original **(C)**	
PROCEDIMIENTO B: LAVADO CON AGUA Y AGENTE HUMECTANTE		
1	Se seca la muestra de ensayo hasta masa constante, a una temperatura de 110 ± 5° C (230 ± 9° F) y se determina dicha masa, redondeada a 0.1 %	
2	Se coloca una vasija seca y limpia en la balanza, se tara, se pone la muestra seca y se anota la masa en gr **(B)**	
3	se separa la muestra sobre el tamiz designado y se determina la masa que pasa dicho tamiz con aproximación al 0.1 % de la masa de esta porción de la muestra original.	
4	se coloca la muestra en el recipiente y se añade bastante agua para cubrirla y se incorpora al agua el agente humectante	
5	Se agita la muestra con vigor para conseguir la separación completa de todas las partículas más finas que 75 µm (No. 200) de las más gruesas y dejar el material fino en suspensión.	
6	Inmediatamente, se vierte el agua de lavado con los sólidos disueltos y en suspensión sobre los tamices acoplados, con el de mayor abertura encima. (Se deberá tener el cuidado necesario para evitar la transferencia de las partículas gruesas de la muestra.)	

7	Se añade una segunda carga de agua (ahora sin agente humectante) a la muestra contenida en el recipiente, se agita y se decanta nuevamente. Se repite esta operación hasta que el agua de lavado sea clara.	
8	Todo el material retenido en los dos tamices se une a la muestra lavada que está en el recipiente	
9	El agregado lavado se seca hasta obtener una masa constante, a una temperatura de 110 ± 5° C (230° ± 9° F), y se determina la masa.gr con una aproximación de 0.1 % de la masa de la muestra original **(C)**	
CALCULOS		
1	Se calcula el porcentaje del material fino que pasa el tamiz de 75 µm (No. 200), obtenido por lavado **(A):**	$A = \frac{B - C}{B} \times 100$

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL MORTERO DE MAMPOSTERÍA, MOLDEADO EN CILINDROS (NTC 3546)		
Preparación de equipo		
DESCRIPCION		REGISTRO FOTOGRAFICO
La máquina de ensayo deberá cumplir con los requisitos del método de ensayo de la norma ASTM C 39 (NTC 673).		
ESPECIMENES DE ENSAYO		
En obra se arman los especímenes según la norma y a la edad de 24 h ± 4 h, se transportan los especímenes al laboratorio, y se almacenan en un cuarto húmedo durante las siguientes 20 h o 24 h, antes de sacar los especímenes de los moldes.		
Se almacenan los especímenes en un cuarto húmedo hasta que estén listos para ser ensayados de acuerdo con la norma ASTM C 511 (NTC 3512)		
PROCEDMIENTO		
1	Se sacan los especímenes del cuarto húmedo 2 horas antes del ensayo	
2	se refrentan los cilindros con una argamasa de yeso de alta resistencia o con un mortero de azufre	
3	Se emparejan las bases de los cilindros que presentan irregularidades tales como convexidad, concavidad, antes de proceder a cubrirlos. (Se liman tanto las pequeñas irregularidades como las grandes)	
4	Se retiran los revestimientos o los depósitos de materiales que contengan aceite o cera que puedan alterar la capa superior formando adherencias en los extremos del espécimen.	
Nota: El extremo del espécimen se debe volver áspero por medio de una lima de acero o de un cepillo metálico, según sea necesario, para facilitar una adhesión adecuada del refrentado		
6	Se refrentan con capas lo más finas posible, generalmente alrededor de 3,2 mm (1/8 de pulgada) de espesor y en ningún caso mayores de 7,9 mm (5/16 de pulgada). Se cubren las láminas con una capa fina de aceite mineral para evitar que el revestimiento se adhiera a la superficie de la placa	
Nota: Para el revestimiento se emplea argamasa de yeso de alta resistencia mezclada con agua, entre 26 % y 30 % según el peso. Se deja curar la capa por lo menos 1 h antes del ensayo de compresión. Se prepara el mortero de azufre calentándolo a una temperatura de 130 °C (265 °F), determinando periódicamente por medio de un termómetro metálico insertado cerca del centro de la masa. Se vacía el recipiente y se vuelve a cargar con material fresco a intervalos frecuentes, con el fin de garantizar que el material más viejo que se encuentra en el recipiente no haya sido usado más de cinco veces		
7	Los especímenes de ensayo se mantienen húmedos durante el período transcurrido entre la salida del cuarto húmedo y el ensayo, usando una tela mojada o una cobija para cubrirlos.	

8	Se determina el diámetro del espécimen con una aproximación de 0,25 mm (0,01 pulgada) sacando el promedio de los dos diámetros medidos en ángulos perpendiculares cerca de la altura media del espécimen. Este diámetro se una para calcular el área de la sección transversal. **(A)**	
9	Se mide la longitud del espécimen incluyendo las capas, con una aproximación a 2,5 mm (0,1 pulgada).	
10	Se coloca el bloque de soporte (inferior) con la parte endurecida hacia arriba, sobre la mesa o plancha de la máquina de ensayos directamente por debajo del bloque de soporte esférico (superior) Se limpian las partes superior e inferior de los bloques de soporte y se coloca el espécimen en el bloque soporte inferior.	
11	Se alinean cuidadosamente los ejes del espécimen con el centro de tracción del bloque esféricamente ajustado. Puesto que el bloque se coloca sobre el espécimen, se efectúa un movimiento de rotación suave de la parte móvil con la mano; de tal manera que se obtenga un nivel uniforme.	
12	Se aplica la carga continuamente y sin producir impacto. En máquinas que se operan hidráulicamente, se aplica la carga a una velocidad constante de 0,14 MPa a 0,34 MPa por segundo (20 psi a 50 psi) /s. Durante la aplicación de la primera mitad de la carga anticipada se permite una velocidad de carga más elevada. No se debe hacer ningún ajuste en los controles de la máquina de ensayos mientras que un espécimen está cediendo rápidamente antes de fallar.	
13	Se vuelve a aplicar la carga hasta que el espécimen falle, y se registra la carga máxima soportada por el espécimen durante el ensayo en N **(P).** Se anota el tipo de falla lo mismo que la apariencia del mortero	
14	Se calcula la resistencia de compresión del espécimen:	$Fm = \frac{P}{A}$

DETERMINACION DE LA RESISTENCIA DE MORTEROS DE CEMENTO HIDRAULICO A LA COMPRESION, USANDO CUBOS DE 50MM DE LADO (NTC 220-21)		
Preparación de equipo		
DESCRIPCION		REGISTRO FOTOGRAFICO
Máquina de ensayo: Puede ser hidráulica o mecánica. La distancia entre sus caras superior e inferior debe ser lo suficiente para que permita la utilización de los aparatos de verificación. La carga aplicada al cubo se debe medir con una exactitud de ± 1,0 %. Si la carga de la máquina de ensayo se registra en forma digital, la pantalla debe ser lo suficientemente grande para facilitar su lectura. El incremento numérico debe ser menor o igual a 0,10 % del mayor valor de la carga en la escala dada. La exactitud de la carga indicada debe ser menor o igual al 1,0 % para cualquier valor de la pantalla dentro del rango de carga verificado. El bloque superior de apoyo debe estar firmemente asegurado a la cabeza superior de la máquina por el sistema de rótula, de forma que quede libre para inclinarse en cualquier dirección. El centro de la cabeza superior de la máquina debe estar sobre la perpendicular levantada en el centro de la superficie del bloque en contacto con el cubo.		
MATERIALES		
Cubos de ensayo: Se deben preparar dos o tres cubos de una fachada de mortero para cada período o edad de ensayo especificado		
PROCEDMIENTO: Determinación de la resistencia a la compresión (F m)		
Cubos que van a ser ensayados a las 24 horas		
1	sacan de la cámara húmeda se desmoldan y pasan inmediatamente a la máquina de ensayos; si se sacan varios al mismo tiempo, deben cubrirse con un paño húmedo hasta el momento de iniciar el ensayo. En el caso de los otros cubos que se van a fallar a otras edades también se desmoldan y se sumergen completamente en agua a una temperatura de 23 ºC ±2 ºC hasta el momento del ensayo.	
2	se secan la superficie de los cubos y los granos de arena sueltos o las incrustaciones sobre las caras que van a estar en contacto con los bloques de apoyo de la máquina de ensayo deben retirarse; debe comprobarse, por medio de una regla, que estas caras sean perfectamente planas. En caso de que tengan una curvatura apreciable deben pulirse hasta obtener superficies planas; si esto no es posible, se debe desechar el cubo. Se debe realizar una verificación periódica del área de la sección transversal de los cubos.	
3	se saca un promedio de la longitud de los lados del cubo y se calcula el área en mm^2 (A)	

4	Se coloca cuidadosamente el cubo, teniendo en cuenta que las superficies sobre las que sea a ejercer presión sean las que estuvieron en contacto con las paredes del molde. Se centra debajo del bloque superior de la máquina de ensayo y se comprueba que el bloque pueda inclinarse libremente en cualquier dirección. No deben utilizarse materiales amortiguadores entre el cubo y los bloques.	
Nota: Cuando se espera que el cubo resista una carga máxima mayor de 15 kn, se aplica a este una carga inicial igual a la mitad del valor esperado, a una velocidad conveniente; si se espera que la carga sea menor de 15 kN, no se debe aplicar carga inicial al cubo. La velocidad de aplicación dela carga se calcula de forma que la faltante para romper los cubos con una resistencia esperada mayor de 15 kN y la carga total en los otros se aplique sin interrupción en un tiempo comprendido entre 20 s y 80 s.		
5	se falla el espécimen y cuando el cubo esté cediendo antes de la rotura, no debe hacerse ningún ajuste a los controles de la máquina, se detiene hasta que el cubo haya cedido completamente, se anota la máxima carga total que registra la maquina en N (P)	
6	calcula la resistencia a la comprensión mediante la siguiente expresión:	$Fm = \frac{P}{A}$

PRESENCIA DE IMPUREZAS ORGÁNICAS EN ARENAS USADAS PARA LA PREPARACIÓN DE MORTEROS O CONCRETOS	
Preparación de equipo	
DESCRIPCION	REGISTRO FOTOGRAFICO
Botellas de vidrio incoloro – Graduadas en milímetros u onzas, con una capacidad nominal aproximada 240 a 470 ml (8 a 16 onzas), equipadas con tapas o tapones herméticos, insolubles en los reactivos especificados. En ningún caso, el espesor del vidrio de las botellas, medido a lo largo de la línea visual usada para la comparación del color, podrá ser mayor que 63.5 mm (2 ½") o menor que 38.1 mm (1 ½").	
Nivel para la solución de color de referencia – 75 ml (2.5 onzas)	
Nivel para el agregado fino – 130 ml (4.5 onzas).	
Nivel para la solución de hidróxido de sodio – 200 ml (7 onzas).	
Vidrios de colores de referencia	
REACTIVOS	
Equipo misceláneo – Una pica pequeña, cinceles, destornillador o cucharas para excavar el hueco de ensayo, puntillas grandes o estacas para asegurar la placa de base, recipientes con tapa, bolsas de lona forradas con plástico u otros recipientes adecuados para contener las muestras para la determinación de la densidad y la humedad, así como para guardar la arena empleada en el ensayo; pequeña brocha de pintura, calculadora, cuaderno o formatos de ensayo, etc.	
Solución de hidróxido de sodio (3 %) – Se disuelven 3 partes de hidróxido de sodio (NaOH) en masa, en 97 partes de agua destilada	
Solución de color de referencia – Se disuelve bicromato de potasio (K2Cr207) de grado reactivo en ácido sulfúrico concentrado (gravedad específica = 1.84), en una relación de 0.250 g de bicromato de potasio por cada 100 ml de ácido, empleando calor, si fuere necesario, para efectuar la solución.	
MUESTREO	
En general, la muestra se deberá escoger de acuerdo con la norma INV E–201. De la muestra enviada para el ensayo, secada únicamente al aire, se toman unos 450 g (1 lb), por el método de cuarteo manual o mecánico, según la norma INV E–202.	
PROCEDMIENTO	
1 Se coloca arena en la botella hasta completar un volumen aproximado de 130 ml (nivel para el agregado fino)	

2	se prepara la solucion de hidroxio de sodio anteriormente descrita	
2	Se añade la solución de hidróxido de sodio, hasta que el volumen total de Arena y líquido, después de agitado, sea aproximadamente igual a 200 ml	
3	Se tapa la botella, se agita vigorosamente y se deja reposar por 24 horas	
DETERMINACIÓN DEL COLOR DE REFERENCIA		
1	Método de la solución de color de referencia – Al final del período de 24 horas de reposo, se llena otra botella de vidrio con la solución de color de referencia, la cual debe haber sido preparada dentro de las dos horas previas a la comparación, hasta completar un volumen aproximado de 75 ml (2.5 onzas) y se compara su color con el del líquido que sobrenada en la solución que contiene la arena. La comparación de colores se hace poniendo juntas la botella que contiene la muestra y la que contiene la solución de color de referencia, y mirando a través de ellas contra un fondo claro	
2	Método de los vidrios de colores de referencia – Para definir con mayor precisión el color del líquido que sobrenada sobre la muestra de ensayo, se deben utilizar cinco vidrios de color,	
INTERPRETACION DE RESULTADOS		

1	Se considera que, posiblemente, la arena contiene componentes orgánicos perjudiciales, cuando el color del líquido que sobrenada por encima de la muestra de ensayo es más oscuro que el color de referencia o que la placa orgánica No. 3	

DENSIDAD RELATIVA(GRAVEDAD ESPECIFICA) Y ABSORCION DEL AGREGADO FINO	
Preparación de equipo	
DESCRIPCION	REGISTRO FOTOGRAFICO
Balanza – Con capacidad mínima de 1 kg, sensibilidad de 0.1 g o menor, y una exactitud de 0.1 % de la masa de la muestra en cualquier punto del rango de pesada empleado en el ensayo. Para un rango de carga de 100 g, una diferencia de lecturas deberá ser exacta dentro de 0.1 g.	
Picnómetro (para uso con el procedimiento gravimétrico) – Un matraz u otro recipiente aforado, en el que se pueda introducir fácilmente la muestra de agregado fino y donde se puedan apreciar volúmenes con una exactitud de ± 0.1 cm^3. Su capacidad hasta la marca superior será, como mínimo, un 50 % mayor que el volumen ocupado por la muestra. Un matraz de 500 cm^3 o un frasco para frutas con tapa de picnómetro, son satisfactorios para 500 g de muestra de prueba, en la mayoría de los agregados finos.	
Matraz (para uso con el procedimiento volumétrico) – Un frasco de Le Chatelier es adecuado para una muestra de prueba de, aproximadamente, 55 g.	
Molde cónico – Molde metálico en forma de tronco de cono, construido con una chapa de 0.8 mm de espesor mínimo, de 40 ± 3 mm de diámetro interior en su base superior, 90 ± 3 mm de diámetro interior en la base inferior y 75 ± 3 mm de altura.	
Pisón – Varilla metálica recta, con una masa de 340 ± 15 g, con una superficie circular plana para el apisonado, de 25 ± 3 mm de diámetro.	
Horno – De tamaño suficiente y capaz de mantener una temperatura uniforme de 110 ± 5° C (230 ± 9° C).	
Secador de pelo – Para secar la muestra hasta la condición saturada y superficialmente seca.	
Embudo – Para verter la muestra dentro del picnómetro.	
Elementos accesorios – Recipientes de diversos tamaños para el secado y manejo la muestra, agitador mecánico, etc.	

PREPARACION DEL ESPECIMEN		
1	La muestra del agregado se debe obtener de acuerdo con la norma INV E–201 y reducir a la fracción requerida para el ensayo (aproximadamente 1 kg), de acuerdo con la norma INV E–202.	
2	Se coloca la muestra en un recipiente adecuado y se seca hasta masa constante a 110 ± 5° C (230 ± 9° F). Se permite que se enfríe hasta una temperatura en la que sea manejable (unos 50° C), se cubre con agua de manera que quede sumergida, o se le añade la necesaria para que su humedad sea de 6 % o más, y se mantiene en ese estado por 24 ± 4 horas.	
Cuando los valores de la densidad relativa (gravedad específica) y de la absorción se vayan a utilizar en el diseño de mezclas de concreto hidráulico, en las que los agregados se emplean en su condición normal de humedad, se puede prescindir del secado previo hasta masa constante. Además, si los agregados se han mantenido previamente con su superficie continuamente húmeda, se puede, igualmente, omitir el período de 24 ± 4 horas de inmersión.		

3	Después del período de inmersión, se decanta cuidadosamente el agua para evitar la pérdida de finos y se extiende la muestra sobre una superficie plana no absorbente. Se inicia la operación de secar la superficie de las partículas, dirigiendo sobre ella una corriente moderada de aire tibio y se revuelve periódicamente para asegurar un secado homogéneo, buscando que el material alcance la condición de saturado y superficialmente seco. La operación se continúa hasta que las partículas del agregado puedan fluir libremente. Se debe seguir el procedimiento indicado para determinar si la superficie de las partículas de agregado fino está aun húmeda. Se hace un primer tanteo con el molde cónico cuando todavía hay humedad superficial en el espécimen. Se continúa el proceso de secado y se efectúa periódicamente la prueba del cono, hasta que el espécimen alcanza la condición saturada y superficialmente seca.	
4	Prueba del cono para verificar la condición saturada y superficialmente seca – Cuando se empiece a observar visualmente que el agregado fino se está aproximando a esta condición, se sujeta firmemente el molde cónico con su diámetro mayor apoyado sobre una superficie plana no absorbente, se pone en su interior una porción de muestra en estado suelto, en cantidad suficiente para llenarlo hasta rebosar y amontonando material adicional sobre la parte superior, el cual se sostiene colocando en forma de bocina los dedos de la mano que está sujetando el molde. En seguida, se apisona ligeramente el agregado dentro del molde, aplicándole 25 golpes con la varilla	
5	Cada golpe se debe dar dejando caer libremente el pisón bajo la acción de la gravedad, únicamente, desde unos 5 mm (0.2") por encima de la superficie superior del agregado fino. A continuación, se remueve la arena suelta que haya alrededor de la base del molde y se levanta éste verticalmente. Si hay humedad superficial aun presente, la muestra de agregado fino mantendrá su forma cónica , por lo que se continuará secando y mezclando la muestra, realizando frecuentemente la prueba del cono hasta que se produzca un derrumbe parcial, el cual indica que se ha alcanzado la condición superficialmente seca.	
6	Algunos agregados finos angulosos o con alta proporción de partículas finas no se derrumban en la condición de superficialmente secos. Para verificarlo, se deja caer desde una altura entre 100 y 150 mm la cantidad de muestra de ensayo que puede ser sostenida en una mano y se observa si se presentan finos suspendidos en el aire. Su presencia es indicativa del problema. Para estos materiales, se considera la condición saturada y superficialmente seca como el punto en el cual un lado del cono formado con el espécimen se asienta ligeramente al remover el molde	
PROCEDMIENTO		
1	El procedimiento gravimétrico se describe en el numeral y el volumétrico en el numeral Todas las determinaciones de masa se deben realizar con aproximación a 0.1 g.	
	Procedimiento gravimetrico	
	1 Se llena parcialmente el picnómetro con agua. Inmediatamente, se introducen en el picnómetro, 500 ± 10 g del agregado fino saturado y superficialmente seco, preparado como se ha descrito, y se añade agua hasta aproximadamente un 90 % de su capacidad. Se agita el picnómetro como se describe en el numeral	

2	2	El picnómetro se rueda, agita o invierte (o se combinan las tres acciones) para eliminar las burbujas de aire visibles.	
	3	La agitación mecánica se logra aplicando vibración externa al picnómetro de una manera que no degrade la muestra. Un nivel de agitación justo para remover el aire atrapado sin degradar, es el que mueve las partículas individuales del material.	
	4	Luego de eliminar las burbujas de aire, se ajusta la temperatura del picnómetro con la muestra a 23 ± 2.0° C, introduciéndolo parcialmente en un baño de agua si es necesario. Se lleva el nivel de agua (a igual temperatura) hasta la marca de capacidad del picnómetro; se seca rápidamente su superficie y se determina su masa total (picnómetro, muestra y agua).	
	5	Se remueve el agregado fino del picnómetro y se seca hasta masa constante a 110 ± 5° C (230 ± 9° C). Se deja enfriar a temperatura a ambiente por 1 ± ½ h, y se determina su masa.	
	6	Se determina la masa del picnómetro lleno de agua hasta su marca de capacidad, a 23 ± 2.0° C.	
3	Procedimiento volumétrico (frasco de Le Chatelier):		
	1	Se llena el frasco inicialmente con agua hasta un punto en su cuello entre las marcas 0 y 1 ml y se registra la lectura. Tanto el frasco como el agua se deben encontrar a 23 ± 2.0° C. Se añaden 55 ± 5 g de agregado fino en condición saturada y superficialmente seca, (u otra cantidad si así se ha especificado). Después de introducir la muestra de agregado fino, se pone el tapón en el frasco, se coloca éste en posición inclinada y se gira suavemente en círculos para eliminar el aire atrapado, hasta que no salgan burbujas de aire a la superficie (nota 4). Se toma y registra la lectura final en el frasco, cuando la temperatura del frasco con su contenido esté a la temperatura de la lectura inicial ± 1° C	
	2	Para determinar la absorción, se usa una porción diferente de agregado fino, de 50 ± 10 g, la cual se seca hasta masa constante, determinándose luego dicha masa.	

CALCULOS

A: Masa al aire de la muestra seca al horno, g

B:Masa del picnómetro aforado lleno de agua, g;

C:Masa total del picnómetro aforado con la muestra y lleno de agua, g;

R1:Lectura inicial con agua en el frasco de Le Chatelier, ml;

R2:Lectura final con agua y muestra en el frasco de Le Chatelier, ml;

S:Masa de la muestra saturada y superficialmente seca (usada para hallar la densidad y la densidad relativa en el procedimiento gravimétrico o la absorción en ambos procedimientos), g

S1:Masa de la muestra saturada y superficialmente seca añadida al frasco (usada para hallar la densidad y la densidad relativa en el procedimiento volumétrico), g;		
1	Densidad relativa (gravedad específica) seca al horno (SH)	$SH = \frac{A}{(B + S - C)}$
2	Densidad relativa (gravedad específica) en condición saturada y superficialmente seca (S	$SSS = \frac{S}{(B + S - C)}$
3	Densidad relativa aparente (gravedad específica aparente	$= \frac{A}{(B + A - C)}$
4	Densidad en condición seca al horno (SH)	$(SH), kg/m^3 = \frac{997.5\ A}{(B + S - C)}$
5	Densidad en condición saturada y superficialmente seca (SSS)	$\text{Densidad SSS, } kg/m^3 = \frac{997.5\ S}{(B + S - C)}$ $\text{Densidad SSS, } lb/pie^3 = \frac{62.27\ S}{(B + S - C)}$
6	Densidad aparente	$kg/m^3 = \frac{997.5\ A}{(B + A - C)}$ $lb/pie^3 = \frac{62.27\ A}{(B + A - C)}$
7	Absorción	$\% = \frac{S - A}{A} \times 100$

Absorción

DENSIDAD, DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECÍFICA) Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO	
Preparación de equipo	
DESCRIPCION	REGISTRO FOTOGRAFICO
Balanzas – Con legibilidad y exactitud de 0.05 % del peso de la muestra dentro del rango empleado en el ensayo, o 0.5 g, el que sea mayor. La balanza debe estar equipada con un sistema que permita suspender el recipiente con la muestra y determinar su masa dentro de agua.	
Canastillas metálicas – Como recipientes para las muestras en las pesadas sumergidas. Se dispondrá de dos tipos de canastillas metálicas, de aproximadamente igual base y altura, fabricadas con armazón de suficiente rigidez y paredes de tela metálica con malla de 3.35 mm (No. 6). Para agregados con tamaño máximo nominal igual o inferior a 37.5 mm (1 ½") se utilizarán canastillas con capacidades de 4 a 7 litros y para tamaños superiores, canastillas de mayor capacidad.	
Tanque de agua – Un tanque que permita que la canastilla metálica con la muestra quede totalmente inmersa y suspendida debajo de la balanza	
Dispositivo de suspensión – Se utilizará cualquier dispositivo que permita suspender las canastillas de la balanza, una vez sumergidas. Debe ser del menor tamaño posible para minimizar los efectos de una profundidad de inmersión variable	
Pisón – Varilla metálica recta, con una masa de 340 ± 15 g, con una superficie circular plana para el apisonado, de 25 ± 3 mm de diámetro.	

Tamices – Un tamiz de 4.75 mm de abertura (No. 4) y los demás que se puedan requerir	
Horno – De capacidad suficiente y que pueda mantener una temperatura uniforme de 110 ± 5° C (230 ± 9° F).	

PREPARACION DEL ESPECIMEN

1	La muestra del agregado se debe obtener de acuerdo con la norma INV E–201.	
2	Se comienza por mezclar completamente los agregados, cuarteándolos a continuación conforme se indica en la norma INV E–202, hasta obtener aproximadamente la cantidad mínima necesaria para el ensayo	

Se debe eliminar el material inferior a 4.75 mm (No. 4) mediante tamizado en seco y lavado para remover los finos adheridos a la superficie. Si el agregado grueso contiene una cantidad sustancial de material menor de 4.75 mm, se debe usar el tamiz de 2.36 mm (No. 8), en lugar del de 4.75 mm (No. 4). Alternativamente, se puede separar el material menor de 4.75 mm y ensayarlo de acuerdo con la norma INV E–222.

3	La masa mínima de la muestra para ensayo se indica en la Tabla . Se permite ensayar el agregado en varias fracciones. Si la muestra contiene más de un 15 % retenido en el tamiz de 37.5 mm (1 ½"), el material retenido se ensaya en una o más fracciones separadas de las más pequeñas. Cuando se fracciona la muestra, la cantidad mínima para ensayo de cada fracción será la diferencia entre las masas prescritas en la Tabla para los tamaños máximos y mínimos de cada fracción.	

TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL		MASA MÍNIMA DE LA MUESTRA DE ENSAYO	
mm	pg.	kg	lb
12.5	½	2	4.4
19	¾	3	6.6
25	1	4	8.8
37.5	1 ½	5	11
50	2	8	18

4	Si la muestra se ensaya en dos o más fracciones, se debe determinar la granulometría de la muestra (norma INV E–213), incluyendo los tamices usados para separar las fracciones. Al calcular el porcentaje de material en cada fracción, se deberá ignorar la cantidad de material más fino que la abertura del tamiz 4.75 mm (No. 4) o del tamiz de 2.36 mm (No. 8)	

63	2 ½	12	26
75	3	18	40
90	3 ½	25	55
100	4	40	88
125	5	75	165

PROCEDMIENTO		
1	Se seca la muestra en un horno a 110 ± 5° C hasta masa constante, se deja al aire a temperatura ambiente durante 1 a 3 horas para muestras de tamaño máximo nominal hasta de 37.5 mm (1 ½"); o un lapso mayor para muestrascon tamaños mayores, hasta que el agregado sea manipulable (aproximadamente 50° C). Posteriormente se sumerge en agua, también a temperatura ambiente, durante un período de 24 ± 4 horas	
Cuando los valores de la densidad relativa (gravedad específica) y de la absorción se vayan a utilizar en el diseño de mezclas de concreto hidráulico, en las que los agregados se emplean en su condición normal de humedad, se puede prescindir del secado previo hasta masa constante. Además, si los agregados se han mantenido previamente con su superficie continuamente húmeda, se puede, igualmente, omitir el período de 24 ± 4 horas de inmersión.		
2	Después del período de inmersión, se saca la muestra del agua y se secan las partículas rodándolas sobre un paño absorbente de gran tamaño, hasta que se elimine el agua superficial visible, secando individualmente los fragmentos mayores	
3	Se deben tomar las precauciones necesarias para evitar cualquier evaporación del agua de los poros durante la operación de secado de la superficie de las partículas. A continuación, se determina la masa de la muestra en la condición saturada con superficie seca (SSS).	
4	Estas y todas las pesadas subsiguientes se deberán realizar con una aproximación de 0.5 g o de 0.05 % de la masa de la muestra, la que sea mayor.	
5	Después de determinar la masa en el aire, se coloca la muestra en el interior de la canastilla metálica y se determina su masa sumergida en el agua, a la temperatura de 23 ± 2° C sedebe evitar la inclusión de aire en la muestra antes de determinar su masa, agitando la canastilla mientras está sumergida.	
6	Se seca entonces la muestra en horno a 110 ± 5° C hasta masa constante, se enfría al aire a temperatura ambiente durante 1 a 3 h o hasta que el agregado sea manipulable (aproximadamente 50° C) y, en seguida, se determina su masa.	

CALCULOS
A:Masa al aire de la muestra seca al horno, g;
B:Masa al aire de la muestra saturada y superficialmente seca, g;
C:Masa aparente de la muestra saturada en agua, g.

G:Densidad o densidad relativa (gravedad específica) promedio. Todas las formas de expresión de la densidad o de la densidad relativa (gravedad específica) se pueden promediar con esta fórmula;		
G1, G2,... Gn: Valores de densidad o densidad relativa (gravedad específica) de cada fracción, dependiendo del tipo de densidad o densidad relativa (gravedad específica) que se esté promediando;		
P1, P2,...Pn: Porcentajes respectivos de la masa de cada fracción con respecto a la masa total de la muestra.		
A:Absorción promedio, %;		
A1, A2 ,..., An: Porcentajes de absorción de cada fracción de la muestra total		
P1, P2,...Pn:Porcentajes respectivos de la masa de cada fracción con respecto a la masa total de la muestra.		
1	Densidad relativa (gravedad específica) seca al horno (SH)	$SH = \frac{A}{(B-C)}$
2	Densidad relativa (gravedad específica) en condición saturada y superfi	$SSS = \frac{B}{(B-C)}$
3	Densidad relativa aparente (gravedad específica aparente)	$= \frac{A}{(A-C)}$
4	Densidad en condición seca al horno (SH)	$kg/m^3 = \frac{997.5\ A}{(B-C)}$ $lb/pie^3 = \frac{62.27\ A}{(B-C)}$
5	Densidad en condición saturada y superficialmente seca (SSS)	$kg/m^3 = \frac{997.5\ B}{(B-C)}$ $lb/pie^3 = \frac{62.27\ B}{(B-C)}$

6	Densidad aparente	$kg/m^3 = \frac{997.5\ A}{(B + A - C)}$ $lb/pie^3 = \frac{62.27\ A}{(B + A - C)}$
7	Absorción	$Absorcion, \% = \frac{B - A}{A} \times 100$
8	Valor promedio de absorción	$A = \left[\frac{P_1 A_1}{100}\right] + \left[\frac{P_2 A_2}{100}\right] + \cdots + \left[\frac{P_n A_n}{100}\right]$
9	Valores promedio de densidad y densidad relativa (gravedad específica)	$G = \frac{1}{\frac{P_1}{100\ G_1} + \frac{P_2}{100\ G_2} + \cdots + \frac{P_n}{100\ G_n}}$

Absorción

RESISTENCIA A LA DEGRADACIÓN DE LOS AGREGADOS DE TAMAÑOS MENORES DE 37.5 mm (1½") POR MEDIO DE LA MÁQUINA DE LOS ÁNGELES

Preparación de equipo

DESCRIPCION	REGISTRO FOTOGRAFICO
Máquina de Los Ángeles – La máquina para el ensayo de Los Ángeles tendrá las características que se indican. Consiste en un cilindro hueco de acero, cerrado en ambos extremos, con una longitud interior de 508 ± 5 mm (20 ± 0.2") y un diámetro interior, de 711 ± 5 mm (28 ± 0.2"), fabricado con una placa de acero de espesor no menor de 12.4 mm (nota 2). El interior del cilindro deberá estar libre de protuberancias que alteren la trayectoria de la muestra y las esferas de acero, con excepción de la pestaña que se describe más adelante. El cilindro lleva en el centro de cada extremo un eje, que no penetra en su interior, quedando el cilindro montado de modo que pueda girar en posición horizontal, con una tolerancia en pendiente del 1 % con el eje de rotación.	
Tamices – De las aberturas indicadas en la Tabla, más uno de 1.70 mm (No. 12).	
Balanza – Con una exactitud mínima de 0.1 % en relación con la masa de ensayo, en cualquier punto dentro del intervalo de utilización.	
Carga – La carga consistirá en esferas de acero, de un diámetro aproximado de 46.8 mm (1 27/32") y una masa comprendida entre 390 g y 445 g. Como se muestra en seguida, la carga abrasiva dependerá de la granulometría de ensayo, A, B, C o D	

GRANULOMETRÍA	NÚMERO DE ESFERAS	MASA DE LA CARGA, g
A	12	5000 ± 25
B	11	4584 ± 25
C	8	3330 ± 20
D	6	2500 ± 15

<table>
<tr><td colspan="2">Horno – Que pueda mantener una temperatura uniforme de 110 ± 5 °C (230 ± 9 °F).</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="3">PREPARACION DEL ESPECIMEN</td></tr>
<tr><td>1</td><td>La muestra destinada al ensayo se obtendrá empleando el procedimiento descrito en la norma INV E–201 y se reducirá a un tamaño adecuado para el ensayo, según la norma INV E–202.</td><td></td></tr>
<tr><td>2</td><td>La muestra reducida se lava y se seca en el horno hasta masa constante, a una temperatura de 110 ± 5°C (230 ± 9°F).</td><td></td></tr>
<tr><td>3</td><td>Se elige la granulometría más parecida a la del agregado que se va a usar en la obra. Se separa la muestra reducida en las fracciones indicadas en la tabla, de acuerdo con la granulometría elegida. Se recombinan las fracciones para formar una muestra de ensayo con la composición indicada en la tabla. Se pesa la muestra de ensayo con aproximación a 1 g y se registra el valor obtenido</td><td>
<table>
<tr><th colspan="2">TAMAÑOS DE TAMIZ</th><th colspan="4">MASAS DE LAS DIFERENTES FRACCIONES, g</th></tr>
<tr><th rowspan="2">PASA TAMIZ</th><th rowspan="2">RETENIDO EN TAMIZ</th><th colspan="4">GRANULOMETRÍAS</th></tr>
<tr><th>A</th><th>B</th><th>C</th><th>D</th></tr>
<tr><td>37.5 (1½")
25.0 (1")
19.0 (3/4")
12.5 (½")
9.5 (3/8")
6.3 (¼")
4.75 (No.4)</td><td>25.0 (1")
19.0 (3/4")
12.5 (½")
9.5 (3/8")
6.3 (¼")
4.75 (No. 4)
2.36 (No. 8)</td><td>1250 ± 25
1250 ± 25
1250 ± 10
1250 ± 10</td><td>2500 ± 10
2500 ± 10</td><td>2500 ± 10
2500 ± 10</td><td>5000 ± 10</td></tr>
<tr><td colspan="2">Total</td><td>5000 ± 10</td><td>5000 ± 10</td><td>5000 ± 10</td><td>5000 ± 10</td></tr>
</table>
</td></tr>
<tr><td colspan="3">PROCEDMIENTO</td></tr>
<tr><td>1</td><td>Luego de comprobar que el tambor este limpio, la muestra y la carga abrasiva correspondiente se colocan en la máquina de Los Ángeles y se hace girar el tambor a una velocidad comprendida entre 188 y 208 rad/minuto (30 y 33 rpm) hasta completar 500 revoluciones.</td><td></td></tr>
</table>

2	La máquina deberá girar de manera uniforme para mantener una velocidad periférica prácticamente constante. Una vez cumplido el número de vueltas prescrito, se descarga el material del tambor y se procede con una separación preliminar de a muestra ensayada, empleando un tamiz de abertura mayor al de 1.70 mm (No. 12).	
3	La fracción fina que pasa, se tamiza a continuación empleando el tamiz de 1.70 mm (No. 12), utilizando el procedimiento de la norma INV E– 213. El material más grueso que la abertura del tamiz de 1.70 mm (No. 12) se lava, se seca en el horno, a una temperatura de 110 ± 5° C (230 ± 9° F) hasta masa constante, y se determina su masa con precisión de 1 g	
Si el agregado está libre de costras o de polvo se puede eliminar la exigencia de lavarlo antes y después del ensayo. La eliminación del lavado posterior, rara vez reducirá la pérdida medida en más del 0.2 % del peso de la muestra original. Sin embargo, en el caso de ensayos con fines de referencia o de arbitraje, el procedimiento de lavado es perentorio.		
CALCULOS		
P1: Masa de la muestra seca antes del ensayo, g;		
P2:Masa de la muestra seca después del ensayo, previo lavado sobre tamiz de 1.70 mm (No. 12), g.		
1	El resultado del ensayo es la diferencia entre la masa original y la masa final de la muestra ensayada, expresada como tanto por ciento de la masa original	$\% \text{ perdidas} = \frac{P_1 - P_2}{P_1} \times 100$

Absorción

RESISTENCIA A LA DEGRADACIÓN DE LOS AGREGADOS GRUESOS DE TAMAÑOS MAYORES DE 19 mm (¾") POR ABRASIÓN E IMPACTO EN LA MÁQUINA DE LOS ÁNGELES	
Preparación de equipo	
DESCRIPCION	REGISTRO FOTOGRAFICO
Máquina de Los Ángeles – La cual debe cumplir con los requisitos establecidos en la norma INV E–218.	
Tamices – De las aberturas indicadas, más uno de 1.70 mm (No. 12).	
Balanza – Con una exactitud mínima de 0.1 % en relación con la masa de ensayo, en cualquier punto dentro del intervalo de utilización.	
Carga abrasiva – La carga abrasiva estará formada por 12 esferas de acero, con un diámetro aproximado de 47 mm (1 27 /32") y con una masa entre 390 y 445 g cada una. La masa total deberá ser de 5000 ± 25 g	
Horno – Que pueda mantener una temperatura uniforme de 110 ± 5 °C (230 ± 9 °F).	
PREPARACION DEL ESPECIMEN	

<table>
<tr><td>1</td><td>La muestra destinada al ensayo se debe obtener mediante el procedimiento descrito en la norma INV E–201 y se debe reducir a un tamaño adecuado para el ensayo en acuerdo con la norma INV E–202.</td><td></td></tr>
<tr><td>2</td><td>La muestra reducida se lava y luego se introduce en el horno, a una temperatura de 110 ± 5° C (230 ± 9° F), hasta que su masa sea constante.</td><td></td></tr>
<tr><td>3</td><td>Se elige en la granulometría más parecida a la del agregado que se va a usar en la obra. Se separa la muestra reducida en las fracciones indicadas en la tabla, de acuerdo con la granulometría elegida. Se recombinan las fracciones para formar una muestra de ensayo con la composición indicada en la tabla. Se pesa la muestra de ensayo con aproximación a 1 g y se registra el valor obtenido</td><td>
<table>
<tr><th colspan="2">TAMAÑO DEL TAMIZ</th><th colspan="3">MASA DE LAS FRACCIONES, g</th></tr>
<tr><th rowspan="2">PASA</th><th rowspan="2">RETIENE</th><th colspan="3">GRANULOMETRÍAS</th></tr>
<tr><th>1</th><th>2</th><th>3</th></tr>
<tr><td>75 mm (3")
63 mm (2½")
50 mm (2")
37.5 mm (1½")
25 mm (1")</td><td>63 mm (2½")
50 mm (2")
37.5 mm (1½")
25 mm (1")
19 mm (¾")</td><td>2500 ± 50
2500 ± 50
5000 ± 50</td><td>5000 ± 50
5000 ± 25</td><td>5000 ± 25
5000 ± 25</td></tr>
<tr><td colspan="2">Total</td><td>10 000 ± 100</td><td>10 000 ± 75</td><td>10 000 ± 50</td></tr>
</table>
</td></tr>
<tr><td colspan="3">PROCEDMIENTO</td></tr>
<tr><td>1</td><td>Luego de comprobar que el tambor esté limpio, la muestra y la carga abrasiva correspondiente se colocan en la máquina de Los Ángeles y se hace girar el tambor a una velocidad comprendida entre 188 y 208 rad/minuto (30 y 33 rpm) hasta completar 1000 revoluciones</td><td></td></tr>
<tr><td>2</td><td>La máquina deberá girar de manera uniforme para mantener una velocidad periférica prácticamente constante. Una vez cumplido el número de vueltas prescrito, se descarga el material del tambor y se procede con una separación preliminar de la muestra ensayada, empleando un tamiz de abertura mayor al de 1.70 mm (No. 12).</td><td></td></tr>
</table>

3	La fracción fina que pasa, se tamiza a continuación empleando el tamiz de 1.70 mm (No. 12), utilizando el procedimiento de la norma INV E–213. El material más grueso que la abertura del tamiz de 1.70 mm (No. 12) se lava, se seca en el horno, a una temperatura de 110 ± 5° C (230 ± 9° F), hasta masa constante, y se determina la masa con precisión de 1 g.	
Si el agregado está libre de costras o de polvo se puede eliminar la exigencia de lavarlo antes y después del ensayo. La eliminación del lavado posterior, rara vez reducirá la pérdida medida en más del 0.2 % del peso de la muestra original. Sin embargo, en el caso de ensayos con fines de referencia o de arbitraje, el procedimiento de lavado es perentorio.		
CALCULOS		
P1: Masa de la muestra seca antes del ensayo, g;		
P2:Masa de la muestra seca después del ensayo, previo lavado sobre tamiz de 1.70 mm (No. 12), g.		
1	El resultado del ensayo es la diferencia entre la masa original y la masa final de la muestra ensayada, expresada como tanto por ciento de la masa original	$\% \text{ perdidas} = \frac{P_1 - P_2}{P_1} \times 100$

Absorción

DETERMINACIÓN DE TERRONES DE ARCILLA Y PARTÍCULAS DELEZNABLES EN LOS AGREGADOS		
Preparación de equipo		
DESCRIPCION		REGISTRO FOTOGRAFICO
Balanza – Con aproximación de lectura del 0.1 % de la masa de cualquier porción de la muestra de ensayo.		
Recipientes – Resistentes a la oxidación, de tamaño y forma que permitan que la muestra se extienda en su fondo, en una capa delgada.		
Tamices – De 37.5 mm (1½"), 19.0 mm (3/4"), 9.5 mm (3/8"), 4.75 mm (No. 4), 1.18 mm (No. 16) y 75 µm (No. 200).		
Horno – Que permita libre circulación de aire y que pueda mantener una temperatura de 110 ± 5° C (230 ± 9° F).		
PREPARACION DEL ESPECIMEN		
1	Los agregados para este ensayo estarán constituidos por el material que quede después de la conclusión del ensayo para la determinación de materiales finos que pasan el tamiz de 75 µm (No. 200), según la norma INV E–214. Para obtener las cantidades a las que se refiere anteriormente puede ser necesario combinar material proveniente de más de un ensayo efectuado por el método mencionado.	

<table>
<tr><td>2</td><td>El agregado se deberá secar, hasta obtener masa constante, a una temperatura de 110 ± 5° C (230 ± 9° F).</td><td></td></tr>
<tr><td>3</td><td>La muestra de agregado fino para ensayo deberá consistir en partículas más gruesas que el tamiz de 1.18 mm (No. 16) y su masa no deberá ser menor de 25 g.</td><td rowspan="2"><table><tr><th>TAMAÑO DE LAS PARTÍCULAS ENTRE LOS TAMICES DE</th><th>MASA MÍNIMA DE LA MUESTRA DE ENSAYO, g</th></tr><tr><td>4.75 - 9.5 mm (No. 4 - 3/8")</td><td>1000</td></tr><tr><td>9.5 - 19.0 mm (3/8" - 3/4")</td><td>2000</td></tr><tr><td>19.0 - 37.5 mm (3/4" - 1½")</td><td>3000</td></tr><tr><td>Mayores de 37.5 mm (1½")</td><td>5000</td></tr></table></td></tr>
<tr><td>4</td><td>Las muestras de agregado grueso para ensayo se deberán separar en diferentes tamaños, empleando los siguientes tamices: 4.75 mm (No. 4), 9.5 mm (3/8"), 19.0 mm (3/4") y 37.5 mm (1½"). La muestra para el ensayo no deberá tener una masa inferior a la que se indica en el siguiente cuadro:</td></tr>
<tr><td>5</td><td>En el caso de mezclas de agregados finos y gruesos, el material se deberá separar por el tamiz de 4.75 mm (No. 4), y las muestras correspondientes se deberán preparar de acuerdo con lo anterior</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="3">PROCEDMIENTO</td></tr>
<tr><td>1</td><td>Se determina la masa de la muestra de ensayo y se extiende en una capa delgada sobre el fondo del recipiente, cubriéndola con agua destilada y dejándola en remojo durante 24 ± 4 horas.</td><td></td></tr>
<tr><td>2</td><td>Se ruedan y aprietan individualmente las partículas, entre el pulgar y el índice, para tratar de romperlas en tamaños más pequeños. No se deberán emplear las uñas para romper las partículas, ni presionarlas una contra otra o contra una superficie dura. Las partículas que se puedan romper con los dedos convirtiéndolas en finos removibles mediante tamizado en húmedo, se clasificarán como terrones de arcilla o partículas deleznables.</td><td></td></tr>
</table>

3	Después de que se hayan fragmentado todas las partículas identificables como terrones de arcilla y partículas deleznables, se separan los detritos de la parte restante mediante tamizado en húmedo, usando el tamiz que se indica en el cuadro que se muestra en seguida. Se efectúa el tamizado en húmedo haciendo circular agua sobre la muestra a través del tamiz, mientras éste se agita manualmente, hasta que se remueva todo el material más pequeño	

INTERVALOS DE TAMAÑOS DE LAS PARTÍCULAS QUE FORMAN LA MUESTRA	TAMAÑO DEL TAMIZ PARA REMOVER EL RESIDUO DE TERRONES DE ARCILLA Y PARTÍCULAS DELEZNABLES
Agregado fino retenido sobre el tamiz de 1.18 mm (No. 16)	850 µm (No. 20)
4.75 - 9.5 mm (No. 4 - 3/8")	2.36 mm (No. 8)
9.5 - 19.0 mm (3/8" - 3/4")	4.75 mm (No. 4)
19.0 - 37.5 mm (3/4" - 1½")	4.75 mm (No. 4)
Mayor de 37.5 mm (1½")	4.75 mm (No. 4)

4	Se remueven cuidadosamente del tamiz las partículas retenidas, se secan hasta masa constante a una temperatura de 110 ± 5° C (230 ± 9° F), se dejan enfriar y se determina su masa con aproximación de lectura al 0.1 %	

CALCULOS

P:Porcentaje de terrones de arcilla y de partículas deleznables

M:Masa de la muestra de ensayo. Para los agregados finos,

R: Masa de las partículas retenidas sobre el tamiz designado para remover el residuo,

1	Se calcula el porcentaje de terrones de arcilla y partículas deleznables en los agregados finos o en los tamaños individuales de los agregados gruesos, en la siguiente forma:	$P = \frac{M - R}{M} \times 100$

Para los agregados gruesos, el porcentaje de terrones de arcilla y de partículas deleznables, deberá ser un promedio basado en el porcentaje de terrones de arcilla y de partículas deleznables en cada fracción, ponderado de acuerdo con la granulometría de la muestra original antes de la separación o, preferiblemente, la granulometría promedio del suministro representado por la muestra. Si el agregado contiene menos del 5% de cualquiera de los tamaños especificados en el numeral 5.1, no se deberá ensayar dicho tamaño sino que, para fines del cálculo del promedio ponderado, se deberá considerar que contiene el mismo porcentaje de terrones de arcilla y de partículas deleznables que el tamaño inmediatamente mayor o inmediatamente menor, cualquiera de ellos que se halle presente.

Absorción

SOLIDEZ DE LOS AGREGADOS FRENTE A LA ACCIÓN DE SOLUCIONES DE SULFATO DE SODIO O DE MAGNESIO

Preparación de equipo

DESCRIPCION	REGISTRO FOTOGRAFICO
Recipientes para muestras – Recipientes para sumergir las muestras de los agregados en la solución, de acuerdo con el procedimiento descrito en este método. Los recipientes deberán tener perforaciones para permitir el libre acceso de la solución a la muestra, así como para que pueda drenar de ésta, sin que se produzcan pérdidas de partículas del agregado.	
Tamices – Se utilizan tamices con aberturas cuadradas de los siguientes tamaños,	SERIE FINA: 150 µm (No. 100) 300 µm (No. 50) 600 µm (No. 30) 1.18 mm (No. 16) 2.36 mm (No. 8) 4.00 mm (No. 5) 4.75 mm (No. 4) SERIE GRUESA: 8.0 mm (5/16") 9.5 mm (3/8") 12.5 mm (½") 16 mm (5/8") 19 mm (¾") 25 mm (1") 31.5 mm (1 ¼") 37.5 mm (1 ½") 50 mm (2") 63 mm (2 ½") Los tamices mayores de 63 mm se deberán tomar en incrementos de 12.5 mm (½")
Regulador de la temperatura – Se debe disponer de un medio apropiado para regular la temperatura de la solución durante el período de inmersión en sulfato de sodio o de magnesio.	
Termómetro – Un termómetro con una precisión de lectura de 0.1° C (0.2° F).	
Balanzas – Para el agregado fino, se requiere una balanza con posibilidad de lectura de 0.1 g en el intervalo requerido por este ensayo; para el agregado grueso, se necesita una balanza con aproximación de lectura al 0.1 % de la masa de la muestra o a 1 g, la que sea mayor, dentro del intervalo requerido para este ensayo.	
Horno – Un horno capaz de mantener una temperatura a 110 ± 5° C (230 ± 9° F), cuya rata de evaporación para esta temperatura sea, al menos, de 25 g/h por 4 horas, período durante el cual la puerta del horno se deberá mantener cerrada. Esta velocidad se determinará midiendo la pérdida de agua en vasos de precipitados de 1.0 litro de capacidad, que contengan inicialmente cada uno 500 g de agua a una temperatura de 21 ± 2° C (70 ± 3° F), colocados en los rincones y en el centro de cada anaquel del horno. Esta comprobación se efectúa con el horno conteniendo solamente los vasos con agua.	
Medidores de gravedad específica – Hidrómetros que cumplan con los requisitos indicados en la norma INV E–123, o una combinación apropiada de un recipiente de vidrio graduado y una balanza, que permitan medir la gravedad específica de la solución con una exactitud de ± 0.001.	

SOLUCIONES

Se prepara una solución de sulfato de sodio o de magnesio El volumen de solución debe ser, como mínimo, cinco veces el volumen de sólidos de todas las muestras sumergidas al mismo tiempo.		
1	Solución de sulfato de sodio – Se prepara una solución saturada de sulfato de sodio, disolviendo en agua la cantidad necesaria de sulfato de sodio de tipo farmacéutico a una temperatura de 25 a 30° C (77 a 86° F). Se añade suficiente cantidad de sulfato (Para la solución, son suficientes 215 g de la sal anhidra o 700 g de la decahidratada por litro de agua para saturación a 22° C (71.6° F).) para asegurar no solo la saturación sino, también, un exceso de cristales cuando la solución esté lista para ser usada en el ensayo. Se agita bien la solución durante la adición del sulfato y, posteriormente, a intervalos frecuentes hasta que se vaya a utilizar. Para reducir la evaporación y prevenir la contaminación, la solución se debe mantener cubierta todo el tiempo cuando no se requiera su utilización	
2	Se agita de nuevo y se permite que permanezca a esta temperatura por lo menos durante 48 horas antes de emplearla. Previo a cada uso, se rompe la pasta de sal que haya en el recipiente, se revuelve completamente la solución y se determina su gravedad específica. En el momento de su empleo, la solución debe tener una gravedad específica entre 1.154 y 1.171. Si la solución está descolorida, se deberá desechar descartar o filtrar y comprobar su gravedad específica.	
Solución de cloruro de bario – Se prepara una solución de cloruro de bario, disolviendo 5 g de $BaCl_2$ en 100 ml de agua destilada.		
MUESTRA		
La muestra se debe obtener de acuerdo con la norma INV E–201 y reducir a la fracción requerida para el ensayo, de acuerdo con la norma INV E–202.		
Agregado fino – El agregado fino debe pasar en su totalidad por el tamiz de 9.5 mm (3/8"). Su cantidad deberá ser suficiente para obtener 100 g de cada una de las fracciones que se indican a continuación. Si en la muestra original hay menos de 5 % de agregado en alguno de los pares de tamices, ese grupo no debe ser sometido a ensayo.		

PASA TAMIZ	RETENIDO EN TAMIZ
600 µm (No. 30)	300 µm (No. 50)
1.18 mm (No. 16)	600 µm (No. 30)
2.36 mm (No. 8)	1.18 mm (No. 16)
4.75 mm (No. 4)	2.36 mm (No. 8)
9.5 mm (3 /8")	4.75 mm (No. 4)

Agregado grueso – El agregado grueso debe ser un material del que se han retirado todas las fracciones inferiores al tamiz de 4.75 mm (No.4). Las partículas de estos tamaños removidos se ensayan de acuerdo con el procedimiento para el agregado fino. La muestra de agregado grueso debe tener el tamaño suficiente para obtener de ella las cantidades de las fracciones indicadas a continuación, cada una de las cuales debe estar presente en cantidad de 5 %, como mínimo.

TAMICES	MASA, g	COMPOSICIÓN DEL MATERIAL
de 4.75 mm a 9.5 mm (No. 4 a 3/8")	300 ± 5	
de 9.5 mm a 19.0 mm (3/8" a ¾")	1000 ± 10	de 9.5 mm a 12.5 mm (3/8" a ½") 330 ± 5 g de 12.5 mm a 19.0 mm (½" a ¾") 670 ± 10 g
de 19.0 mm a 37.5 mm (¾" a 1 ½")	1500 ± 50	de 19.0 mm a 25.0 mm (¾" a 1") 500 ± 30 g de 25.0 mm a 37.5 mm (1" a 1 ½") 1000 ± 50 g
de 37.5 mm a 63 mm (1 ½" a 2 ½")	5000 ± 300	de 37.5 mm a 50 mm (1 ½" a 2") 2000 ± 200 g de 50 mm a 63 mm (2" a 2 ½") 3000 ± 300 g
de 63 mm a 75 mm (2 ½" a 3")	7000 ± 1000	
de 75 mm a 90 mm (3" a 3 ½")	7000 ± 1000	
de 90 mm a 100 mm (3 ½" a 4")	7000 ± 1000	

Cuando el agregado que se va a ensayar contiene cantidades apreciables de ambos materiales, fino y grueso, teniendo una granulometría con más de 10 % de gruesos de tamaño mayor a 9.5 mm (3/8") y, también, más de 10 % de partículas menores de 4.75 mm (No. 4), se deben ensayar muestras separadas de las fracciones menor y mayor de 4.75 mm (No. 4), con los procedimientos respectivos para agregado fino y para agregado grueso.

PREPARACION DEL ESPECIMEN

1	Agregado fino – La muestra de agregado fino se lava bien sobre el tamiz de 300 µm (No. 50); se seca hasta masa constante a una temperatura de 110 ± 5° C (230 ± 9° F) y se separa en las diferentes fracciones por medio de un tamizado realizado de la siguiente manera:	
	1 Se efectúa primero una separación aproximada, por medio de un montaje de los tamices indicados De cada una de las fracciones obtenidas de esta forma se separa la suficiente cantidad de muestra para obtener 100 g, después de tamizar sobre el tamiz correspondiente hasta rechazo (en general, son suficientes unos 110 g).	
	2 Las partículas de agregado fino que quedan atrapadas en la malla del tamiz, no se emplean en la preparación de las muestras. Se pesan las muestras de 100 ± 1 g de cada una de las fracciones separadas después del tamizado final y luego se colocan en recipientes individuales para el ensayo.	
2	Agregado grueso – La muestra de agregado grueso se lava bien, se seca hasta masa constante a una temperatura de 110 ± 5° C (230 ± 9° F) y se separa en las diferentes fracciones indicadas tamizando hasta que no pase más material por ningún tamiz. Se pesan fracciones de los diferentes tamaños dentro de las tolerancias indicadas, y donde la fracción deba estar conformada por dos porciones según se indica en ese numeral, se pesa cada una por separado y luego se combinan para conformar la fracción respectiva.	

	1	Se anotan las masas de las fracciones y de cada una de las porciones que las componen, cuando corresponda. En el caso de las fracciones con tamaño superior a 19 mm (¾"), se anota también el número de partículas.	
PROCEDMIENTO			
1	Las diferentes fracciones de la muestra total se sumergen en la solución de sulfato de sodio o de magnesio durante un período no menor de 16 horas ni mayor de 18 horas, de manera que el nivel de la solución las cubra por lo menos 12.5 mm (½")		
2	Los recipientes se deben cubrir para evitar la evaporación y la contaminación accidental con sustancias extrañas. Las muestras se deben mantener a una temperatura de 21 ± 1° C (70 ± 2° F), durante todo el periodo de inmersión.		
3	Después del período de inmersión, cada fracción se saca de la solución dejándola escurrir durante 15 ± 5 minutos y se la introduce en el horno, cuya temperatura se debe haber regulado previamente a 110 ± 5° C (230 ± 9° F).		
4	Se secan las fracciones a la temperatura indicada hasta masa constante. El tiempo requerido para obtener masa constante se establece de la siguiente manera:		
	1	Con la máxima carga esperada de fracciones de la muestra total dentro del horno se verifica la pérdida de masa de ellas, removiéndolas y pesándolas sin dejarlas enfriar, a intervalos de 2 a 4 horas; se deben realizar las verificaciones que sean necesarias para determinar el tiempo de secado para la ubicación menos favorable en el horno y la condición más desfavorable de la muestra	
	2	Se puede considerar que se ha alcanzado una masa constante, cuando la pérdida de masa es menor del 0.1 % luego de 4 horas de secado.	
	3	Una vez alcanzada la masa constante se retiran las diferentes fracciones del horno y se permite su enfriamiento a temperatura ambiente, luego del cual se sumergen de nuevo en la solución, como se indica anteriormente	
	4	Se puede ayudar al enfriamiento de las fracciones usando aire acondicionado o un ventilador. La temperatura del material se debe verificar con un termómetro antes de llevar el material nuevamente a inmersión.	

5	El proceso de inmersión y secado de las muestras se repite hasta completar el número especificado de ciclos.	
6	Después de terminado el último ciclo y de que todas las fracciones se han enfriado, se lavan hasta que queden exentas de sulfato de sodio o de magnesio, lo que se determina por la reacción del agua de lavado con el cloruro de bario. El lavado se realiza haciendo circular agua a 43 ± 6° C (110 ± 10° F) a través de las fracciones de agregado en sus recipientes, lo que se hace colocando éstos en un tanque en el cual se introduce el agua caliente cerca del fondo y permitiéndole pasar a través de los agregados hasta que rebose por encima de ellos.	
7	Durante la operación de lavado, las fracciones de agregado no se deben someter a efectos de impacto o abrasión que puedan quebrar las partículas.	
EXAMEN CUANTITATIVO		
1	Después de remover todo el sulfato de sodio o de magnesio, cada fracción de la muestra se seca hasta masa constante a 110 ± 5° C (230 ± 9° F) y se pesa.	
2	Se tamiza el agregado fino sobre los mismos tamices en los que fueron retenidas sus fracciones antes del ensayo, y el agregado grueso sobre los tamices indicados más adelante en este mismo numeral, según el tamaño de las partículas.	
3	Para el agregado fino, el método y la duración del tamizado deben ser iguales a los usados para preparar la muestra de ensayo.	
4	Para el agregado grueso, el tamizado debe ser manual y con el suficiente agitado para que pasen las partículas de tamaño inferior a la abertura del tamiz.	
No se debe ejercer manipulación adicional para quebrar partículas u obligarlas a pasar por los tamices.		
5	Se determina la masa del material retenido en cada tamiz y se registra cada cantidad	
6	La diferencia entre cada una de estas cantidades y la masa inicial de la fracción de la muestra ensayada, es la pérdida durante el ensayo, la cual se debe expresar como un porcentaje de la masa inicial para ser usado en la tabla	

TAMAÑO DEL AGREGADO	TAMIZ EMPLEADO PARA DETERMINAR LA PÉRDIDA
100 mm - 90 mm (4" – 3 ½")	75 mm (3")
90 mm - 75 mm (3 ½" – 3")	63 mm (2 ½")
75 mm - 63 mm (3" – 2 ½")	50 mm (2")
63 mm - 37.5 mm (2 ½" – 1 ½")	31.5 mm (1 ¼")
37.5 mm - 19.0 mm (1 ½" – ¾")	16.0 mm (5/8")
19.0 mm - 9.5 mm (¾" – 3/8")	8.0 mm (5/16")
9.5 mm - 4.75 mm (3/8" - No. 4)	4.00 mm (No. 5)

EXAMEN CUALITATIVO		
	Se hace un examen cualitativo a las muestras de ensayo con tamaño mayor de 19.0 mm (¾"), como sigue	

TAMAÑO TAMIZ	GRADACIÓN DE LA MUESTRA ORIGINAL, %	MASA DE LAS FRACCIONES ANTES DEL ENSAYO, g	% QUE PASA EL TAMIZ DESIGNADO DESPUÉS DEL ENSAYO	PÉRDIDA PONDERADA EN PORCENTAJE

1	1	Se separan en grupos las partículas de cada muestra de ensayo, de acuerdo con el efecto que produce la acción del sulfato de sodio o magnesio
	2	Se anota el número de partículas que muestran algú

Ensayo de solidez sobre el agregado fino				
Menor de 150 µm (No. 100)	6	-	-	-
300 µm (No. 50) a 150 µm (No. 100)	11	-	-	-
600 µm (No. 30) a 300 µm (No. 50)	26	100	4.2	1.1
1.18 mm (No. 16) a 600 µm (No. 30)	25	100	4.8	1.2
2.36 mm (No. 8) a 1.18 mm (No. 16)	17	100	8.0	1.4
4.75 mm (No. 4) a 2.36 mm (No. 8)	11	100	11.2	1.2
9.55 mm (3/8") a 4.75 mm (No. 4)	4	-	11.2 ^	0.4
	100.0	-	-	5
Ensayo de solidez sobre el agregado grueso				
63 mm (2 ½") a 50 mm (2")				
50 mm (2") a 37.5 mm (1 ½")	20	4783	4.8	1.0
37.5 mm (1 ½") a 25.0 mm (1")				
25 mm (1") a 19.0 mm (¾")	45	1525	8.0	3.6
19.0 mm (¾") a 12.5 mm (½")				
12.5 mm (½") a 9.5 mm (3⁄8")	23	1008	9.6	2.2
9.5 mm (3⁄8") a 4.75 mm (No. 4)	12	298	11.2	1.3
Totales	100.0	-	-	8

^ Se toma el porcentaje de pérdida del tamaño mayor más próximo, puesto que el tamaño en cuestión contiene menos de 5 % en la muestra original como fue recibida (Ver numeral 10.1.3.4)

La acción del sulfato se puede manifestar de muy diversas maneras; en general, se podrá clasificar como desintegración, fragmentación, rotura, agrietamiento, formación de lajas, descascaramiento, etc. Aunque solo se requiere el examen cualitativo de las partículas con tamaño mayor de 19.0 mm (¾"), se recomienda que también se examinen los tamaños inferiores, para observar si se ha producido una fragmentación excesiva.

INDICES DE APLANAMIENTO Y DE ALARGAMIENTO DE LOS AGREGADOS PARA CARRETERAS

Preparación de equipo

DESCRIPCION	REGISTRO FOTOGRAFICO
Tamices de barras – Siete tamices, formados por barras cilíndricas paralelas y con las separaciones entre barras que se muestran a continuación. El bastidor debe ser metálico, de 75 mm de altura y entre 250 y 300 mm de lado. La altura libre del bastidor por encima de las barras se deberá encontrar entre 55 y 65 mm. El diámetro de las barras deberá oscilar entre 5 y 15 mm, dependiendo del ancho de la ranura (a mayor ancho, mayor diámetro).	FRACCIÓN GRANULOMÉTRICA di/Di: mm / pg; ANCHO DE LA RANURA DEL TAMIZ DE BARRAS: mm 50/ 63 — 2 / 2 ½ — 33.9 ± 0.3 37.5/50 — 1 ½ / 2 — 26.3 ± 0.2 25/37.5 — 1 / 1 ½ — 18.8 ± 0.2 19/25 — ¾ / 1 — 13.2 ± 0.2 12.5/19 — ½ / ¾ — 9.5 ± 0.1 9.5/12.5 — 3/8 / ½ — 6.6 ± 0.1 6.3/9.5 — ¼ / 3/8 — 4.7 ± 0.1
Calibradores metálicos – Dos calibradores metálicos, uno de ranuras (calibrador de espesores) y otro de barras (calibrador de longitudes), cuyas dimensiones deben estar de acuerdo con lo especificado a continuación. El calibrador de espesores sustituye al juego de tamices de barras paralelas	FRACCIÓN GRANULOMÉTRICA di/Di: mm / pg; DIMENSIONES DEL CALIBRADOR: APLANAMIENTO (ANCHO DE LA RANURA) mm; ALARGAMIENTO (SEPARACIÓN ENTRE BARRAS) mm 50/ 63 — 2 / 2 ½ — 33.9 ± 0.3 — - 37.5/50 — 1 ½ / 2 — 26.3 ± 0.3 — 78.8 ± 0.3 25/37.5 — 1 / 1 ½ — 18.8 ± 0.3 — 56.3 ± 0.3 19/25 — ¾ / 1 — 13.2 ± 015 — 39.6 ± 0.3 12.5/19 — ½ / ¾ — 9.5 ± 0.15 — 28.4 ± 0.3 9.5/12.5 — 3/8 / ½ — 6.6 ± 0.1 — 19.8 ± 0.2 6.3/9.5 — ¼ / 3/8 — 4.7 ± 0.1 — 14.2 ± 0.2
Tamices – De los siguientes tamaños de abertura: 6.3 mm (¼"), 9.5 mm (3/8"), 12.5 mm (½"), 19 mm (¾"), 25 mm (1"), 37.5 mm (1½"), 50 mm (2") y 63 mm (2½").	
Balanza – Con una sensibilidad mínima de 0.1 % de la masa de la muestra de ensayo.	
Horno – Horno de ventilación forzada, regulado por un termostato que mantenga la temperatura a 110 ± 5° C (230 ± 9° F).	
Equipo misceláneo – Cuarteador de agregados, bandejas, tamizadora mecánica (opcional) etc.	
MUESTRA	
El material recibido en el laboratorio, se reduce por cuarteo hasta obtener una muestra representativa de ensayo, de masa mínima acorde con el tamaño máximo nominal del agregado, teniendo en cuenta que más adelante se deberán rechazar tanto las partículas consideradas sobretamaños como las menores de 6.3 mm (¼").	
Se seca la muestra a 110 ± 5° C (230 ± 9° F) hasta alcanzar masa constante. Se retira del horno y se permite que alcance la temperatura ambiente.	

Se realiza un ensayo de granulometría, conforme a la norma INV E–213. Para el ensayo del índice de aplanamiento se deben descartar las partículas retenidas en el tamiz de 63 mm (2 ½") y las que pasan el de 6.3 mm (¼"); mientras que para el ensayo del índice de alargamiento se deben descartar las partículas retenidas en el tamiz de 50 mm (2") y las que pasan el de 6.3 mm (¼").	
para el ensayo del índice de alargamiento se deben descartar las partículas retenidas en el tamiz de 50 mm (2") y las que pasan el de 6.3 mm (¼").	
Se pesa cada una de las fracciones retenidas entre tamices (Ri) y se coloca en una bandeja separada, debidamente marcada. La suma de las masas de las diferentes fracciones para el ensayo del índice de aplanamiento se llamará M1 y la suma de las destinadas a la prueba de alargamiento se llamará M11. Se calcula el porcentaje individual retenido entre cada par de tamices [(Ri/M1)×100] o [(Ri/M11)×100] Si alguna de las fracciones Ri representa menos del 5 % de M1 o de M11, se deberá descartar. En tal caso, la masa total se reducirá a un valor M2 o M12	
Se calculan y anotan los porcentajes que representan los valores de Ri en relación con la masa total de la muestra (para el índice de aplanamiento, la masa total es M1 o M2, según corresponda; y para el índice de aplanamiento será M11 o M12).	

TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL DEL AGREGADO, mm (pg.)	MASA MÍNIMA DE LA MUESTRA PARA EL ENSAYO DEL ÍNDICE DE APLANAMIENTO, kg	MASA MÍNIMA DE LA MUESTRA PARA EL ENSAYO DEL ÍNDICE DE ALARGAMIENTO, kg
50 mm (2")	35	-
37.5 mm (1 ½")	15	15
25 mm (1")	5	5
19 mm (3/4")	2	2
12.5 mm (½")	1	1
9.5 mm (3/8")	0.5	0.5

ECIFICACIONES

PROCEDMIENTO

1		Se mide el aplanamiento por alguno de los siguientes procedimientos	
	1	Usando el tamiz de barras apropiado para cada fracción, se tamiza la fracción respectiva por él. El cribado se realizará manualmente y se considerará terminado cuando el rechazo no varíe en más de 1 % durante un minuto de tamizado. Entonces, se tratan de pasar manualmente las partículas retenidas en el tamiz, pero sin forzarlas ni romperlas	
	2	Usando el calibrador de aplanamiento, se intentan hacer pasar a mano, una por una, las partículas de cada fracción por la abertura correspondiente del calibrador, sin forzarlas ni romperlas.	
2		Cualquiera haya sido el procedimiento utilizado, una vez pasadas todas las partículas posibles se determina la masa de las que pasaron por cada uno de los tamices o de los espacios del calibrador (mi), o sea las partículas planas, con una aproximación del 0.1 % de la masa M1 o M2, según corresponda.	

3	Se combinan y pesan todas las partículas que pasaron las barras de los tamices o las ranuras del calibrador de aplanamiento. La masa total de ellas será Σ(mi) = M3.	
Índice de alargamiento		
4	Se toma una de las fracciones de material (di/Di) y, de manera manual, se intenta pasar cada una de las partículas por su mayor dimensión entre el par de barras del calibrador que representa dicha fracción. Una partícula alargada que será aquella cuya mayor dimensión le impide pasar por dicho espacio. Las partículas alargadas de la fracción se colocan a un lado. El procedimiento se repite con todas las fracciones.	
5	Se determina la masa de las partículas que quedaron retenidas entre cada par de barras (ni), o sea las partículas alargadas, con una aproximación del 0.1 % de la masa M11 o M12, según corresponda	
6	Se combinan y pesan todas las partículas que quedaron retenidas entre las barras del calibrador de alargamiento. La masa total de ellas será Σ(ni) = M13.	
CALCULOS		
Ri:Masa de la fracción di/Di, g;		
mi:Masa de las partículas planas de la fracción di /Di , g.		
M1 o M2: Masa total de la muestra empleada en la determinación del índice de aplanamiento, g		
M3:Masa de todas las partículas que pasaron las barras de los tamices o las ranuras del calibrador de aplanamiento, g.		
Ri:Masa de la fracción di/Di, g;		
ni:Masa de las partículas alargadas de la fracción di /Di , g.		
M11 o M12:Masa total de la muestra empleada en la		
M13:Masa de todas las partículas que quedaron retenidas en las barras del calibrador de alargamiento, g		
1	Índice de aplanamiento: El índice de aplanamiento de cada fracción di /D i, IAi , se calcula como sigue:	$IA_i = \frac{m_i}{R_i} \times 100$
2	El índice de aplanamiento global, IA, se calcula como sigue	$IA = \frac{M_3}{M_1 \text{ o } M_2} \times 100$
3	Índice de alargamiento: El índice de alargamiento de cada fracción di /D i, ILi , se calcula	$IL_i = \frac{n_i}{R_i} \times 100$
4	El índice de alargamiento global, IL, se calcula como sigue:	$IL = \frac{M_{13}}{M_{11} \text{ o } M_{12}} \times 100$

PORCENTAJE DE PARTÍCULAS FRACTURADAS EN UN AGREGADO GRUESO	
Preparación de equipo	
DESCRIPCION	REGISTRO FOTOGRAFICO
Balanza – Una balanza de 5000 g de capacidad, con exactitud y legibilidad del 0.1 % de la masa de la muestra de ensayo en cualquier punto del rango de utilización.	
Tamices – Tamices de 90.0, 75.0, 63.0, 50.0, 37.5, 25.0, 19.0, 12.5 y 9.5 mm (3½", 3", 2½", 2", 1½", 1", ¾", ½" y 3/8").	
Cuarteador – Cuarteador para la obtención de muestras representativas, en concordancia con la norma INV E–202.	
Espátula – O un utensilio similar, para ayudar a clasificar las partículas del agregado.	

La muestra se debe obtener de acuerdo con el procedimiento definido en la norma INV E–201. MUESTRA			
1	Se seca la muestra lo suficiente para obtener por tamizado una separación nítida de los agregados gruesos y finos. Se tamiza el material sobre el tamiz de 4.75 mm (No. 4),		
	se reduce la muestra retenida en ese tamiz por cuarteo, de acuerdo con la norma INV E–202, para obtener el tamaño de muestra apropiado para este ensayo		
	1	Se coloca la muestra original sobre una superficie dura, limpia y nivelada en donde no se presente pérdida del material ni adición accidental de otros materiales.	
	2	Se mezcla el material completamente, volteando la totalidad de la muestra tres veces. Con la última vuelta se forma una pila cónica depositando cada palada encima de la anterior.	

2	3	Se aplana cuidadosamente la pila cónica para conseguir un espesor y un diámetro uniforme aplanando el vértice con la pala con el fin de que cada cuarto de la pila resultante contenga el material original del mismo. Este diámetro deberá ser aproximadamente de cuatro a ocho veces su espesor.	
	4	Se divide la muestra aplanada en cuatro cuartos iguales usando una pala de extremo plano o un palustre y se retiran dos cuartos diagonalmente opuestos incluyendo todo el material fino y se barren totalmente los resultantes espacios. La anterior operación se repite hasta que la muestra quede reducida al tamaño deseado	
3	La masa de la muestra de ensayo: (1) debe ser lo suficientemente grande para que la partícula de mayor tamaño no represente más del 1.0 % de la masa de la muestra; o (2) debe ser al menos del tamaño indicado en la siguiente lista, la que sea menor de las dos:		

TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL mm (pulgadas)	MASA MÍNIMA DE LA MUESTRA g (lb aprox.)
9.50 (3/8)	200 (0.5)
12.5 (½)	500 (1.0)
19.0 (¾)	1500 (3.0)
25.0 (1)	3000 (6.5)
37.5 (1 ½)	7500 (16.5)
50.0 (2)	15 000 (33.0)
63.0 (2 ½)	30 000 (66.0)
75.0 (3)	60 000 (132.0)
90.0 (3 ½)	90 000 (198.0)

Para agregados con tamaño nominal máximo de 19.0 mm (¾") o mayor, donde el contenido de partículas fracturadas se determina para el material retenido en el tamiz de 4.75 mm (No. 4) o en uno de menor abertura, la muestra de ensayo se debe separar por el tamiz de 9.5 mm (3/8"). La porción pasante del tamiz de 9.5 mm (3/8") debe ser reducida posteriormente, de acuerdo con la norma INV E–202, a un mínimo de 200 g (0.5 libras). Esto reducirá el número de partículas que deben ser separadas durante el procedimiento. En este caso, el porcentaje de partículas fracturadas se determina sobre cada porción, y se calcula un porcentaje promedio de partículas

PROCEDMIENTO

1	Se lava el material sobre el tamiz designado para la determinación de las partículas fracturadas, con el fin de remover cualquier residuo de material fino, y se seca a masa constante		
2	Se determina la masa de la muestra, y cualquier determinación posterior de masa se deberá efectuar con una exactitud de 0.1 % respecto de la masa seca original de la muestra		
3	Se esparce la muestra seca sobre una superficie limpia y plana que sea lo suficientemente grande para permitir la inspección detallada de cada partícula.		
4	Para verificar que una partícula cumple el criterio de fractura, se la sostiene de manera que la cara se pueda ver directamente. Si la cara constituye al menos un cuarto de la mayor sección transversal de la partícula, se debe considerar como una cara fracturada.		
5	Utilizando la espátula o una herramienta similar, se divide la muestra en dos categorías, así		
	1	partículas fracturadas, con base en el hecho de que la partícula tiene el número requerido de caras fracturadas	

	2	partículas que no cumplan el criterio especificado.tienen más de una cara fracturada). Si la especificación no menciona el número requerido de caras fracturadas, la determinación se hará sobre la base de una cara fracturada.	
6	Se determina la masa o se cuenta el número de partículas clasificadas en la categoría de partículas fracturadas, así como la masa o el conteo de las partículas que no cumplen el criterio especificado de fracturadas		
7	Se debe usar la masa para calcular el porcentaje de partículas fracturadas, a menos que se especifique calcular el porcentaje con base en el conteo de partículas.		
8	Si se especifica más de un número de caras fracturadas (por ejemplo, 70 % con una o más caras fracturadas y 40 % con dos o más caras fracturadas), se repite el procedimiento sobre la misma muestra para cada requisito.		

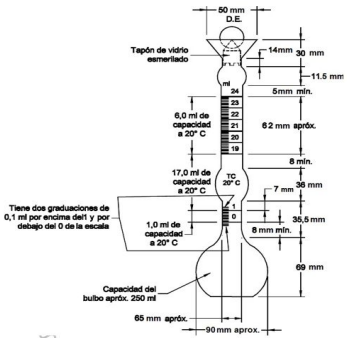
CALCULOS

P:Porcentaje de partículas con el número especificado de caras Fracturadas;

F:Masa o número de partículas fracturadas con, al menos, el número de caras fracturadas especificado;

N:Masa o número de partículas en la categoría de no fracturadas que no cumplen el criterio de partículas fracturadas.

Se calcula el porcentaje en masa o el porcentaje obtenido por conteo, de partículas que presentan el número especificado de caras fracturadas, redondeado al 1 % de acuerdo con la siguiente expresión:	$P = \frac{F}{F + N} \times 100$

DENSIDAD DEL CEMENTO HIDRÁULICO			
Preparación de equipo			
DESCRIPCION			REGISTRO FOTOGRAFICO
1		Frasco de Le Chatelier – Debe tener sección transversal circular y cumplir con las dimensiones indicadas Los requisitos con respecto a las tolerancias, inscripciones y longitud, espaciamiento y uniformidad de las graduaciones deben ser atendidos en forma estricta.	
	1	El frasco deberá estar construido con vidrio de la mejor calidad, transparente y libre de estrías. El vidrio debe ser químicamente resistente y tener una pequeña histéresis térmica. Todo frasco debe ser templado cuidadosamente antes de ser graduado y deberá tener un espesor suficiente para asegurar una razonable resistencia a la rotura.	
	2	El cuello deberá estar graduado de 0 a 1 ml y de 18 a 24 ml, con divisiones de 0.1 ml. El error de cualquier capacidad indicada, no deberá ser superior a 0.05 ml.	
	3	Cada frasco deber llevar un número de identificación permanente y un tapón que, a menos que sea intercambiable, debe tener el mismo número de identificación.	
En la determinación de la densidad se deben emplear kerosene libre de agua o nafta, con una densidad mayor de 0.73 g/ml a 23 ± 2° C.			
Se permite el uso de equipos o métodos alternos para determinar la densidad del cemento hidráulico, siempre y cuando el resultado obtenido por un solo operador con el equipo o método alterno, no difiera en más de 0.03 Mg/m3 del resultado obtenido mediante el método descrito en esta norma.			
PROCEDMIENTO			
1		La densidad del cemento se debe determinar tal como éste se recibe, a menos que se especifique otra cosa. Si se requiere la determinación de la densidad de una muestra libre de pérdidas, se la debe someter primero a ignición de acuerdo con el procedimiento descrito en el numeral 16.1 de la norma ASTM C 114.	
2		Se llena el frasco con cualquiera de los líquidos especificados hasta un punto situado entre las marcas 0 y 1 ml del cuello. Si es necesario, se seca el interior del frasco por encima del nivel líquido, después de verterlo. Se anota la primera lectura después de sumergir el frasco en el baño de agua	

3	Se agrega una cantidad de cemento (aproximadamente 64 g de cemento portland), pesada con una aproximación de 0.05 g, en pequeñas cantidades y a la misma temperatura que el líquido, con el cuidado necesario para evitar salpicaduras y la adhesión del cemento a las paredes del frasco por encima del líquido.	
4	Se puede usar un vibrador para acelerar la adición del cemento dentro del frasco y evitar que se pegue en el cuello. Después de agregar todo el cemento, se coloca el tapón en el frasco y se gira éste en posición inclinada, o se rota suavemente en círculos horizontales para liberar el aire en el cemento, hasta que no asciendan burbujas a la superficie del líquido.	
5	Si se ha añadido una cantidad apropiada de cemento, el nivel del líquido estará en su posición final en algún punto de la serie superior de graduaciones. Se toma la lectura final luego de que el frasco se haya sumergido en el baño de agua. La diferencia entre las dos lecturas corresponde al volumen desplazado por el cemento.	
6	Se sumerge el frasco en un baño de agua a temperatura constante por períodos suficientes para evitar variaciones mayores de 0.2° C en la temperatura del frasco entre las lecturas inicial y final.	

CALCULOS (La densidad del agua a 4° C es1 Mg/m3)

La densidad del cemento se calcula como sigue:

$$\rho\left(\frac{Mg}{m^3}\right) \text{ o } \left(\frac{g}{cm^3}\right) = \frac{\text{Masa de cemento, g}}{\text{volumen desplazado, cm}^3}$$

$$\text{Gravedad específica} = \frac{\text{Densidad del cemento}}{\text{Densidad del agua a 4° C}}$$

GRAVEDAD ESPECÍFICA MÁXIMA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS PARA PAVIMENTOS	
Preparación de equipo	
DESCRIPCION	REGISTRO FOTOGRAFICO
Picnómetros de vacío – Recipientes de metal o plástico con un diámetro de 180 a 260 mm (7 a 10") y una altura no menor de 160 mm (6"). Deben estar equipados con una tapa transparente asegurada con un empaque de caucho y con una conexión para la aplicación del vacío. El recipiente y la tapa deben ser suficientemente rígidos para soportar el vacío sin deformaciones visibles. La conexión a la manguera debe estar cubierta por un trozo de malla fina, con el fin de minimizar la pérdida de material fino	
Matraz para vacío– Utilizado para hacer pesadas únicamente en el aire. Debe ser de pared gruesa, con una capacidad aproximada de 4000 ml y con un tapón de caucho con conexión para la aplicación de vacío. La conexión a la manguera debe estar cubierta por un trozo de malla fina, con el fin de minimizar la pérdida de material fino	
Balanza – Con capacidad amplia y sensibilidad suficiente para que se pueda calcular la gravedad específica de las muestras de mezclas asfálticas sueltas para pavimentos con no menos de cuatro cifras significativas (3 decimales).	
Bomba de vacío o aspirador de agua – Que pueda evacuar el aire del recipiente de vacío hasta una presión residual de 4.0 kPa (30 mm Hg) o menos. Cuando se use una bomba de vacío, se debe instalar entre el recipiente de vacío (picnómetro o matraz) y la fuente de vacío una trampa apropiada, para reducir la cantidad de vapor de agua que pueda entrar en la bomba, la cual hace disminuir su eficiencia	
Manómetro de presión residual o celda de presión absoluta calibrada – Se usa para confirmar que se está aplicando la presión al recipiente y debe ser capaz de medir una presión residual de 4 kPa (30 mm Hg) o menos (preferiblemente hasta 0). Debe estar conectado al final de la línea de vacío utilizando un tubo apropiado, ya sea un conector en “T” en la parte superior del frasco o usando una abertura separada (de la línea de vacío) en la parte superior del frasco para conectar la manguera.	
Manómetro de vacío – Apropiado para medir el vacío que se está aplicando en la fuente de vacío. Este aparato debe estar conectado directamente a la fuente de vacío o en la línea de vacío, pero muy cerca de la fuente.	

Termómetros – De líquido en vidrio, calibrados, de un rango apropiado para las necesidades del ensayo, con subdivisiones y error máximo de escala de 0.5° C (1° F)	
Baño de agua – Que pueda mantener una temperatura constante de 25 ± 1° C (77 ± 1.8° F). Sus dimensiones deben ser tales, que permita la inmersión del recipiente suspendido con su muestra desaireada.	
Válvula de purga – Colocada junto a la línea de vacío para facilitar el ajuste del vacío que está siendo aplicado al recipiente y la liberación lenta de la presión de vacío.	
Dispositivo de agitación mecánica – Capaz de aplicar una agitación suave pero consistente a la muestra. Este dispositivo debe estar equipado con un sistema para asegurar firmemente el recipiente, de forma que éste no se mueva sobre la superficie del dispositivo.	
Horno – Capaz de mantener una temperatura de 110 ± 5° C (230 ± 9° F). Este horno es necesario cuando se ensayan muestras diferentes a las preparadas en el laboratorio usando agregados secos al horno.	

MUESTREO

La muestra se debe obtener de acuerdo con la norma INV E–731

El tamaño de la muestra debe cumplir los siguientes requisitos:

TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL DEL AGREGADO mm (pg.)	TAMAÑO MÍNIMO DE LA MUESTRA g
37.5 (1 ½) o mayor	5000
19 a 25 (¾ a 1)	2500
12.5 (½) o menor	1500

Las muestras cuyo tamaño sea mayor a los dos tercios del volumen del recipiente se deben ensayar en porciones no menores de 1250 g

PROCEDMIENTO

1	Si la mezcla asfáltica se ha preparado en el laboratorio empleando agregados secados al horno, se pasa al numeral 8.2. Cualquier otra muestra requiere secado hasta masa constante (masa que se repite dentro de un rango de 0.1 % en determinaciones consecutivas de 15 minutos) a 110 ± 5° C	
2	Una vez que la muestra está seca y mientras aun se encuentre tibia, se separan a mano las partículas de la muestra, teniendo cuidado de no fracturarlas, de tal manera que las partículas de la porción del agregado fino no sean mayores de 6 mm (¼")	

3	Se permite que la muestra se enfrie a temperatura ambiente. Si las partículas separadas se unen unas con otras después de que la muestra se ha enfriado a temperatura ambiente, las partículas de la porción del agregado fino se separan cuidadosamente de manera que no sean mayores de 6 mm (¼").		
4	Se vierte la muestra directamente en el picnómetro o en el matraz previamente tarados. Se pesa el recipiente con la muestra y se designa la masa neta (únicamente la masa de la muestra) como A.		
5	Se agrega agua suficiente a 25° C (77° F) para cubrir la muestra por completo. Se coloca la tapa del picnómetro o el tapón del matraz, según corresponda.		
6	Se coloca el recipiente (picnómetro o matraz) con la muestra y agua sobre un dispositivo de agitación mecánica y se asegura a la superficie de éste		
7	Se pone en marcha la agitación e inmediatamente se comienza a remover el aire atrapado en la muestra aumentando gradualmente la presión de vacío hasta que el manómetro de presión residual marca 3.7 ± 0.3 kPa (27.5 ± 2.5 mm Hg)		
8	El vacío se deberá alcanzar en un término de 2 minutos y una vez alcanzado, se continuarán el vacío y la agitación durante 15 ± 2 minutos		
9	Se libera gradualmente la presión de vacío usando la válvula de purga y se procede de acuerdo con alguna de las siguientes determinaciones		
	1	Pesando en el agua – Se suspende el picnómetro (sin la tapa) con su contenido dentro del baño de agua y se determina su masa después de una inmersión de 10 ± 1 min. Se mide y registra la temperatura del baño. Se designa la masa sumergida del picnómetro con la muestra como C.	

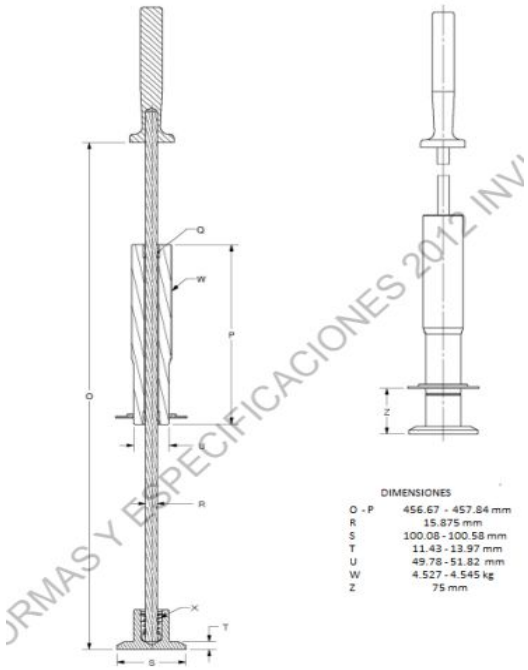
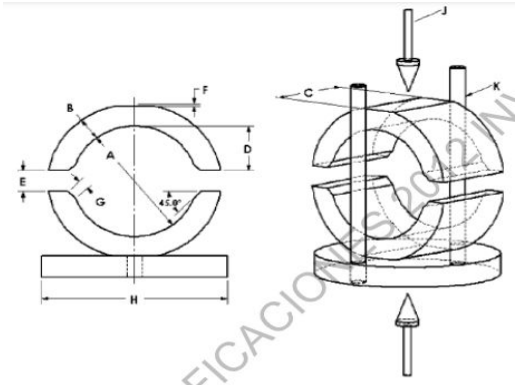
10	2	Pesando en el aire (picnómetro) – Se sumerge lentamente el picnómetro con la muestra en el baño a 25 ± 1° C (77 ± 1.8° F) y se mantiene allí durante 10 ± 1 min. La tapa se deberá colocar también dentro del baño de agua al mismo tiempo. Se desliza la tapa sobre el picnómetro sin removerla del agua con el fin de evitar que quede aire atrapado y, entonces, se presiona con firmeza para cerrar el picnómetro. Se remueve el picnómetro del baño y se seca cuidadosamente. Se determina la masa del picnómetro más la muestra más la tapa. Se mide y anota la temperatura del agua en el picnómetro. Se repite el procedimiento una segunda vez, quitándole la tapa al picnómetro y se coloca de nuevo junto con la tapa en el baño de agua. No es necesario esperar los 10 minutos antes de tomar la segunda medida. Si la masa varía en más de 1 g en relación con la determinada la primera vez, se repite el procedimiento hasta obtener dos masas consecutivas dentro del límite de 1 g. Se designa la masa promedio de estas dos lecturas como E (masa del picnómetro con la tapa, el agua y la muestra).	
	3	Pesando en el aire (matraz) – Se llena lentamente el matraz con agua teniendo el cuidado de no introducir aire dentro de la muestra. Se coloca el frasco en el baño de agua por 10 ± 1 min para estabilizar la temperatura, pero sin sumergir la parte superior del frasco. Se mide y anota la temperatura del agua en el frasco. Se retira el termómetro y se llena completamente el frasco utilizando la placa de vidrio, cuidando de que no queden burbujas de aire atrapadas bajo ella. Se deberá utilizar la misma placa empleada durante la calibración del matraz. Se seca cualquier humedad presente en el exterior del matraz y de la placa de vidrio. Se determina la masa del matraz más la placa, más la muestra, más agua. Se designa esta masa como E.	

CALCULOS	
Gmm: Gravedad específica máxima de la mezcla	
A: Masa en el aire de la muestra seca, g	
B: Masa del picnómetro sumergido en agua, g;	
C: Masa del recipiente con la muestra, sumergido en	
Gmm: Gravedad específica máxima de la mezcla	$G_{mm} = \frac{A}{A - (C - B)}$
Gmm: Gravedad específica máxima de la mezcla	
A: Masa en el aire de la muestra seca, g	

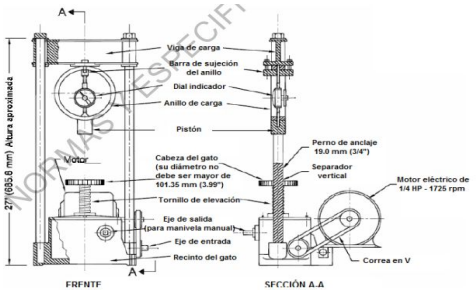
D: Masa de la tapa más el picnómetro lleno con agua a 25° C (77° F), g	
E: Masa del picnómetro con la tapa, el agua y la muestra a 25° C (77° F), g	
Determinación en el caso de pesadas en el aire (muestra en el picnómetro):	$G_{mm} = \frac{A}{A + D - E}$
Gmm: Gravedad específica máxima de la mezcla	
A: Masa en el aire de la muestra seca, g	
D: Masa de la placa de vidrio más el frasco lleno con agua a 25° C (77° F), g	
E: Masa del frasco con la placa, el agua y la muestra a 25°C (77° F),	
Determinación con el matraz	$G_{mm} = \frac{A}{A + D - E}$

PESO UNITARIO SECO EN LOS SUELOS (ENSAYO MODIFICADO DE COMPACTACIÓN)

Preparación de equipo

DESCRIPCION	REGISTRO FOTOGRAFICO
Dispositivo para moldear probetas – Molde cilíndrico con un collar de extensión y una placa de base plana.	
Extractor de probetas – Elemento de acero en forma de disco, con diámetro de 100 mm (3.95") y 12.7 mm (½") de espesor, utilizado para extraer la probeta compactada del molde con la ayuda del collar de extensión. Se requiere un elemento adecuado para transferir la carga a la probeta (gato hidráulico o mecánico), sin deformarla durante el proceso de extracción	
Martillos de compactación con mango sostenido manualmente – De operación manual o mecánica. Consisten en dispositivos de acero con una base plana circular de compactación con una articulación de resorte y un pisón deslizante de 4.54 ± 0.01 kg (10 ± 0.02 lb) de masa total, montado en forma que proporcione una altura de caída de 457.2 ± 1.5 mm (18 ± 0.06").	
Pedestal de compactación – Pieza prismática de madera de base cuadrada, de 203.2 mm de lado y 457.2 mm de altura (8" × 8" × 18"), provista en su cara superior con una platina cuadrada de acero de 304.8 mm de lado y 25.4 mm de espesor (12" × 12" × 1"), firmemente sujeta al pedestal. La madera será roble, pino amarillo u otra clase, con una densidad seca de 670 a 770 kg/m³ (42 a 48 lb/pie³).	
Mezcladora – Se recomienda que la operación de mezclado de los materiales se realice con una mezcladora mecánica capaz de producir, en el menor tiempo posible, una mezcla homogénea a la temperatura requerida	
Sujetador para el molde – Dispositivo con resorte de tensión, diseñado para centrar rígidamente el molde de compactación sobre el pedestal. En los equipos que tienen varios compactadores, los sujetadores no se encuentran necesariamente centrados. El sujetador debe sostener en su posición el molde, el collar y la placa de base durante la compactación de la probeta	
Elementos de calefacción – Para calentar los agregados, el asfalto, los moldes, los martillos y otros elementos, se requiere un horno o una placa de calefacción provista de control termostático, capaz de mantener la temperatura en un rango de ± 3° C (± 5° F) en relación con las temperaturas requeridas para la mezcla y la compactación	

ORMAS Y ESPECIFICACIONES 2012 INV

Mordazas – Consisten en dos segmentos cilíndricos de hierro fundido gris, acero fundido o de tubería de acero recocido. La mordaza inferior va montada sobre una base plana, provista de dos varillas perpendiculares a ella (de 12.5 mm (½") de diámetro o más), que sirven de guía para ensamblarla con la mordaza superior, sin que queden muy apretadas o sueltas	
Máquina de compresión – Para la rotura de las probetas se empleará una prensa mecánica o hidráulica, capaz de producir una velocidad uniforme de desplazamiento vertical de 50 ± 5 mm/min. (2 ± 0.15"/min.).	
Medidor de la estabilidad – La resistencia de la probeta en el ensayo se medirá con un anillo dinamométrico acoplado a la prensa de 20 kN (5000 lbf) de capacidad nominal, con una sensibilidad mínima de 50 N (10 lbf). Las deformaciones del anillo se miden con un dial graduado en 0.0025 mm (0.0001") o de mayor precisión. El anillo deberá estar unido al marco de carga y a un adaptador que permita transmitir la carga a las mordazas	
Medidor de deformación (flujo) – El medidor de deformación consiste en un deformímetro de lectura final fija, con divisiones en 0.25 mm (0.01") o de mayor precisión. En el momento del ensayo, el medidor deberá estar firmemente apoyado sobre la mordaza superior y su vástago se apoyará en una de las varillas guías acopladas a la mordaza inferior.	
Baño de agua – De la profundidad suficiente para mantener una lámina de agua mínima de 30 mm (1.25") sobre la superficie superior de las probetas compactadas. Debe tener un control termostático que le permita mantener en cualquier punto del tanque la temperatura especificada ± 1° C (± 2.0° F). El baño deberá tener un falso fondo perforado o estar equipado con un estante para sostener las probetas 50 mm (2") o más por encima fondo del tanque. También, deberá estar equipado con un dispositivo mecánico para la circulación del agua	
Bandejas metálicas – De fondo plano, para calentar agregados	
Recipientes con tapa – Para calentar el cemento asfáltico	
Herramientas para mezclar – Palustres de acero de punta redondeada, cucharones, espátulas	
Termómetros blindados – Con rango de 10 a 200° C (50 a 400° F) y sensibilidad de 3° C (5° F), para determinar las temperaturas del asfalto, los agregados y la mezcla. Para medir la temperatura del baño de agua, se utilizará un termómetro con escala de 20 a 70° C, con posibilidad de lectura de 0.2° C (0.4° F).	

Balanza – De 2 kg de capacidad, legible a 0.1 g, para pesar los materiales y las probetas compactadas.	
Tamices – Los necesarios para reproducir en el laboratorio la granulometría exigida por la especificación a los agregados empleados para la mezcla que se va a diseñar.	
Guantes – De soldador para manejar equipo caliente, y de caucho para sacar las muestras del baño de agua	
Crayolas – Para identificar las probetas	
ELAVORACION DE PROBETAS	
Número de probetas – Para una gradación particular del agregado, original o mezclada, se deberá preparar una serie de probetas con diferentes contenidos de asfalto (con incrementos de 0.5 % en masa entre ellos), de manera que los resultados se puedan graficar en curvas que indiquen un contenido "óptimo" definido, con puntos de cada lado de este valor. Como mínimo, se prepararán tres probetas para cada contenido de asfalto.	
Un diseño con seis contenidos de asfalto, necesitará, entonces, por lo menos dieciocho (18) probetas. Para cada probeta se necesitan unos 1200 g de ingredientes	
resulta conveniente disponer de unos 23 kg (50 lb) de agregados	
alrededor de 4 litros (1 galón) de cemento asfáltico.	
Se requiere, además, una cantidad extra de materiales para análisis granulométricos y para la determinación de sus gravedades específicas	
Preparación de los agregados – Los agregados se deberán secar hasta masa constante a una temperatura entre 105 y 110° C (220 y 230° F) y se separarán por tamizado en fracciones de diferentes tamaños	25.0 mm a 19.0 mm (1" a ¾") 19.0 mm a 9.50 mm (¾" a 3/8") 9.50 mm a 4.75 mm (3/8" a No. 4) 4.75 mm a 2.36 mm (No. 4 a No. 8) Pasante de 2.36 mm (No. 8)
Determinación de las temperaturas de mezcla y compactación – La temperatura a la cual se debe calentar el cemento asfáltico para elaborar las mezclas será la requerida para que presente una viscosidad de 170 ± 20 cP (0.17 ± 0.02 Pa.s). La temperatura a la cual se deberá realizar la compactación de las probetas será la correspondiente a una viscosidad del cemento asfáltico de 280 ± 30 cP (0.28 ± 0.03 Pa.s).	

Preparación de las mezclas – Las mezclas se pueden preparar en las cantidades necesarias para elaborar una probeta o el juego de tres probetas requerido por cada porcentaje de ligante	
1	En varias bandejas taradas, separadas para cada fracción de la muestra, se pesan sucesivamente las cantidades de cada porción de agregados, previamente calculadas de acuerdo con la gradación necesaria para la fabricación de una o más probetas, de forma que cada probeta resulte con una altura de 63.5 ± 2.5 mm (2 ½ ± 0.1") (aproximadamente 1200, 2400 o 3600 g para 1, 2 o 3 probetas). Los agregados se calientan en una placa de calentamiento o en el horno a una temperatura mayor que la establecida para la mezcla, pero sin excederla en más de 28° C (50° F)
2	Posteriormente, se transfieren al recipiente de mezclado donde se mezclan en seco durante unos 5 s y, a continuación, se forma un cráter en su centro, dentro del cual se vierte la cantidad requerida de asfalto, debiendo estar ambos materiales en ese instante a temperaturas comprendidas dentro de los límites establecidos para el proceso de mezcla
3	A continuación, se mezclan los agregados y el asfalto lo más rápidamente posible hasta obtener una mezcla completa y homogénea en un término no mayor de 60 s si la cantidad de mezcla es la necesaria para elaborar una sola probeta o de 120 s si la bachada es múltip
4	Las bachadas sencillas (para una sola probeta) se colocan en un horno ventilado, dentro de recipientes metálicos cerrados, a una temperatura de 8 a 11° C (15 a 20° F) por encima de la establecida para la compactación durante un período comprendido entre 1 y 2 horas
5	En el caso de bachadas múltiples, ellas se colocan sobre una superficie limpia y no absorbente. Se hace una mezcla manual y se cuartea para producir las porciones para confeccionar cada una de las probetas, colocando cada una en un recipiente y procediendo luego como se indica anteriormente
Compactación de las Probetas	

1	Simultáneamente con la preparación de la mezcla, el conjunto de molde, collar, placa de base y la base del martillo de compactación, se limpian y calientan en un baño de agua hirviendo o en el horno o una placa calefactora, a una temperatura comprendida entre 90 y 150° C (200 y 300° F).	
2	Se arma el conjunto de moldeo de las probetas y, antes de verter la mezcla, se coloca en el fondo del molde un papel de filtro circular de tamaño ajustado al área interna del molde.	
3	A continuación, se coloca toda la porción de mezcla en el molde y se la golpea vigorosamente con una espátula o palustre caliente, 15 veces alrededor del perímetro y 10 sobre el interior	
4	Se coloca otro papel de filtro sobre la mezcla. La temperatura de la mezcla inmediatamente antes de la compactación deberá hallarse dentro de los límites de temperatura de compactación	
5	Se coloca el conjunto en el sujetador sobre el pedestal de compactación y se aplica el número de golpes especificado, empleando para ello el martillo de compactación.	
6	En seguida, se retiran la placa de base y el collar y se colocan en los extremos opuestos del molde; se vuelve a montar éste en el pedestal y se aplica el mismo número de golpes a la cara invertida de la muestra.	
7	Después de la compactación, se retiran el collar y la placa de base, y se deja enfriar la muestra al aire hasta que su temperatura sea tal, que no se produzca ningún daño en ella al extraerla del molde.	
8	Se pueden utilizar ventiladores de mesa cuando se desee un enfriamiento más rápido, o se puede sumergir el molde en agua fría dentro de una bolsa plástica.	
9	Se saca cuidadosamente la probeta del molde con ayuda del extractor se identifica con la crayola y se coloca sobre una superficie plana, lisa, donde se deja en reposo durante una noche	
10	Cumplido el período de reposo, se determina la gravedad específica bulk de cada probeta mediante alguno de los procedimientos descritos en las normas INV E–733, INV E–734 o INV E–802	

11	Los valores de las gravedades específicas de probetas elaboradas con los mismos ingredientes y en las mismas condiciones se deberán encontrar en un rango de ± 0.020 en relación con su valor promedio. Posteriormente, se mide el espesor de cada espécimen según el procedimiento de la norma INV E–744.	
PROCEDMIENTO (estabilidad y flujo)		
1	El ensayo de estabilidad y flujo se deberá realizar dentro de las 24 horas siguientes a la compactación de las probetas	
2	Se colocan las probetas en un baño de agua durante 30 a 40 minutos o en el horno durante un término de 120 a 130 minutos, manteniendo el baño o el horno a 60 ± 1° C (140 ± 2° F).	
3	Se limpian perfectamente las barras guías y las superficies interiores de las mordazas de ensayo antes de montar las probetas	
4	Se lubrican las barras guías de manera que la mordaza superior se deslice libremente sobre ellas. La temperatura de las mordazas se deberá mantener entre 20 y 40° C (70 a 100° F).	
5	Si se usa un baño de agua para ello, el agua se deberá remover totalmente del interior de las mordazas en el momento de extráelas del baño para realizar el ensayo	
6	Se retira una probeta del baño de agua (se debe secar cualquier exceso de agua con una toalla) u horno y se coloca centrada en la mordaza inferior; se monta la mordaza superior con el medidor de deformación y el conjunto se sitúa centrado en la prensa	
7	Se coloca el medidor de flujo en posición (cuando se usa), se ajusta a cero, y se mantiene su vástago firmemente contra la mordaza superior mientras se aplica la carga de ensayo	
8	A continuación, se aplica la carga sobre la probeta con la prensa a una rata de deformación constante de 50 ± 5 mm/min (2.00 ± 0.15"/min) hasta que ocurra la falla, es decir cuando se advierte que se alcanza la máxima carga y luego comienza decrecer	
9	El procedimiento completo, desde la remoción de la probeta del baño de agua u horno hasta su falla, no deberá demorar más de 30 segundos.	

Si se emplea el Método A el flujo será la deformación registrada por el dial de deformación en el instante de la falla Cuando se emplee el Método B, se detiene el ensayo en el instante en que la celda de carga indica que la velocidad progresiva de carga, la cual se ha dirigido con una rata de deformación constante, ha comenzado a decrecer.la determinación del flujo suele corresponder al pico de estabilidad; sin embargo, como una alternativa cuando la condición de falla no se puede establecer con precisión, el flujo se puede elegir como el punto sobre la curva que está 1.5 mm (6 × 10-2 pg.) a la derecha de la tangente mencionada. El valor del flujo se acostumbra expresar en milímetros o en 1/100 pulgada (un flujo de 0.12" se reporta como 12). La estabilidad Marshall será la carga correspondiente al flujo.

10	el procedimiento se repite para caada una de las probetas	

CALCULOS

VOLUMEN DE LA PROBETA cm^3	ESPESOR DE LA PROBETA		FACTOR DE CORRECCIÓN
	mm	pg.	
200 a 213	25.4	1.00	5.56
214 a 225	27.0	1.06	5.00
226 a 237	28.6	1.12	4.55
238 a 250	30.2	1.19	4.17
251 a 264	31.8	1.25	3.85
265 a 276	33.3	1.31	3.57
277 a 289	34.9	1.38	3.33
290 a 301	36.5	1.44	3.03
302 a 316	38.1	1.50	2.78
317 a 328	39.7	1.56	2.50
329 a 340	41.3	1.62	2.27
341 a 353	42.9	1.69	2.08
354 a 367	44.4	1.75	1.92
368 a 379	46.0	1.81	1.79
380 a 392	47.6	1.88	1.67
393 a 405	49.2	1.94	1.56
406 a 420	50.8	2.00	1.47
421 a 431	52.4	2.06	1.39
432 a 443	54.0	2.12	1.32
444 a 456	55.6	2.19	1.25
457 a 470	57.2	2.25	1.19
471 a 482	58.7	2.31	1.14
483 a 495	60.3	2.38	1.09
496 a 508	61.9	2.44	1.04
509 a 522	63.5	2.50	1.00
523 a 535	65.1	2.56	0.96
536 a 546	66.7	2.62	0.93
547 a 559	68.3	2.69	0.89
560 a 573	69.8	2.75	0.86
574 a 585	71.4	2.81	0.83
586 a 598	73.0	2.88	0.81
599 a 610	74.6	2.94	0.78
611 a 626	76.2	3.00	0.76

Si el espesor de la probeta es diferente de 63.5 mm (2 ½"), el valor de estabilidad obtenido en el ensayo se deberá corregir, multiplicándolo por el factor que corresponda de la Tabla Los resultados obtenidos a través de la aplicación de factores muy altos o bajos se deben usar con precaución.

DETERMINACIÓN EN EL LABORATORIO DEL CONTENIDO DE AGUA (HUMEDAD) DE MUESTRAS DE SUELO, ROCA Y MEZCLAS DE SUELO -AGREGADO	
Preparación de equipo	
DESCRIPCION	REGISTRO FOTOGRAFICO
Horno – Controlado termostáticamente, preferiblemente de tiro forzado, y que pueda mantener una temperatura uniforme de 110 ± 5° C (230 ± 9° F) en toda la cámara de secado	
Balanzas – Con una legibilidad de 0.01 g para muestras que tengan una masa de 200 g o menos; y una legibilidad de 0.1 g para muestras que tengan una masa mayor de 200 g. En cualquier caso, la balanza utilizada deberá ser controlada por el número necesario de dígitos significativos	
Recipientes para las muestras – Recipientes adecuados, hechos de un material resistente a la corrosión y a cambios en su masa al ser sometidos a calentamientos y enfriamientos repetidos, a la exposición a materiales de pH variado y a operaciones de limpieza. A menos que se use un desecador, se deberán usar recipientes con tapas de cierre hermético para el ensayo de muestras con masa hasta de 200 g; mientras que para muestras de masa mayor se podrán usar recipientes sin tapa	
Desecador (Opcional) – De tamaño adecuado y que contenga gel de sílice o sulfato de calcio anhidro. Se prefiere el uso de un desecante que cambie de color cuando requiera reemplazo.	
Aparato para el manejo de las muestras – Apropiado para mover y manejar los recipientes calientes luego del secado de las muestras.	
Elementos misceláneos – Guantes resistentes al calor, cuchillos, espátulas, cucharas, lona para cuartear, seguetas, etc.	
Elementos de calefacción – Para calentar los agregados, el asfalto, los moldes, los martillos y otros elementos, se requiere un horno o una placa de calefacción provista de control termostático, capaz de mantener la temperatura en un rango de ± 3° C (± 5° F) en relación con las temperaturas requeridas para la mezcla y la compactación	
MUESTRAS	
las muestras se deben almacenar en recipientes herméticos no corrosibles, a una temperatura entre 3 y 30° C (37 a 86° F) y en un área en la cual no tengan contacto directo con la luz solar.	

Las muestras alteradas que se encuentren en vasijas u otros recipientes deberán ser almacenadas de manera de prevenir o minimizar la condensación de humedad en las paredes internas de los recipientes

La determinación del contenido de agua se deberá hacer tan pronto como sea posible después del muestreo, en especial si los recipientes usados son potencialmente corrosibles

ESPECIMEN DEL ENSAYO

La masa mínima del espécimen del material húmedo seleccionado como representativo del total de la muestra, se debe escoger en función del tamaño máximo de partícula que haya sido determinado por examen visual, y del método adoptado para el registro de los datos (Método A o Método B).La masa mínima de la muestra y la capacidad de lectura que debe tener la balanza utilizada para pesar las muestras, deberán estar de acuerdo con lo indicado en la Tabla

TAMAÑO MÁXIMO DE PARTÍCULA (PASA 100 %)		MÉTODO A CONTENIDO DE AGUA REGISTRADO CON APROXIMACIÓN DE ± 1 %		MÉTODO B CONTENIDO DE AGUA REGISTRADO CON APROXIMACIÓN DE ± 0.1 %	
TAMAÑO TAMIZ (MM)	TAMAÑO TAMIZ ALTERNATIVO	MASA DEL ESPÉCIMEN	LECTURA DE LA BALANZA (g)	MASA DEL ESPÉCIMEN	LECTURA DE LA BALANZA (g)
75.0	3"	5 kg	10	50 kg	10
37.5	1½"	1 kg	10	10 kg	10
19.0	¾"	250 g	1	2.5 kg	1
9.5	3/8"	50g	0.1	500 g	0.1
4.75	No. 4	20 g	0.1	100 g	0.1
2.00	No. 10	20 g	0.1	20 g	0.01

El uso de un espécimen de ensayo de tamaño inferior al mínimo indicado anteriormente requiere especial cuidado, debiendo considerarse si resulta adecuado para el propósito de la prueba. En la hoja de datos del ensayo, o en los formatos con los resultados, se deberá dejar constancia de cualquier espécimen usado que no satisfaga los requisitos de la Tabla

Cuando se trabaje con un espécimen pequeño (menos de 200 g) que contenga una partícula de grava relativamente grande, se debe descartar esta partícula dentro del espécimen de prueba. Sin embargo, en la hoja de datos del ensayo o en los formatos con los resultados, se deberá dejar constancia de cualquier material descartado.

Para aquellas muestras compuestas en su totalidad por roca intacta o agregados del tamaño de grava, la masa mínima del espécimen debe ser de 500 g. Se permite dividir porciones representativas de la muestra en partículas más pequeñas, cuyo tamaño dependerá de la masa del espécimen, del volumen del recipiente y de la balanza que se va a usar para determinar la masa constante. Se pueden ensayar especímenes de masas tan pequeñas como 200 g, si resulta aceptable informar contenidos de agua con sólo dos dígitos significativos.

PROCEDMIENTO

1	Se determina y registra la masa de un recipiente limpio y seco (y su tapa, si ella se usa).
2	Se escoge una muestra de ensayo representativa

3	Se coloca la muestra húmeda dentro del recipiente; se coloca la tapa firmemente en posición (cuando ella se utilice) y se determina el peso del recipiente con la muestra de material, usando una balanza	
4	Se retira la tapa (si fue usada) y se coloca el recipiente con el material húmedo en el horno para secar el material hasta que alcance masa constante. El horno secador se mantiene a una temperatura de 110 ± 5° C (230 ± 9° F), salvo que se especifique otra cosa	
5	El tiempo requerido para alcanzar la masa constante varía dependiendo del tipo de material, del tamaño del espécimen, del tipo y capacidad del horno y otros factores	
6	Generalmente, la influencia de estos factores se puede establecer usando el buen juicio y la experiencia adquirida con los materiales que están siendo ensayados y con el equipo utilizado	
	1	En la mayoría de los casos, el secado de una muestra de un día para otro (12 a 16 horas), es suficiente, en especial si se usan hornos de tiro forzado. Cuando se presenten dudas sobre la suficiencia del secado a masa constante, se deberá repasar la definidos anteriormente y verificar si se producen pérdidas adicionales de masa bajo tiempos adicionales de secado en el horno. Se puede usar un período mínimo de dos horas, incrementado el tiempo de secado a medida que la masa del espécimen es mayor. Una manera rápida de verificar si una muestra relativamente grande (de más de 100 g) está seca, consiste en colocar una pequeña tira de papel sobre la muestra cuando está en el horno o justo al sacarla de él. Si el papel tiende a enrollarse, ello significa que el material no está totalmente seco y, por lo tanto, requiere un tiempo adicional de secado. Los especímenes de arena se pueden secar a menudo hasta masa constante en un lapso de cuatro horas, cuando se emplea un horno de tiro forzado
	2	Debido a que algunos materiales secos pueden absorber humedad de especímenes que aún conserven alguna humedad, aquellos deben ser retirados del horno antes de colocar los especímenes húmedos, salvo que se tenga previsto que los especímenes secos permanezcan en el horno durante toda la noche
7	Después de que el material se haya secado a masa constante, se retira el recipiente del horno y se le coloca la tapa, si ella se usó inicialmente . Se permite que el material y el recipiente se enfríen a la temperatura ambiente o hasta que el recipiente pueda ser manejado fácilmente con ambas manos y la operación de pesaje no se vea afectada por corrientes de convección y/o transmisión de calor	

8	Se determina la masa del recipiente con la muestra secada en el horno, usando la misma balanza usada en la operación descrita en el paso 3		
9	Se registra este valor. Se deberán usar tapas de ajuste a presión siempre que se ensayen especímenes que absorban humedad del aire antes de determinarles la masa seca.		
	1	El enfriamiento de la muestra seca en un desecador constituye una buena alternativa al uso de las tapas de presión, ya que se reduce enormemente la absorción de la humedad atmosférica durante el enfriamiento.	

CALCULOS

w: Contenido de agua, %;	$w = \frac{W_1 - W_2}{W_2 - W_c} \times 100 = \frac{W_w}{W_s} \times 100$
W1: Masa del recipiente con el espécimen húmedo, g	
W2: Masa del recipiente con el espécimen seco, g	
Wc: Masa del recipiente, g	
Ww: Masa del agua, g	
Ws: Masa de las partículas sólidas, g	

OBTENCIÓN Y ENSAYO DE NÚCLEOS DE CONCRETO ENDURECIDO	
Preparación de equipo	
DESCRIPCION	REGISTRO FOTOGRAFICO
Taladro saca–núcleos – Para obtener núcleos cilíndricos con brocas de diamante.	
Sierra – Para cortar los extremos de los núcleos. La sierra debe tener un borde cortante de diamante o de carburo de silicio y deberá poder cortar los especímenes sin producir grietas ni desalojar partículas del agregado.	
MUESTRAS	
Las muestras de concreto endurecido para uso en la preparación de especímenes para ensayos de resistencia, no se deben tomar hasta que el concreto haya endurecido lo suficiente para permitir la remoción de la muestra sin alterar la adhesión entre el mortero y el agregado grueso	
Al preparar los especímenes para ensayos de resistencia de muestras de concreto endurecido, se deberán descartar aquellos que presenten defectos o que se hayan deteriorado durante el proceso de extracción, a menos que al remover las porciones deterioradas la longitud remanente del espécimen satisfaga los requisitos mínimos para la relación longitud/diámetro.	
Las muestras del concreto defectuoso o deteriorado que no se puedan ensayar, se deben informar junto con el motivo que las inhabilita para preparar los especímenes de ensayo	
Con excepción de lo indicado en el siguiente numeral, los núcleos que contengan refuerzo u otros objetos embebidos, con excepción de fibras, no se deberán emplear en la determinación de la resistencia del concreto	

Si no resulta posible preparar un espécimen de ensayo que cumpla los requisitos indicados y que se encuentre libre de refuerzo u otro metal, el prescriptor de los ensayos podrá permitir el uso de núcleos con metal embebido. Si un núcleo ensayado en resistencia contiene metal embebido, en el informe del ensayo se deberá dejar constancia del tamaño, la forma y la ubicación del metal	
Extracción de núcleos – Cuando el núcleo se vaya a emplear en un ensayo para medir la resistencia del concreto, se deberá taladrar perpendicularmente a la superficie y, al menos, a 150 mm (6") de juntas formadas o bordes obvios del elemento estructural. Esta distancia mínima no aplica a límites formados de miembros estructurales.	
Se debe anotar el ángulo aproximado entre el eje longitudinal del núcleo taladrado y el plano horizontal de colocación del concreto. Si se extrae un espécimen perpendicularmente a una superficie vertical o inclinada, la toma se deberá realizar cerca del centro del elemento estructural, siempre que sea posible	
Si los núcleos se van a tomar con fines diferentes a la determinación de la resistencia, el taladrado se deberá realizar de acuerdo con las instrucciones del prescriptor de los ensayos. Se deberán anotar la fecha en la cual se extrajo el núcleo y la de colocación del concreto, si esta última se conoce	
Remoción de losas – Se deberá remover una losa de tamaño suficiente para asegurar los especímenes de ensayo deseados, excluyendo todo concreto agrietado, astillado, mal cortado o con cualquier otra irregularidad.	
NUCLEOS PERFORADOS	
Los núcleos para determinar el espesor de pavimentos, losas, muros u otros elementos estructurales deberán tener un diámetro de, cuando menos, 94 mm (3.70")	
En el caso de núcleos que no se vayan a emplear para determinar las dimensiones de la estructura, se miden las longitudes mayor y menor sobre la superficie cortada, a lo largo de líneas paralelas al eje del núcleo. La longitud promedio se anota redondeada a 5 mm (¼").	
NUCLEOS PARA ENSAYOS DE RESISTENCIA A COMPRESION	

Diametro	
los diámetros de los núcleos para la determinación de la resistencia a compresión deberán ser, como mínimo, de 94 mm (3.70"), o al menos el doble del tamaño máximo nominal del agregado grueso, el que sea mayor de los dos	
Si el limitado espesor del miembro estructural hace imposible la obtención de núcleos con una relación longitud /diámetro al menos igual a 1.0, o si la distancia libre entre las varillas de refuerzo es limitada, se permite la toma de núcleos con diámetros menores de 94 mm (3.70"). Cuando se presente esta situación, se deberá dejar constancia de ella en el informe del ensayo.	
Longitud	
la longitud preferida del espécimen refrentado o nivelado es de 1.9 a 2.1 veces el diámetro Si la relación es mayor de 2.1, se deberá reducir la longitud del núcleo para que quede dentro de dicho rango. Los especímenes cuya relación longitud /diámetro sea menor o igual a 1.75 requieren la aplicación de factores de corrección a la resistencia a compresión obtenida Cuando la relación es mayor de 1.75, no se requiere aplicar ninguna corrección	
Si las resistencias a la compresión de los especímenes de núcleos se van a comparar con las resistencias especificadas a partir de cubos normalizados de concreto, los núcleos se deberán ensayar con una relación longitud /diámetro, luego de la preparación de sus extremos, entre 1.00 y 1.05, a menos que el prescriptor de los ensayos establezca otro valor.	
Si las resistencias de núcleos con relación longitud /diámetro igual a 1.00 se van a comparar con la resistencia especificada para cubos de concreto, no se deberá aplicar el factor de corrección mencionado anteriormente	
Acondicionamiento húmedo – Los núcleos se deben ensayar luego de su acondicionamiento húmedo conforme se especifica en este método de ensayo o como lo establezca el prescriptor de los ensayos.	

1	Luego de extraer los núcleos, se seca el agua de perforación de su superficie y se permite la evaporación de la humedad superficial remanente. Cuando las superficies luzcan secas, pero no después de una hora de la extracción, los núcleos se colocan en bolsas plásticas separadas o en recipientes no absorbentes y se sellan para prevenir pérdidas de humedad.
2	Se mantienen a temperatura ambiente y se protegen de la exposición directa a los rayos del sol. Se transportan al laboratorio tan pronto como sea posible. Solo se podrá sacar de los recipientes en el instante de la preparación de sus extremos y por un máximo de 2 horas para permitir el refrentado antes de someterlos a ensayo.
3	Si se emplea agua durante el aserrado o la rectificación de los extremos del núcleo, estas operaciones se deberán completar, por tarde, dos días después de la extracción, salvo que el prescriptor de los ensayos haya dispuesto algo diferente
4	Luego de completar la preparación de los extremos, se seca la humedad superficial, se permite que se seque la superficie del núcleo y se vuelve a colocar en una bolsa plástica o un recipiente no absorbente. Se debe minimizar la exposición al agua durante la preparación de los extremos
5	Los núcleos deberán permanecer en las bolsas plásticas o en los recipientes no absorbentes por un término mínimo de 5 días después de la última vez que fueron humedecidos y antes del ensayo, a menos que el prescriptor de los ensayos haya dispuesto algo diferente
6	Si se dan instrucciones para ensayar los núcleos en una condición de humedad diferente a la alcanzada mediante el acondicionamiento descrito anteriormente, se debe dejar constancia de ello en el informe del ensayo.

Aserrado de los extremos – Las bases de los especímenes de núcleos que se van a ensayar a la compresión, deberán ser sensiblemente planas y perpendiculares a su eje longitudinal de acuerdo con lo especificado en la norma INV E–410. De ser necesario, los extremos que se van a refrentar se asierran hasta cumplir los siguientes requisitos:	
1	Las protuberancias, si las hay, no se deberán extender a más de 5 mm (0.2") de la superficie terminada de cualquiera de las bases
2	Las superficies terminadas de las bases no se podrán apartar de la perpendicular al eje longitudinal en más de 1:8d o 1:0.3d, donde d es el diámetro promedio del cilindro, en milímetros o pulgadas, respectivamente.
Cálculo de la densidad – Se mide la masa del espécimen inmediatamente antes de ser refrentado o inmediatamente antes del ensayo si las bases no se van a refrentar. Se calcula el volumen del núcleo a partir del diámetro promedio y de la longitud, Dividiendo la masa por el volumen, se calcula la densidad del núcleo redondeada a 20 kg/m3 (1 lb/pie3).	
Refrentado – Si las bases de los núcleos no cumplen los requisitos de perpendicularidad de la norma INV E–410, se deberán aserrar o rectificar, o refrentar con una capa adherida de acuerdo con la norma INV E–403, o con tapas no adheridas según se especifica en la norma INV E–408. Si los especímenes se refrentan con una capa adherida, el dispositivo para el refrentado se debe acomodar a los diámetros reales y producir capas que sean concéntricas con las bases de los núcleos. La longitud de los núcleos se deberá medir aproximada a 1 mm (0.1") antes del refrentado. Si se usan tapas no adheridas, el espacio entre el núcleo y los anillos de retención deberá cumplir lo establecido en la norma INV E–408.	
Medidas – Antes de efectuar el ensayo, se deberá medir la longitud del núcleo con aproximación a 1 mm (0.1"), de acuerdo con la norma INV E–419. Esta longitud se empleará para el cálculo de la relación longitud/diámetro.	

1	Para los núcleos que van a ser ensayados con tapas adheridas, se mide la longitud del núcleo refrentado. Para los núcleos a ser ensayados con tapas no adheridas o con las bases rectificadas, la longitud se mide sobre el espécimen preparado
2	El diámetro se determina promediando dos (2) medidas tomadas en ángulos rectos entre sí, aproximadamente en la mitad del espécimen. Las medidas del diámetro se deben realizar aproximadas a 0.2 mm (0.01") si la diferencia entre ellas no excede de 2 % de su promedio; de lo contrario, se deberán medir aproximadas a 1 mm (0.1").

Los núcleos no se deberán ensayar si la diferencia entre los diámetros mayor y menor es superior al 5 % de su promedio

Ensayo – El ensayo a compresión de los núcleos se debe efectuar como se describe en la norma INV E–410. Los núcleos se deberán ensayar dentro de los siete días siguientes a la extracción si no se especifica de otra manera.

Cálculos – El cálculo de la resistencia a la compresión de cada espécimen se realizará utilizando su sección transversal basada en el diámetro medio determinado

si la relación longitud/diámetro es menor o igual a 1.75, la resistencia a compresión calculada se deberá multiplicar por un factor de corrección, como se indica en la Tabla . Los factores de corrección por aplicar a relaciones longitud/diámetro diferentes a las indicadas en la tabla se deben determinar por interpolación.

l/D	FACTOR DE CORRECCIÓN				
0.50	-	-	0.59	-	0.53
1.00	0.87	0.80	0.81	0.82	0.83
1.25	0.93	0.87	-	-	0.92
1.50	0.96	0.92	0.92	0.98	0.97
1.75	0.98	0.97	-	-	0.99
2.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
3.00	-	-	-	1.03	-
Referencia	**ASTM**	**BSI**	**Lewandowski**	**Sangha**	**Chung**

Informe – Los resultados se deben informar como lo exige la norma INV E–410, adicionando los siguientes datos

1		Longitud del núcleo tal como fue extraído, aproximada a 5 mm (¼")
2		Si el diámetro del núcleo es menor de 94 mm (3.70"), se debe indicar el motivo por el cual se utilizó dicho diámetro.
3		Longitud del espécimen antes y después del refrentado o de la preparación de las bases, aproximada a 1 mm (0.1"), y diámetro promedio del núcleo aproximado a 0.2 mm (0.01") o 2 mm (0.1").
4		Resistencia a la compresión redondeada a 0.1 MPa (10 lbf/pg²) cuando el diámetro se haya medido con una aproximación de 0.2 mm (0.01"), y a 0.5 MPa (50 lbf/pg²) cuando el diámetro se haya medido aproximado a 1 mm (0.1"), luego de la corrección de la relación longitud/diámetro, si ella se requiere.
5		Dirección de aplicación de la carga sobre el espécimen con respecto al plano horizontal de colocación del concreto en la obra.
6		El historial de acondicionamiento húmedo
	1	Fecha y hora de obtención del núcleo, y del instante en que colocó por primera vez en la bolsa sellada o el recipiente no absorbente

	2	Si se usó agua para la preparación de las bases de los núcleos, se debe anotar la fecha y la hora en que se completaron las bases y se empacó de nuevo el espécimen
7	Fecha en la cual se colocó el concreto en la obra, si se conoce	
8	Fecha y hora de ensayo del espécimen	
9	Tamaño máximo nominal del agregado pétreo del concreto	
10	Densidad calculada, redondeada a 20 kg/m3 (1 lb/pie3).	
11	Ubicación, forma y tamaño del metal embebido, si el prescriptor de los ensayos permitió ensayar los núcleos con metal embebido.	
12	Si aplica, descripción de los defectos de los núcleos que no se pudieron ensayar.	
13	Si se produjo alguna desviación en relación con el procedimiento de ensayo indicado en esta norma, describirla, explicando los motivos por los cuales fue necesaria	
PRECISION		
1	Se ha encontrado que el coeficiente de variación en núcleos para un solo operador es 3.2 %, para un rango de resistencia a la compresión comprendido entre 32.0 MPa (4500 lbf/pg^2) y 48.3 MPa (7000 lbf/pg^2).	
2	Se ha encontrado que el coeficiente de variación en núcleos ensayados en varios laboratorios es 4.7 %, para un rango de resistencia a la compresión comprendido entre 32.0 MPa (4500 lbf/pg^2) y 48.3 MPa (7000 lbf/pg^2	
3	Por lo tanto, los resultados de dos ensayos realizados apropiadamente sobre núcleos obtenidos del mismo concreto endurecido (donde un ensayo simple se define como el promedio de dos observaciones (núcleos) realizadas en perforaciones adyacentes de 100 mm (4") diámetro), y ensayados por dos laboratorios diferentes, no deben diferir el uno del otro en más de 13 % de su promedio	
Sesgo – Como no hay un material de referencia aceptado para la determinación del sesgo en este método de ensayo, no se presenta una declaración al respecto		
NÚCLEOS PARA LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN POR HENDIMIENTO (TRACCIÓN INDIRECTA)		
Especímenes para ensayo – Deben estar de acuerdo con los requisitos anteriormente especificados		

Acondicionamiento húmedo – Antes de ensayarlos, los núcleos se deben acondicionar como se indica anteriormente o como lo indique el prescriptor de los ensayos	
Superficies de apoyo – La línea de contacto entre el espécimen y cada pieza de apoyo deberá ser recta y libre de salientes o depresiones mayores de 0.2 mm (0.01"). En caso contrario, el espécimen deberá ser rectificado o refrentado de manera de producir líneas de apoyo que cumplan estos requisitos. No se deberán emplear especímenes con salientes o depresiones mayores de 2 mm (0.1"). Cuando se emplee refrentado, las capas deberán ser tan delgadas como sea posible y deberán estar formadas con pasta de yeso de alta resistencia	
1	en caso de nececitar refrentamiento: en caso de ser necesario seempiezapor hacer un corte en los exptremos para que queden parejos
2	se marca cada muestra, con una forma que permita identificar su proveniencia y su orden de servicio
3	se toma la medida del diametro y largo del nucleo y se registra
4	en un recipiente limpio se hace una preparacion de yeso (100 gr de yeso por 25 ml de agua)

5	al molde para refrentado se humecta el molde con una sustancia que no permita la aderencia del yeso al molde, despues de esto se vierte la preparacion de yeso al molde, y se le da pequeños golpecitos	
6	rapidamente se coloca el nucleo en el molde procurando no hacer mucha precion, se emparejan los bordes del yeso y se deja secar entre 15 a 20 minutos	
7	una vez pasados lo 15 minutos se le dan pequeños golpes al molde y se va girando para soltar el yeso con el nucleo	
8	para el otro lado del nucleo se repite el procedimiento de los pasos 3 al 5	
9	se coloca rapidamente el nucleo sobre el molde teniendo cuido de que derecho par este paso se puede ayudar de un medidor y se espera de 15 a 20 minutos a que seque el yeso	
10	una vez pasados lo 15 minutos se le dan pequeños golpes al molde y se va girando para soltar el yeso con el nucleo	
Ensayo – Los especímenes se deben ensayar de acuerdo con lo indicado en la norma INV E–411		

Cálculos e informe – El cálculo de la resistencia a la tracción indirecta y el informe con los resultados se harán conforme lo indica la norma INV E–411. Cuando se haya requerido la rectificación o el refrentado de las bases de los especímenes, el diámetro se deberá medir entre las superficies terminadas. Se deberá indicar que el espécimen es un núcleo y la manera como se acondicionó su humedad,	
Presicion	
1	Se ha encontrado que el coeficiente de variación de un solo operador es 5.3 %, para un rango de resistencia a la tracción indirecta de núcleos, comprendido entre 3.6 MPa (520 lbf/pg²) y 4.1 MPa (590 lbf/pg²). Por consiguiente, los resultados de dos ensayos realizados apropiadamente por el mismo operador en núcleos de la misma muestra de material, no deben diferir el uno del otro en más de 14.9 % de su promedio.
2	Se ha encontrado que el coeficiente de variación de varios laboratorios es 15.0 %, para un rango de resistencia a la tracción indirecta de núcleos, comprendido entre 3.6 MPa (520 lbf/pg²) y 4.1 MPa (590 lbf/pg²). Por lo tanto, los resultados de dos ensayos realizados apropiadamente sobre núcleos obtenidos de la misma muestra de material, y ensayados por dos laboratorios diferentes, no deben diferir el uno del otro en más de 42.3 % de su promedio
Sesgo – Como no hay un material de referencia aceptado para la determinación del sesgo en este método de ensayo, no se presenta una declaración al respecto	

GRAVEDAD ESPECÍFICA BULK Y DENSIDAD DE MEZCLAS ASFÁLTICAS COMPACTADAS NO ABSORBENTES EMPLEANDO ESPECÍMENES SATURADOS Y SUPERFICIALMENTE SECOS	
Preparación de equipo	
DESCRIPCION	REGISTRO FOTOGRAFICO
Balanza – Con capacidad adecuada y sensibilidad suficiente para que las gravedades específicas bulk se puedan calcular al menos con cuatro cifras significativas, esto es, con tres cifras decimales como mínimo. Deberá estar provista de un dispositivo de suspensión adecuado que permita pesar el espécimen, cuando está suspendido bajo el centro del platillo de la balanza	
Baño con agua – Para inmersión del espécimen a 25 ± 1° C (77 ± 1.8° F)mientras se halle suspendido de la balanza, provisto con un rebosadero para mantener el agua a un nivel constante. El uso del rebosadero es obligatorio.	
MUESTRAS	
Los especímenes para ensayo pueden ser mezclas moldeadas en el laboratorio o tomadas de pavimentos asfálticos.	
Las muestras se pueden obtener en el campo de acuerdo con la norma INV E– 731.	
ESPECIMENES PARA ENSAYO	
Los núcleos para determinar el espesor de pavimentos, losas, muros u otros elementos estructurales deberán tener un diámetro de, cuando menos, 94 mm (3.70")	
En el caso de núcleos que no se vayan a emplear para determinar las dimensiones de la estructura, se miden las longitudes mayor y menor sobre la superficie cortada, a lo largo de líneas paralelas al eje del núcleo. La longitud promedio se anota redondeada a 5 mm (¼").	
NUCLEOS PARA ENSAYOS DE RESISTENCIA A COMPRESION	
Tamaño de los especímenes – Se recomienda:	
1 que el diámetro de los especímenes cilíndricos moldeados o provenientes de núcleos, o la longitud de los lados de especímenes aserrados sean, al menos, iguales a cuatro veces el tamaño máximo del agregado,	

2	que el espesor de los especímenes sea al menos de una y media veces el tamaño máximo del agregado	
Se deberá tener cuidado con el fin de evitar distorsiones, pandeos o agrietamiento de los especímenes durante y después de su remoción de los pavimentos o del molde. Los especímenes se deberán almacenar en un sitio fresco y seguro.		
Los especímenes deberán estar libres de materiales extraños tales como capas de sello, riegos de liga, imprimaciones, materiales de fundación, papeles u hojas. Cuando la presencia de estos materiales sea evidente, se pueden quitar mediante aserrado. Se puede usar un cepillo de cerdas metálicas para remover trazas de papel, suelo u hojas.		
Si se desea, los especímenes se pueden separar de las restantes capas de pavimento aserrándolos o mediante otros métodos adecuados		
PROCEDIMIENTO		
Para núcleos u otros especímenes que puedan contener humedad o solventes		
1	Solamente los que se sabe que están completamente secos (especímenes preparados en el laboratorio con agregados secos) se ensayarán de acuerdo con lo indicado en el numeral 9.2.	
	Se asume que todos los demás contienen humedad o solventes y se procederá de acuerdo con este numeral y sus subnumerales. La secuencia de ensayo de acuerdo con el numeral 9.1 es: en agua, saturado y superficialmente seco (SSS) y seco.	

2	1	Masa del espécimen en agua – Se sumerge el espécimen en un baño con agua a 25 ± 1° C (77 ± 1.8° F) durante 4 ± 1 minutos y luego se determina la masa en el agua (Figura 733 - 1), cuidando que no queden burbujas de aire atrapadas bajo el espécimen. Se registra esta masa como **C**.	
	2	Si la temperatura del espécimen difiere de la del baño en más de 2° C (3.6° F), el espécimen se deberá sumergir en el baño entre 10 y 15 minutos en cambio de 4 ± 1 minutos. Cada espécimen se debe sumergir y pesar individualmente.	
3		Masa del espécimen saturado y con superficie seca (SSS) en el aire – Se saca el espécimen del agua, seca rápidamente su superficie con una toalla húmeda y luego se determina la masa pesando en el aire. Se registra esta masa como **B**	
4		Masa del espécimen secado al horno – Después de determinar las masas en el agua y en condición saturada y superficialmente seca (SSS), se seca el espécimen hasta masa constante en un horno a 110 ± 5° C (230 ± 9° F). Se deja enfriar el espécimen y se determina su masa en el aire. Se registra esta masa como **A**	
	1	Se puede usar el secado en microondas (norma INV E–810) u otros métodos aprobados para secar la muestra, si ésta no es sobrecalentada y existe documentación que demuestre que los resultados sean equivalentes a los de secado al horno. El intervalo de tiempo para las mediciones de masa hasta masa constante debe ser suficiente para asegurar que todos los solventes y la humedad se han perdido.	
Para especímenes completamente secos preparados en el laboratorio:			
1		Masa en el aire del espécimen seco – Se determina la masa pesando el espécimen después de que haya permanecido al menos durante 1 hora en el aire, a la temperatura ambiente. Se registra esta masa como **A**	

2	Masa del espécimen en agua – Se usa el procedimiento descrito en el numeral 2.1	
3	Masa en el aire del espécimen saturado y superficialmente seco (SSS) – Tras pesarlo en el agua, se saca el espécimen del baño y se seca rápidamente su superficie con una toalla húmeda y, a continuación, se pesa en el aire. Se registra esa masa como **B**	

CALCULOS

A: Masa del espécimen seco en el aire, g;

B – C: Masa del volumen de agua correspondiente al volumen del espécimen a 25°C;

B: Masa en el aire del espécimen saturado y superficialmente seco (SSS), g;

C: Masa del espécimen sumergido en agua, g

997.0 = Densidad del agua a 25° C en kg/m3 (0.9970 g/cm3).

Se calcula la gravedad específica bulk del espécimen con la siguiente expresión:

$$\text{Gravedad específica bulk} = \frac{A}{B - C}$$

Se calcula la densidad del espécimen mediante la expresión

$$\text{Densidad} = \text{Gravedad específica bulk} \times 997.0$$

Se calcula el porcentaje de agua absorbida por el espécimen (con respecto al volumen) como sig

$$\text{\% de agua absorbida por volumen} = \frac{B - A}{B - C} \times 100$$

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS AGREGADOS EXTRAÍDOS	
Preparación de equipo	
DESCRIPCION	REGISTRO FOTOGRAFICO
Balanza – La balanza debe tener una capacidad suficiente, con posibilidad de lectura de 0.1 g y exactitud de 0.1 g o 0.1 % de la carga de ensayo, la que sea mayor dentro del rango de uso	
Tamices – Con mallas de aberturas cuadradas, montados sobre bastidores resistentes, construidos de manera de evitar pérdidas de material durante el tamizado. Se debe disponer de la serie de tamices necesaria para obtener la información deseada de acuerdo con la especificación aplicable al material que se ensaya.	
Horno – De temperatura regulable, de tamaño adecuado y capaz de mantener una temperatura uniforme de 110 ± 5° C (230 ± 9° F).	
Recipiente – Bandeja o cubeta de tamaño suficiente para contener la muestra cubierta con agua y permitir una agitación vigorosa de ella sin que se produzcan pérdidas de partículas del agregado.	
MUESTREO	
La muestra se debe obtener de acuerdo con la norma INV E–732	
El tamaño de la muestra de ensayo depende del tamaño máximo nominal del agregado que se ensaya, según lo indicado en la Tabla	

TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL DEL AGREGADO		MASA MÍNIMA DE LA MUESTRA, kg
mm	TAMIZ ESTÁNDAR	
4.75	No. 4	0.5
9.5	3/8"	1.0
12.5	½"	1.5
19.0	¾"	2.0
25.0	1"	3.0
37.5	1 ½"	4.0

PROCEDMIENTO

1	Se secan los agregados en el horno a 110 ± 5° C (230 ± 9° F) hasta conseguir masa constante. Se determina ésta con aproximación a 0.1 % de la masa seca de la muestra. La masa total del agregado en la mezcla asfáltica es la suma de las masas de los agregados secados y del material contenido en el asfalto extraído	
2	La muestra del agregado, una vez secada y pesada, se coloca en un recipiente apropiado y se cubre completamente con agua. Se añade una cantidad suficiente de un agente humectante para facilitar el mojado de los agregados y asegurar una separación completa del material fino, menor de 75 µm (No. 200)	
3	El material contenido en el recipiente se debe agitar vigorosamente para lograr la separación de las partículas menores de 75 µm (No. 200) y que queden en suspensión, de manera que se puedan remover por decantación del agua de lavado.	
4	El vertimiento del agua de lavado se hace sobre un ensamble de dos tamices, el de 2.0 mm o el de 1.18 mm (No. 10 o No. 16) sobreimpuesto al de 75 µm (No. 200). El empleo de una cuchara rígida grande es muy útil para agitar la muestra de agregado en el agua de lavado.	
Se deberá tener cuidado para evitar la decantación de partículas gruesas. La operación descrita en el numeral anterior se deberá repetir hasta que se remueva todo el agente humectante y el agua de lavado salga clara		

5	Todo el material retenido sobre el conjunto formado por los dos tamices se pasa de nuevo al recipiente de los agregados, se seca en el horno a una temperatura que no exceda la usada para compactar la mezcla en el laboratorio en más de 5° C (9° F) ni sea menor de 105° C (221° F) y, finalmente, se pesa con una aproximación de 0.1 % respecto de la masa inicial de la muestra seca.	
6	El agregado, una vez seco y debidamente pesado, se tamiza entonces por los tamices requeridos por la especificación aplicable a la mezcla, incluyendo el tamiz de 75 µm (No. 200). Se determina y anota la masa del material que pasa cada tamiz y queda retenido en el siguiente, así como la que pasa el tamiz de 75 µm (No. 200)	
7	Se verifica que la suma de las masas acabadas de determinar coincida con la masa seca total después del lavado ± 0.2 %. La masa del material que pasó el tamiz de 75 µm (No. 200) por tamizado se añade a la del material mineral contenido en el asfalto y a la del material fino removido por lavado, con el fin de obtener el total que pasa dicho tamiz.	
Si se desea verificar la masa de material lavado a través del tamiz de 75 µm (No. 200), se evapora el agua de lavado hasta la sequedad o se filtra por un papel de filtro tarado que luego se seca y se vuelve a pesar. Las masas de las fracciones retenidas en los diferentes tamices y el pasante del tamiz de 75 µm (No. 200) se convierten en porcentajes, dividiendo cada una de ellas por la masa total de agregado determinada en el paso 1.		
8	Los tamices se deben haber insertado en orden descendente de tamaño de abertura, colocando luego la muestra sobre el tamiz superior (el de mayor abertura).El tamizado se realiza agitando el juego de tamices manualmente	

Se debe limitar la cantidad de material sobre un tamiz dado, para que todas las partículas tengan oportunidad de alcanzar las aberturas del tamiz varias veces durante la operación de tamizado. Para los tamices con aberturas menores de 4.75 mm (No. 4), la masa retenida en cualquier tamiz durante la realización del tamizado no debe exceder de 6 kg por m² de superficie de tamiz. Para los tamices con aberturas de 4.75 mm (No. 4) y mayores, la masa en kg/m² de superficie de tamiz no debe exceder el producto de 2.5 × la abertura del tamiz en mm. En ningún caso, la masa deberá ser tan grande que produzca una deformación permanente en la malla del tamiz.			
9	Se continúa el tamizado por un período suficiente, de forma que después de concluido, no pase más del 0.5 % de la masa de la muestra total por ningún tamiz durante un minuto de tamizado continuo a mano, realizado de la siguiente manera:		
	1	Se toma individualmente cada tamiz, con su tapa y un fondo que ajuste sin holgura, con la mano en una posición ligeramente inclinada	
	2	Se golpea secamente el lado del tamiz, con un movimiento hacia arriba contra la palma de la otra mano, a razón de 150 veces por minuto, girando el tamiz aproximadamente 1/6 de vuelta en cada intervalo de 25 golpes.	
	3	En la determinación de la eficiencia del tamizado para tamaños con aberturas mayores que las del tamiz de 4.75 mm (No. 4), el material sobre el tamiz se debe limitar a una sola capa de partículas.	

CALCULOS	
1	porcentajes totales que pasan cada tamiz
2	porcentajes totales retenidos en cada tamiz

RELACIONES HUMEDAD – PESO UNITARIO SECO EN LOS SUELOS (ENSAYO MODIFICADO DE COMPACTACIÓN)

Preparación de equipo

DESCRIPCION

Esta norma presenta tres alternativas para la ejecución del ensayo. El método por utilizar deberá ser el indicado en la especificación para el material por ensayar. Si la especificación no indica un método, la elección se deberá realizar en función de la granulometría del material. El molde de 152.4 mm (6") de diámetro no se debe usar con los métodos A o B

REGISTRO FOTOGRAFICO

MÉTODO	A	B	C
DIÁMETRO DEL MOLDE	101.6 mm (4")	101.6 mm (4")	152.4 mm (6")
MATERIAL	Pasa tamiz de 4.75 mm (No. 4)	Pasa tamiz de 9.5 mm (3/8")	Pasa tamiz de 19.0 mm (3/4")
CAPAS	5	5	5
MÉTODO	A	B	C
GOLPES/CAPA	25	25	56
USO	Si 25 % o menos de la masa del material queda retenida en el tamiz de 4.75 mm (No. 4). Sin embargo, si en este tamiz queda retenida entre 5 y 25 % de la masa, se puede usar el Método A, pero se requerirá la corrección por sobretamaños (Ver numeral 1.4) y, en este caso, el uso del Método A no reportará ninguna ventaja	Si 25 % o menos de la masa del material queda retenida en el tamiz de 9.5 mm (3/8"). Sin embargo, si en este tamiz queda retenida entre 5 y 25 % de la masa, se puede usar el Método B, pero se requerirá la corrección por sobretamaños (Ver numeral 1.4). En este caso, la única ventaja de usar el Método B en lugar del Método C, es que se necesita menos cantidad de muestra y el molde pequeño es más fácil de usar	Si 30 % o menos de la masa del material queda retenida en el tamiz de 19.0 mm (3/4") (Ver numeral 1.4)
OTRO USO	Si este requisito de granulometría no se puede cumplir, se deben usar los Métodos B o C	Si este requisito de granulometría no se puede cumplir, se debe usar el Método C	

EQUIPO

Moldes – Los moldes deberán ser cilíndricos, de paredes sólidas, fabricados con metal, y con las dimensiones y capacidades mostradas más adelante. Deberán tener collares ajustables de aproximadamente 60 mm (2.373") de altura, que permitan la preparación de muestras compactadas de mezclas de suelo con agua con la altura y el volumen deseados

1	Molde de 101.6 mm (4") – Con una capacidad de 943 ± 14 cm³ (1/30 ± 0.0005 pie³), con un diámetro interior de 101.6 ± 0.4 mm (4.000 ± 0.016") y una altura de 116.4 ± 0.5 mm (4.584 ± 0.018")
2	Molde de 152.4 mm (6") – Con una capacidad de 2124 ± 25 cm³ (equivalente a 1/13.33 ± 0.0009 pie³), con un diámetro interior de 152.4 ± 0.7 mm (6 ± 0.026") y una altura de 116.4 ± 0.5 mm (4.584 ± 0.018")

Martillo metálico – Puede ser de operación manual o mecánica, con una masa de 4.5364 ± 0.009 kg (10 ± 0.02 lb), que tenga una cara plana circular (excepto lo anotado en el numeral 5.2.2.1), de diámetro de 50.80 ± 0.13 mm (2.000 ± 0.005"). El diámetro real de servicio no podrá ser menor de 50.42 mm (1.985”). El martillo deberá estar provisto de una camisa guía apropiada que controle la altura de la caída del golpe desde una altura libre de 457.2 ± 1.3 mm (18.00 ± 0.05") por encima de la altura del suelo. El martillo se deberá reemplazar si la cara de golpeo se desgasta o se acampana de manera que su diámetro se salga del rango 50.80 ± 0.25 mm (2.000 ± 0.01").

Extractor de muestras (opcional) – Un gato con marco u otro dispositivo adecuado para extraer las muestras compactadas de los moldes	
Balanzas – Una de 11.5 kg de capacidad y aproximación de lectura de 1 g, cuando se use para pesar moldes de 152.4 mm (6") con suelos húmedos compactados; cuando se emplee el molde de 101.6 mm (4"), se puede usar una balanza de menor capacidad, si su aproximación de lectura es de 1 g. También, se requiere otra balanza de 1 kg de capacidad con legibilidad de 0.1 g para las determinaciones de humedad.	
Horno – Termostáticamente controlado, capaz de mantener una temperatura de 110 ± 5° C (230 + 9° F), para el secado de las muestras	
Regla metálica – De acero endurecido, de borde recto, al menos de 250 mm (10") de largo. El borde de corte y enrasado deberá ser biselado, si tiene más de 3 mm (1/8") de espesor. La regla no deberá ser tan flexible que cuando se enrase el suelo con el borde cortante, proporcione una superficie cóncava en la superficie de la muestra	
Tamices – De 19.0, 9.5 y 4.75 mm (3/4", 3/8" y No. 4).	
Herramientas misceláneas – Tales como cazuelas para mezclado, espátulas, etc., o un dispositivo mecánico adecuado para mezclar las muestras de suelo con diversas cantidades de agua.	
Recipientes – Para determinar la humedad de las muestras, elaborados en metal u otro material adecuado, con cierres que ajusten herméticamente para evitar la pérdida de humedad durante el pesaje	
MUESTRA DE ENSAYO	
La cantidad mínima de muestra para un ensayo completo empleando los Métodos A o B es de unos 16 kg, y para el Método C de 29 kg. Por lo tanto, la muestra de campo debería tener una masa húmeda de, al menos, 23 kg y 45 kg, respectivamente.	
Si no se dispone de los datos de granulometría de la muestra, se estiman las proporciones de material retenido en el tamiz de 4.75 mm (No. 4) cuando se utiliza el Método A; en el tamiz de 9.5 mm (3/8") cuando se emplea el Método B, o en el tamiz de 19.0 mm (¾") cuando se emplea el Método C	
Si se considera que el porcentaje retenido está muy cerca del límite admitido por el método de compactación que se va a utilizar, entonces se escoge alguna de las siguientes tres opciones:	
1	Se elige un método que permita un mayor porcentaje retenido (por ejemplo, el B o el C, si inicialmente se pretende utilizar el A).

2	Usando el método de interés, se procesa la muestra como se indica en la preparacion por via humeda o seca, con lo que se determina al porcentaje retenido para dicho método. Si resulta aceptable, se procede; en caso contrario, se va al método siguiente (B o C).	
3	Se determinan los valores de los porcentajes retenidos usando una porción representativa de la muestra y empleando la norma de ensayo INV E–213. Solamente se necesita determinar los porcentajes retenidos en el tamiz o tamices deseados	

PROCEDIMIENTO: SUELOS

No se pueden utilizar muestras de suelo previamente compactadas en el laboratorio. Ello daría como resultado valores mayores de peso unitario seco máximo

Cuando se use este método con suelos que contengan haloisita hidratada, o en los cuales la experiencia indica que los resultados se pueden ver afectados por el secado al aire de las muestras, se deberá emplear el método de preparación por vía húmeda. En ensayos de referencia, cada laboratorio debe utilizar el mismo método de preparación, sea por vía húmeda (el preferido), sea por vía seca.

Se preparan las muestras para ensayo de por via humeda (preferido) o por via seca

Preparación por vía húmeda (preferida)

1	Sin secado previo de la muestra, se procesa ésta sobre un tamiz de 4.75 mm (No. 4), de 9.5 mm (3/8") o de 19.0 mm (¾"), dependiendo del Método (A, B o C) a ser usado o requerido, de acuerdo con el segundo item de la seccion de muestra Se determinan y registran las masas de los materiales pasante y retenido en ese tamiz (fracción de ensayo y fracción gruesa, respectivamente).	
2	Se seca en el horno la fracción gruesa y se determina y registra su masa con aproximación a 1 g. Si resulta que más del 0.5 % de la masa seca total de la muestra está adherida a la fracción gruesa, se deberá lavar esta fracción. Luego, se determina y registra su masa seca, con aproximación a 1 g. Se determina y registra la humedad de la fracción de ensayo (fracción fina).	
	Usando esta humedad, se determina y anota la masa seca al horno de esta fracción, con aproximación a 1 g. Con base en estas masas secas, se determina el porcentaje de la fracción con sobretamaños, PFG, y el porcentaje de la fracción de ensayo, PFE, a menos que se haya realizado previamente el ensayo de granulometría completo para los cálculos)	
	1 Se seleccionan y preparan al menos cuatro (preferiblemente cinco) sub-muestras de la fracción de ensayo, con humedades que abarquen la humedad óptima estimada.	

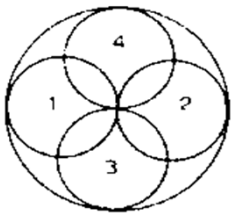
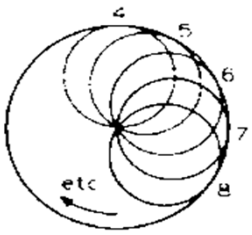
3	2		En primer lugar, se prepara una submuestra con una humedad cercana a la que se cree que es la óptima. Luego se eligen las humedades para las otras sub-muestras, con variaciones de 2 % y buscando que dos de ellas sean superiores a la óptima y dos inferiores a ella.
	3		Ser requieren al menos dos humedades a cada lado de la óptima, para definir correctamente la curva de compactación. Algunos suelos cuya humedad óptima es muy elevada o cuya curva de compactación es muy plana, requieren incrementos mayores en el contenido de agua para preparar las sub-muestras. En todo caso, ellos no deben exceder de 4 %.
	4		Se mezcla completamente la fracción de ensayo (fracción fina), y luego se selecciona con una cuchara una porción representativa para constituir cada sub-muestra (punto de compactación).
	5		Se deben seleccionar por sub-muestra más o menos 2.3 kg cuando se usen los Métodos A o B, o unos 5.9 kg para el Método C. Para obtener las humedades de moldeo mencionadas se debe añadir o remover agua de la siguiente manera
		1	para añadir agua, se la atomiza durante la operación de mezclado
		2	para remover, se permite que el suelo se seque a la temperatura ambiente o en un aparato que no lleve la temperatura más allá de 60° C (140° F). Mezclar frecuentemente el suelo durante el secado facilita que el agua se distribuya de manera uniforme. Una vez que cada sub-muestra tenga la humedad apropiada, se coloca dentro de un recipiente con tapa, para someterla a un período de curado previo a la compactación, de acuerdo con la Tabla

CLASIFICACIÓN DEL SUELO	TIEMPO DE CURADO (h)
GW, GP, SW, SP	No requiere
SW, SP	3
Todos los demás suelos	16

Preparación por vía seca		
1	Si la muestra se encuentra muy húmeda para ser desmenuzada, se reduce su contenido de agua secándola al aire hasta volverla friable. El secado también se puede realizar en un aparato que no lleve la temperatura más allá de 60° C (140° F)	

2	Se desintegran totalmente las agregaciones, sin romper partículas individuales. Se procesa el material sobre el tamiz apropiado, de acuerdo con el método de ensayo elegido	
3	Cuando se prepare material pasante por el tamiz de 19.0 mm (¾") para compactarlo en el molde de 15.4 mm (6"), las agregaciones se deben romper lo suficiente para que pasen el tamiz de 9.5 mm (3/8"), con el fin de facilitar la distribución completa del agua durante el mezclado posterior. Se determina y anota el contenido de agua de la fracción de ensayo, así como todas las masas (Humedades, densidades y pesos unitarios de las probetas compactadas), para determinar el porcentaje de la fracción con sobretamaños, PFG, y el porcentaje de la fracción de ensayo, PFE.	
4	Se seleccionan y preparan al menos cuatro (preferiblemente cinco) sub-muestras de la fracción de ensayo, de la manera descrita en los numeralesde preparacion por via humeda, con la diferencia de que se debe usar un cuarteador mecánico o se cuartea manualmente para obtener las submuestras. Típicamente, siempre se requerirá añadir agua para preparar las sub-muestras para la compactación	
COMPACTACION		
1	Luego del período de curado, si éste se requiere, cada submuestra (punto de compactación) se debe compactar como se indica en seguida.	
	Se determina y registra la masa del molde o del molde más la placa de base	

1	Se ensambla y asegura el collar de extensión al molde y el conjunto a la placa de base. Se verifican las alineaciones de las paredes interiores del molde y del collar y se hacen los ajustes que sean necesarios. El molde se deberá apoyar, sin bamboleo alguno, sobre una fundación firme y rígida, como la que puede brindar un cubo de concreto con una masa no menor de 91 kg (200 lbf). Se asegura la placa de base del molde a la fundación rígida.	
2	1	Durante la compactación es ventajoso, aunque no indispensable, determinar la humedad de cada sub-muestra. Esto brinda una verificación sobre la humedad de moldeo determinada previamente para cada punto de compactación y sobre la magnitud del afloramiento de agua
3	El suelo se debe compactar en cinco capas más o menos iguales. Antes de la compactación, se coloca aproximadamente una quinta parte de la sub-muestra en estado suelto dentro del molde y se reparte para que dé lugar a una capa uniforme.	
4	En seguida, se oprime suavemente su superficie hasta que el suelo no presente un estado esponjoso o suelto, usando el martillo de operación manual o un cilindro de unos 50 mm (2") de diámetro.	

2	5	Tras la compactación de las cuatro primeras capas, cualquier porción de suelo que no haya quedado compactada debe ser escarificada con un cuchillo u otro elemento adecuado. El suelo escarificado se deberá descartar. La cantidad total de suelo usada deberá ser tal, que la quinta capa compactada sobrepase el borde del molde, quedando dentro del collar de extensión, pero en una longitud que no exceda de 6 mm (¼").	
	6	Si se excede este límite, se deberá descartar el punto de compactación. Adicionalmente, el punto de compactación se deberá descartar cuando el último golpe del martillo para la quinta capa tiene como resultado que el fondo del martillo llega más abajo del borde superior del molde de compactación; a menos que el suelo sea suficientemente manejable, de manera que esta superficie pueda ser forzada más arriba del borde del molde de compactación durante el enrasado	 
	7	Cada capa se compacta con 25 golpes cuando está en el molde de 101.6 mm (4") y con 56 golpes cuando está en el molde de 152.4 mm (6"). Siempre que se realicen pruebas de referencia, se usará el martillo de operación manual	
	8	Al operar el martillo manual, se debe tener cuidado para evitar levantar la camisa guía durante la carrera ascendente del martillo. La camisa se debe mantener verticalmente con firmeza, con una tolerancia de 5°. Los golpes se deben aplicar con una velocidad uniforme de 25 por minuto y cubriendo toda la superficie de la capa. Cuando se use el molde de 101.6 mm (4") con el martillo manual, se debe seguir el patrón de impactos mostrado	

	9	Se enrasa cuidadosamente la probeta compactada con el borde superior del molde, empleando la regla metálica dispuesta para tal fin. Al comienzo, se puede emplear el cuchillo para remover el exceso de suelo en parte superior de la probeta, para evitar que la regla la desgarre por debajo del borde superior del molde Los pequeños orificios que queden en la superficie de la probeta se deberán rellenar con suelo no usado o desbastado de la muestra, presionándolo con los dedos y pasando nuevamente la regla a ras con el borde del molde
	10	Se determina y anota la masa del molde con la probeta compactada, con aproximación de 1 g. Cuando la placa de base se deja puesta con el molde, se debe determinar su masa junto con la del molde y la de la probeta compactada.
	11	Se extrae del molde la probeta compactada. Se obtiene una muestra de ella para determinar la humedad, sea tomando el total de la muestra (método preferido) o una porción de ella. Cuando se utilice el total de la muestra, ésta se deberá desmenuzar para facilitar el secado.
3	Luego de la compactación de la última probeta, se comparan los pesos unitarios húmedos de todas, para asegurar que hay datos a ambos lados de la humedad óptima, que permitan la elaboración de la curva de compactación	

CALCULOS
MHFE: Masa húmeda de la fracción de ensayo, aproximada a 1 g
wFE: Humedad de la fracción de ensayo, aproximada a 0.1%

Porcentaje de la fracción gruesa (PFG):

$$P_{FG} = \frac{M_{SFC}}{M_{SFC} + M_{SFE}} \times 100$$

MSFC: Masa seca de la fracción gruesa, aproximada a 1 g;

Porcentaje de la fracción de ensayo (PFE):

$$P_{FE} = 100 - P_{FG}$$

ρH: Densidad húmeda de la sub-muestra compactada (punto de compactación), con 4 dígitos significativos, g/cm3 o kg/m3

$$\rho_H = K \times \frac{M_T - M_{MD}}{V}$$

MT: Masa del suelo húmedo dentro del molde, aproximada a 1 g;

MMD: Masa del molde compactación, aproximada a 1 g;

V: Volumen del molde, cm3 o m3

K: Constante de conversión que depende de las unidades de densidad y de volumen:
Usar 1, para g/cm3 y volumen en cm3
Usar 1000 para g/cm3 y volumen en m3
Usar 0.001 para kg/cm3 y volumen en m3
Usar 1000 para kg/m3 y volumen en cm3

Densidad seca de cada sub–muestra (ρd)

$$\rho_d = \frac{\rho_H}{1 + \frac{w}{100}}$$

γd: Peso unitario seco, aproximado a 0.01 kN/m3 (0.1 lbf/pie3);

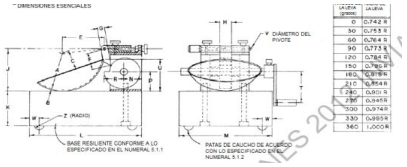
$$\gamma_d = K_2 \times \rho_d \quad \left[\frac{lbf}{pie^3}\right] \qquad \gamma_d = K_1 \times \rho_d \quad \left[\frac{kN}{m^3}\right]$$

K1: Constante de conversión (9.8066 para densidad en g/cm3; 0.0098066 para densidad en kg/m3)

K2: Constante de conversión (62.428 para densidad en g/cm3; 0.062428 para densidad en kg/m3)

Masa seca de la fracción de ensayo (MSFE):

$$M_{SFE} = \frac{M_{HFE}}{1 + \frac{w_{FE}}{100}}$$

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE LOS SUELOS	
Preparación de equipo	
DESCRIPCION	REGISTRO FOTOGRAFICO
EQUIPO	
Aparato del límite líquido – Dispositivo mecánico, consistente en una cazuela de bronce, suspendida de un soporte diseñado para controlar su caída sobre la superficie de un bloque de material resiliente, que sirve como base del aparato	
Base – Bloque de un material que presente un rebote resiliente entre 77 y 90 %. Detalles de la medida de la resiliencia de la base se presentan en el Anexo A	
Patas de caucho – Para soportar la base, diseñadas para suministrar aislamiento dinámico de la base con respecto a la superficie de trabajo	
Cazuela (copa) – De bronce, con una masa de 185 a 215 g incluyendo el soporte de la copa.	
Leva – Diseñada para elevar la copa de manera suave y continua hasta su altura máxima, sobre una distancia correspondiente a una rotación de la manija de, al menos, 180° sin desarrollar una velocidad ascendente o descendente de la cazuela cuando ésta es levantada por la leva (el movimiento preferido de la manija es el	
Soporte – Construido de manera que permita el ajuste conveniente y seguro de la altura de caída de la cazuela a 10 mm (0.394"), diseñado de manera que el conjunto de la cazuela y su manivela esté unido al soporte únicamente por medio de un pivote removible	

Ranurador – Herramienta plan hecha de plástico o de un metal no corrosivo, con las dimensiones mostradas en la FIfigura. El ranurador puede tener cualquier diseño, mientras se garantice que se mantienen sus dimensiones esenciales. El ranurador puede tener, aunque no es obligatorio, un calibrador para ajustar la altura de caída de
Calibrador – Bloque metálico para ajustar la altura de caída libre de la cazuela, cuyas dimensiones se presentan en la Figura. El diseño del calibrador puede variar, siempre que le permita apoyarse de manera firme sobre la base sin sufrir oscilaciones, y que el lado que hace contacto con la cazuela durante la operación de ajuste de la altura de
Recipientes para la determinación de la humedad – Recipientes pequeños, hechos de un material resistente a la corrosión, con tapas de ajuste de precisión. Se pueden usar latas de aluminio o de acero inoxidable de 25.4 mm (1") de altura por 50.8 mm (2") de diámetro. Se requiere un recipiente para cada determinación del contenido de agua.
Balanza – Con legibilidad de 0.01 g
Recipiente para mezclar y almacenar las muestras preparadas – Durante estas operaciones se debe impedir que la muestra pierda agua y que el recipiente contamine la muestra de cualquier manera. Al efecto, resulta apropiado un recipiente de plástico, vidrio o porcelana de 114 mm (4 ½") de diámetro y una bolsa plástica de tamaño
Espátula – Una espátula de hoja flexible de unos 75 a 100 mm (3 a 4") de longitud y 20 mm (¾") de ancho.
Horno – Un horno termostáticamente controlado para el secado de las muestras, capaz de mantener temperaturas de 110 ± 5°

Agua – Se puede emplear agua destilada o desmineralizada.		
MUESTRA DE ENSAYO		
Las muestras deben ser representativas de los suelos cuyas características se desean conocer. Las muestras cuyos especímenes se van a preparar usando el método de preparación húmeda se deben conservar con el contenido de agua con el cual fueron tomadas en el terreno hasta el instante de su		
Especimen – Se obtiene una porción representativa de la muestra, suficiente para suministrar de 150 a 200 g de material que pase el tamiz de 425 µm (No. 40). Las muestras que fluyen libremente, se pueden reducir por cuarteo. Los suelos cohesivos que no fluyen libremente se deben mezclar completamente con una espátula o un cucharón dentro de un recipiente, tomando como representativa una		
PREPARACION DEL ESPECIMEN DE ENSAYO		
ue se especifique que la preparación se debe realizar por vía seca, el espécimen de prueba se c		
Material que pasa en su totalidad por el tamiz de 425 µm (No. 40)		
1	Empleando métodos manuales y visuales, se establece si el espécimen mencionado en el numeral 7.2 tiene poco o ningún material retenido en el tamiz de 425 µm (No. 40). Si es el caso, se preparan de 150 a 200 g de material mediante una mezcla íntima con agua en el recipiente de mezclado, usando la espátula	
2	Si se desea, se moja el material con una pequeña cantidad de agua, suficiente para ablandar el material antes de proceder al mezclado. Si se usa el Método A, se ajusta la humedad del suelo de manera de llevarlo a una consistencia que requiera de 25 a 35 golpes de la cazuela para cerrar la ranura Si se usa el	

Si durante el mezclado se encuentra que había una pequeña cantidad de material de tamaño mayor a 425 µm, esas partículas se deberán remover manualmente, si resulta posible. Si la remoción a mano no es factible, se deberán retirar esos pequeños porcentajes del material grueso (siempre que su proporción no supere el 15 %) trabajando el material sobre el tamiz de 425 µm (No. 40) Para efectuar este procedimiento, se usará una lámina de caucho u otro elemento que no distorsione el tamiz ni degrade el material que quedaría retenido si se usara el método En caso de que se detecte un porcentaje más elevado de partículas gruesas o no se considere práctico removerlas como se acaba de describir, la muestra se deberá lavar como se describe anteriormente. Si las partículas gruesas halladas durante el mezclado son concreciones, conchillas u otras partículas frágiles, ellas no se deberán partir para obligarlas a pasar el tamiz de 425 µm (No. 40), sino que se deberán remover de manera manual o mediante lavado		
3	Se coloca el material preparado en el recipiente para mezcla y almacenamiento, se verifica su consistencia (se efectúan ajustes si se requieren), se cubre para prevenir pérdidas de humedad y se deja en reposo durante no menos de 16 horas (toda la noche).	
4	Cumplido este plazo, el suelo se remezcla antes de proceder al ensayo.	
Material que contiene partículas retenidas en el tamiz de 425 µm (No. 40):		
1	Se coloca el espécimen descrito en el numeral 7.2 dentro de un recipiente, con una cantidad de agua suficiente para cubrirlo y se permite que se empape hasta que se ablanden todos los terrones y no haya finos adheridos a las partículas gruesas	
2	Si el material contiene una gran cantidad de partículas retenidas en el tamiz de 425 µm (No. 40), la operación de lavado que se describe en seguida se deberá realizar en incrementos, lavando una cantidad no mayor de 500 g (1 lb) en cada ocasión.	
3	Se coloca el tamiz de 425 µm (No. 40) en el fondo de un recipiente limpio y se vierte la mezcla de sueloagua sobre el tamiz, cuidando que no se produzca ninguna pérdida. Si hay presentes partículas de grava o arena, ellas se deberán enjuagar, tantas veces como sea posible, con pequeñas cantidades de agua	

4	Un medio alternativo consiste en encajar el tamiz de 2.0 mm (No. 10) sobre el de 425 µm (No. 40) y verter la mezcla de suelo-agua sobre aquél, enjuagando el material y retirando las partículas mayores de 2 mm. Luego de lavar y remover tanto material grueso como resulte posible, se agrega agua al recipiente en	
5	Se agita la mezcla revolviéndola con los dedos y formando remolinos mientras el tamiz se mueve hacia arriba y hacia abajo, para separar todo material fino de las partículas gruesas. Los terrones que no se hayan desleído se deberán disgregar, frotándolos con suavidad sobre el tamiz con las yemas de los dedos.	
6	La operación de lavado se completa levantando el tamiz por encima de la superficie del agua y enjuagando el material retenido con una pequeña cantidad de agua limpia. El material que quede retenido en el tamiz de 425 µm (No. 40) se deberá descartar.	
7	Se reduce la humedad del material que pasa el tamiz de 425 µm (No. 40) hasta que se acerque al límite líquido. Esta reducción se puede llevar a cabo por alguno de los métodos que se describen a continuación o por una combinación de ellos:	
8	1	exponiéndolo a corrientes de aire a temperatura ambiente,
	2	exponiéndolo a corrientes de aire tibio por medio de un secador de pelo
	4	decantando el agua clara de la superficie de la suspensión
	5	filtrándolo en un embudo Büchner o usando filtros de vela
	6	drenándolo en un colador o en un plato de yeso de Paris forrado con un papel filtro resistente a la humedad
9	Si se emplea el plato, se debera tener la precaución de que nunca se sature tanto como para que no logre absorber agua en su superficie	

10	El plato se deberá secar completamente entre usos sucesivos. Durante la evaporación y el enfriamiento, el material se deberá agitar a menudo para evitar el sobresecado de los bordes y picos de las partículas de suelo en la superficie de la mezcla. Para materiales que contengan sales solubles, se usarán los	
11	Cuando corresponda, se remueve el material retenido sobre el papel de filtro. Se mezcla completamente el material en el recipiente de mezcla, usando una espátula. El contenido de agua de la mezcla se deberá ajustar, de ser necesario, añadiendo pequeños incrementos de agua destilada o desmineralizada o	
12	Si se va a usar el método A, el material deberá encontrarse con un contenido de agua tal, que requiera entre 25 y 35 golpes de la cazuela para cerrar la ranura. Si se va a emplear el método B, la humedad deberá corresponder a un número de golpes comprendido entre 20 y 30. De ser necesario, se coloca el material mezclado en el recipiente de almacenamiento, cubriéndolo para evitar pérdidas de humedad y	
Método de preparación por vía seca		
1	El espécimen, obtenido según se describe en el numeral 7.2, se seca a temperatura ambiente o en un horno a una temperatura que no exceda de 60° C (140° F), hasta que los terrones de suelo se puedan disgregar con facilidad y su apariencia sea completamente seca	
2	Se pulveriza el material en un mortero empleando una maja forrada en caucho u otro procedimiento que no cause rotura de las partículas individuales del suelo.	
3	Cuando las partículas gruesas halladas durante el proceso correspondan a concreciones, conchillas u otros materiales frágiles, ellas no se deben triturar para obligarlas a pasar por el tamiz de 425 µm (No. 40), sino que se deben remover manualmente o mediante otro medio	

4	Se separa el material a través del tamiz de 425 µm (No. 40), sacudiendo el tamiz manualmente para asegurar la separación de la fracción fina	
5	El material retenido en el tamiz de 425 µm (No. 40) se coloca en un recipiente y se sumerge en una pequeña cantidad de agua. La mezcla formada se pasa por el tamiz de 425 µm (No. 40), capturando en un recipiente de lavado el agua y los finos suspendidos que contenga.	
6	Se vierte esta suspensión en el recipiente que contiene el suelo seco que previamente se pasó por el tamiz de 425 µm (No. 40). Se descarta todo material que haya quedado retenido en este tamiz	
7	seprocede con los paso del 7 al 12 del procedimiento cuando pasa la maya del tamiz no 40°	
PROCEDIMIENTO METODO A		
1	Se remezcla completamente el espécimen, ajustando su contenido de agua para que adquiera la consistencia requerida para que sean necesarios entre 25 y 35 golpes de la cazuela para cerrar la ranura que se forma en el	
2	Se coloca una cantidad adecuada de suelo en la cazuela encima del punto donde ésta descansa en la base y se comprime y extiende con la espátula para nivelarla y, a la vez, dejarla con una profundidad de 10 mm en el punto de su	
3	Se debe usar el menor número posible de pasadas con la espátula, evitando atrapar burbujas de aire en la masa de suelo. El suelo excedente se debe devolver al recipiente mezclador, el cual se debe tapar con el fin de	
4	El suelo colocado sobre la cazuela de bronce se divide con una pasada firme del ranurador, hundiendo el lado biselado de éste hacia adelante en una línea que va desde el punto más alto hasta el más bajo del borde de la cazuela.	

5	Al hacer la ranura, se sostiene el ranurador contra la superficie de la cazuela y se forma un arco, manteniendo el ranurador perpendicular a la superficie de la cazuela durante su movimiento (Ver Figura 125 - 7). En suelos en los que no se pueda
6	También, se puede hacer una ranura ligeramente menor usando una espátula y usando luego el ranurador hasta completar la dimensión deseada. Se debe tener un cuidado extremo, con el fin de evitar que la pasta de suelo se deslice sobre la
7	Se verifica que no haya restos de suelo ni en la base ni en la parte inferior de la cazuela. Entonces, se levanta y golpea la cazuela girando la manija a una velocidad de 1.9 a 2.1 revoluciones por segundo, hasta que las dos mitades de la pasta de suelo se
8	**Por ningún motivo se deberá sostener la base del equipo con una mano mientras se gira la manivela.**
9	Se debe verificar que la ranura no se haya cerrado de manera prematura a causa de una burbuja de aire atrapada en el suelo. Ello se hace observando que ambos lados de la ranura hayan fluido de manera similar.
10	Si no fue así, se deberá reconformar el suelo en la cazuela, añadiendo una pequeña cantidad de éste para reponer la porción perdida durante el ranurado y se repiten los pasos 10.1 a 10.3. Si el suelo se desliza sobre la superficie de la cazuela, se deberán
11	Si no fue así, se deberá reconformar el suelo en la cazuela, añadiendo una pequeña cantidad de éste para reponer la porción perdida durante el ranurado y se repiten los pasos 1 al 7 . Si el suelo se desliza sobre la superficie de la cazuela, se deberán repetir
12	si luego de varios ensayos con contenidos de agua sucesivamente mayores, la pasta de suelo se continúa deslizando en la cazuela o si el número requerido de golpes para cerrar la ranura es siempre menor de 25, se informa que no es posible
13	Se registra el número de golpes, N, requerido para cerrar la ranura en la longitud indicada en el paso 7. Se saca una tajada de suelo, aproximadamente del ancho de la espátula, tomando parte de uno y otro lado y en ángulo recto con la ranura, incluyendo la

14	Se transfiere a la vasija de mezclado el suelo que sobró en la cazuela de bronce. La cazuela y el ranurador se deben lavar y secar, para tenerlas listas para el tanteo siguiente	
15	Se remezcla el suelo restante en la vasija, agregándole agua suficiente para ponerlo en un estado de mayor fluidez y se repiten los pasos 1 al 14. La finalidad de este procedimiento es obtener muestras con consistencias tales, que al menos una	
16	Se toma el recipiente con la porción de suelo (Ver numeral 10.5), se pesa y se anota el valor obtenido. Se coloca en seguida dentro del horno a 110 ± 5° C (230 ± 9° F) hasta obtener una masa constante y se vuelve a pesar tan pronto como se haya enfriado y	
17	La determinación de la masa inicial (recipiente más porción de suelo húmedo) se deberá realizar inmediatamente se termine el ensayo. Si éste se interrumpe por más de 15 minutos, la masa se deberá determinar en el momento de la	
METODO B		
1	Se procede como se ha indicado en los numerales 1 al 13 excepto que la humedad del suelo deberá corresponder a un número de golpes entre 20 y 30 para cerrar la ranura de suelo en la cazuela. Si al hacer la prueba se obtienen más de 30 golpes o menos de 20, se deberá ajustar la humedad del suelo y repetir el ensayo	
2	Inmediatamente despues de recoger la muestra para determinar la humedad 13 , se recupera la forma del suelo en la cazuela añadiendo una pequeña cantidad de él para recuperar la cantidad perdida a causa del ranurado y de la toma de la porción para hallar la humedad, y se repiten los pasos 4 a 13	
3	Si el cierre de la segunda ranura requiere el mismo número de golpes que la primera o no hay más de dos golpes de diferencia, se toma una porción del suelo para verificar su humedad.	
4	Si la diferencia es de más de dos golpes, el suelo se deberá remezclar en su totalidad y se repetirá el procedimiento, comenzando por el paso el paso 1 del metodo b, hasta que el número de golpes requerido para el cierre de la ranura entre una y otra prueba no difiera en más de dos	
CALCULOS METODO A		
Se calcula el contenido de agua de cada porción del suelo, expresándolo como porcentaje de la masa		

$$\text{Contenido de agua} = \frac{\text{Masa del agua}}{\text{Masa del suelo secado al horno}} \times 100$$
Preparación de la curva de fluidez – La "curva de fluidez", que representa la relación entre el contenido de humedad y el correspondiente número de golpes de la cazuela de bronce, se dibuja en un gráfico semi-logarítmico, con el contenido de agua como ordenada en la escala aritmética y el número de golpes como abscisa en la escala logarítmica
Límite líquido – El contenido de agua correspondiente a la intersección de la curva de fluidez con la abscisa de 25 golpes se toma como Límite Líquido del suelo y se redondea al número entero más cercano
CALCULOS METODO B
LLN: Límite líquido a partir de un punto, para un tanteo, %;
N:= Número de golpes para que se cierre la ranura en un tanteo
wN: Contenido de agua para un tanteo;
K: Factor de corrección
Se calcula el límite líquido de cada porción con alguna de la $LL_N = K \times w_N^{-1}$

RELACIONES HUMEDAD – PESO UNITARIO SECO EN LOS SUELOS (ENSAYO MODIFICADO DE COMPACTACIÓN)	
Preparación de equipo	
DESCRIPCION	REGISTRO FOTOGRAFICO
Moldes – Los moldes deberán ser cilíndricos, de paredes sólidas, fabricados con metal, y con las dimensiones y capacidades mostradas más adelante. Deberán tener collares ajustables de aproximadamente 60 mm (2.373") de altura, que permitan la preparación de muestras compactadas de mezclas de suelo con agua con la altura y el volumen deseados	
Martillo metálico – Puede ser de operación manual o mecánica, con una masa de 4.5364 ± 0.009 kg (10 ± 0.02 lb), que tenga una cara plana circular, de diámetro de 50.80 ± 0.13 mm (2.000 ± 0.005"). El diámetro real de servicio no podrá ser menor de 50.42 mm (1.985”). El martillo deberá estar provisto de una camisa guía apropiada que controle la altura de la caída del golpe desde una altura libre de 457.2 ± 1.3 mm (18.00 ± 0.05") por encima de la altura del suelo.	
Extractor de muestras (opcional) – Un gato con marco u otro dispositivo adecuado para extraer las muestras compactadas de los moldes.	
Balanzas – Una de 11.5 kg de capacidad y aproximación de lectura de 1 g, cuando se use para pesar moldes de 152.4 mm (6") con suelos húmedos compactados; cuando se emplee el molde de 101.6 mm (4"), se puede usar una balanza de menor capacidad, si su aproximación de lectura es de 1 g. También, se requiere otra balanza de 1 kg de capacidad con legibilidad de 0.1 g para las determinaciones de humedad	
Horno – Termostáticamente controlado, capaz de mantener una temperatura de 110 ± 5° C (230 + 9° F), para el secado de las muestras.	
Regla metálica – De acero endurecido, de borde recto, al menos de 250 mm (10") de largo. El borde de corte y enrasado deberá ser biselado, si tiene más de 3 mm (1/8") de espesor.	
Tamices – De 19.0, 9.5 y 4.75 mm (3/4", 3/8" y No. 4).	
Herramientas misceláneas – Tales como cazuelas para mezclado, espátulas, etc., o un dispositivo mecánico adecuado para mezclar las muestras de suelo con diversas cantidades de agua.	
Recipientes – Para determinar la humedad de las muestras, elaborados en metal u otro material adecuado, con cierres que ajusten herméticamente para evitar la pérdida de humedad durante el pesaje	
PREPARACION DE LAS MUESTRAS	
La cantidad mínima de muestra para un ensayo completo empleando los Métodos A o B es de unos 16 kg, y para el Método C de 29 kg. Por lo tanto, la muestra de campo debería tener una masa húmeda de, al menos, 23 kg y 45 kg, respectivamente.	

Si no se dispone de los datos de granulometría de la muestra, se estiman las proporciones de material retenido en el tamiz de 4.75 mm (No. 4) cuando se utiliza el Método A; en el tamiz de 9.5 mm (3/8") cuando se emplea el Método B, o en el tamiz de 19.0 mm (¾") cuando se emplea el Método C			
1	Si se considera que el porcentaje retenido está muy cerca del límite admitido por el método de compactación que se va a utilizar, entonces se escoge alguna de las siguientes tres opciones		
	1	Se elige un método que permita un mayor porcentaje retenido (por ejemplo, el B o el C, si inicialmente se pretende utilizar el A).	
	2	Usando el método de interés, se procesa la muestra para preparacion por via seca y humeda, con lo que se determina al porcentaje retenido para dicho método. Si resulta aceptable, se procede; en caso contrario, se va al método siguiente (B o C).	
	3	Se determinan los valores de los porcentajes retenidos usando una porción representativa de la muestra y empleando la norma de ensayo INV E–213. Solamente se necesita determinar los porcentajes retenidos en el tamiz o tamices deseados	
PROCEDMIENTO: SUELOS			
Preparación por vía húmeda (preferida)			
1	Sin secado previo de la muestra, se procesa ésta sobre un tamiz de 4.75 mm (No. 4), de 9.5 mm (3/8") o de 19.0 mm (¾"), dependiendo del Método (A, B o C)		
2	Se determinan y registran las masas de los materiales pasante y retenido en ese tamiz		
3	Se seca en el horno la fracción gruesa y se determina y registra su masa con aproximación a 1 g. Si resulta que más del 0.5 % de la masa seca total de la muestra está adherida a la fracción gruesa, se deberá lavar esta fracción. Luego, se determina y registra su masa seca, con aproximación a 1 gr.		
4	Se determina y registra la humedad de la fracción de ensayo (fracción fina). Usando esta humedad, se determina y anota la masa seca al horno de esta fracción, con aproximación a 1 g		
5	Se seleccionan y preparan al menos cuatro (preferiblemente cinco) sub-muestras de la fracción de ensayo		
6	1	se prepara una submuestra con una humedad cercana a la que se cree que es la optima	
	2	se eligen las humedades para las otras sub-muestras, con variaciones de 2 % y buscando que dos de ellas sean superiores a a óptima y dos inferiores a ella	
7	Se mezcla completamente la fracción de ensayo (fracción fina), y luego se selecciona con una cuchara una porción representativa para constituir cada sub-muestra. Se deben seleccionar por sub-muestra más o menos 2.3 kg cuando se usen los Métodos A o B, o unos 5.9 kg para el Método C.		
	Para obtener las humedades de moldes mencionados en el numeral Humedad de moldes de		

8	Para obtener las humedades de moldeo mencionadas en el numeral Humedad de moldeo de cada probeta – Se calcula cada humedad (w), aproximada a 0.1 %, de acuerdo con la norma INV E-122se debe añadir o remover agua de la siguiente manera:		
	1	para añadir agua, se la atomiza durante la operación de mezclado	
	2	para remover, se permite que el suelo se seque a la temperatura ambiente o en un aparato que no lleve la temperatura más allá de 60° C (140° F)	
9	Mezclar frecuentemente el suelo durante el secado facilita que el agua se distribuya de manera uniforme. Una vez que cada sub-muestra tenga la humedad apropiada, se coloca dentro de un recipiente con tapa, para someterla a un período de curado previo a la compactación (los tiempos estan en la tabla anexo)		
PREPARACION POR VIA SECA			
1	Si la muestra se encuentra muy húmeda para ser desmenuzada, se reduce su contenido de agua secándola al aire hasta volverla friable. El secado también se puede realizar en un aparato que no lleve la temperatura más allá de 60° C (140° F)		
2	Se desintegran totalmente las agregaciones, sin romper partículas individuales. Se procesa el material sobre el tamiz apropiado, de acuerdo con el método de ensayo elegido.		
3	Cuando se prepare material pasante por el tamiz de 19.0 mm (¾") para compactarlo en el molde de 15.4 mm (6"), las agregaciones se deben romper lo suficiente para que pasen el tamiz de 9.5 mm (3/8"), con el fin de facilitar la distribución completa del agua durante el mezclado posterior. Se determina y anota el contenido de agua de la fracción de ensayo, Humedades, densidades y pesos unitarios de las probetas compactadas , para determinar el porcentaje de la fracción con sobretamaños, PFG, y el porcentaje de la fracción de ensayo, PFE.		
4	Se seleccionan y preparan al menos cuatro (preferiblemente cinco) sub-muestras de la fracción de ensayo		
5	1	se prepara una submuestra con una humedad cercana a la que se cree que es la óptima	
	2	se eligen las humedades para las otras sub-muestras, con variaciones de 2 % y buscando que dos de ellas sean superiores a a óptima y dos inferiores a ella	
PROCEDIMIENTO			
1	Se determina y registra la masa del molde o del molde más la placa de base		
2	Se ensambla y asegura el collar de extensión al molde y el conjunto a la placa de base. Se verifican las alineaciones de las paredes interiores del molde y del collar y se hacen los ajustes que sean necesarios.		
3	El molde se deberá apoyar, sin bamboleo alguno, sobre una fundación firme y rígida, y se asegura		

4	se coloca aproximadamente una quinta parte de la sub-muestra en estado suelto dentro del molde y se reparte para que dé lugar a una capa uniforme	
5	En seguida, se oprime suavemente su superficie hasta que el suelo no presente un estado esponjoso o suelto, usando el martillo de operación manual o un cilindro de unos 50 mm (2") de diámetro se compacta con 25 golpes cuando está en el molde de 101.6 mm (4") y con 56 golpes cuando está en el molde de 152.4 mm	
6	Tras la compactación de las cuatro primeras capas, cualquier porción de suelo que no haya quedado compactada debe ser escarificada con un cuchillo u otro elemento adecuado.	
7	El suelo escarificado se deberá descartar. La cantidad total de suelo usada deberá ser tal, que la quinta capa compactada sobrepase el borde del molde, quedando dentro del collar de extensión, pero en una longitud que no exceda de 6 mm (¼")	
8	Terminada la compactación de la última capa, se remueven el collar y la placa de base del molde.Se puede usar un cuchillo para desbastar el suelo adyacente al collar y ayudar a aflojarlo antes de removerlo, con el fin de evitar que la probeta compactada se rompa por debajo del borde superior del molde. Adicionalmente, para prevenir o reducir la adherencia del suelo al collar o a la placa de base, éstos se deben rotar cuidadosamente durante su remoción	
9	Se enrasa cuidadosamente la probeta compactada con el borde superior del molde, empleando la regla metálica dispuesta para tal fin	
10	Los pequeños orificios que queden en la superficie de la probeta se deberán rellenar con suelo no usado o desbastado de la muestra, presionándolo con los dedos y pasando nuevamente la regla a ras con el borde del molde	
11	Se determina y anota la masa del molde con la probeta compactada, con aproximación de 1 g	
12	Se extrae del molde la probeta compactada. Se obtiene una muestra de ella para determinar la humedad, sea tomando el total de la muestra (método preferido) o una porción de ella. Cuando se utilice el total de la muestra, ésta se deberá desmenuzar para facilitar el secado.	
13	Luego de la compactación de la última probeta, se comparan los pesos unitarios húmedos de todas, para asegurar que hay datos a ambos lados de la humedad óptima, que permitan la elaboración de la curva de compactación	
14	Dibujando los puntos que representan el peso unitario húmedo de cada probeta con su respectiva humedad de moldeo, se puede realizar esta evaluación. Si no se encuentra la tendencia esperada, será necesario compactar una o más probetas adicionales con otros contenidos de agua	

CALCULOS

15	Masa seca de la fracción de ensayo (MSFE): MHFE: Masa húmeda de la fracción de ensayo, aproximada a 1 g wFE: Humedad de la fracción de ensayo, aproximada a 0.1% $$M_{SFE} = \frac{M_{HFE}}{1 + \frac{W_{FE}}{100}}$$	
16	Porcentaje de la fracción gruesa (PFG): MSFC: Masa seca de la fracción gruesa, aproximada a 1 g;Porcentaje de la fracción de ensayo (PFE): $$P_{FG} = \frac{M_{SFC}}{M_{SFC} + M_{SFE}} \times 100$$	
17	Porcentaje de la fracción de ensayo (PFE): $$P_{FE} = 100 - P_{FG}$$	
18	Densidad húmeda de cada sub-muestra (ρH): MT: Masa del suelo húmedo dentro del molde, aproximada a 1 g; MMD: Masa del molde compactación, aproximada a 1 g: V: Volumen del molde, cm3 o m3: K: Constante de conversión que depende de las unidades de densidad y de volumen $$\rho_H = K \times \frac{M_T - M_{MD}}{V}$$	
19	Densidad seca de cada sub–muestra (ρd): $$\rho_d = \frac{\rho_H}{1 + \frac{w}{100}}$$	
20	Peso unitario seco de cada sub-muestra (γd): K1: Constante de conversión (9.8066 para densidad en g/cm3 ; 0.0098066 para densidad en kg/m3): $$\gamma_d = K_1 \times \rho_d$$	

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE LOS SUELOS	
Preparación de equipo	
DESCRIPCION	REGISTRO FOTOGRAFICO
EQUIPO	
Aparato del límite líquido – Dispositivo mecánico, consistente en una cazuela de bronce, suspendida de un soporte diseñado para controlar su caída sobre la superficie de un bloque de material resiliente, que sirve como base del aparato	
Base – Bloque de un material que presente un rebote resiliente entre 77 y 90 %. Detalles de la medida de la resiliencia de la base se presentan en el Anexo A	
Patas de caucho – Para soportar la base, diseñadas para suministrar aislamiento dinámico de la base con respecto a la superficie de trabajo	
Cazuela (copa) – De bronce, con una masa de 185 a 215 g incluyendo el soporte de la copa.	
Leva – Diseñada para elevar la copa de manera suave y continua hasta su altura máxima, sobre una distancia correspondiente a una rotación de la manija de, al menos, 180° sin desarrollar una velocidad ascendente o descendente de la cazuela cuando ésta es levantada por la leva (el movimiento preferido de la manija es el de una curva de levantamiento uniformemente acelerado)	
Soporte – Construido de manera que permita el ajuste conveniente y seguro de la altura de caída de la cazuela a 10 mm (0.394"), diseñado de manera que el conjunto de la cazuela y su manivela esté unido al soporte únicamente por medio de un pivote removible	
Ranurador – Herramienta plan hecha de plástico o de un metal no corrosivo, con las dimensiones mostradas en la FIfigura. El ranurador puede tener cualquier diseño, mientras se garantice que se mantienen sus dimensiones esenciales. El ranurador puede tener, aunque no es obligatorio, un calibrador para ajustar la altura de caída de la cazuela	
Calibrador – Bloque metálico para ajustar la altura de caída libre de la cazuela, cuyas dimensiones se presentan en la Figura. El diseño del calibrador puede variar, siempre que le permita apoyarse de manera firme sobre la base sin sufrir oscilaciones, y que el lado que hace contacto con la cazuela durante la operación de ajuste de la altura de caída libre de ésta sea recto, de no menos de 10 mm (3/8") de ancho y sin biseles o curvaturas.	
Recipientes para la determinación de la humedad – Recipientes pequeños, hechos de un material resistente a la corrosión, con tapas de ajuste de precisión. Se pueden usar latas de aluminio o de acero inoxidable de 25.4 mm (1") de altura por 50.8 mm (2") de diámetro. Se requiere un recipiente para cada determinación del contenido de agua.	
Balanza – Con legibilidad de 0.01 g	

Recipiente para mezclar y almacenar las muestras preparadas – Durante estas operaciones se debe impedir que la muestra pierda agua y que el recipiente contamine la muestra de cualquier manera. Al efecto, resulta apropiado un recipiente de plástico, vidrio o porcelana de 114 mm (4 ½") de diámetro y una bolsa plástica de tamaño suficiente para envolverlo completamente		
Espátula – Una espátula de hoja flexible de unos 75 a 100 mm (3 a 4") de longitud y 20 mm (¾") de ancho.		
Horno – Un horno termostáticamente controlado para el secado de las muestras, capaz de mantener temperaturas de 110 ± 5° C (230 ± 9° F)		
Agua – Se puede emplear agua destilada o desmineralizada.		
MUESTRA DE ENSAYO		
Las muestras deben ser representativas de los suelos cuyas características se desean conocer. Las muestras cuyos especímenes se van a preparar usando el método de preparación húmeda se deben conservar con el contenido de agua con el cual fueron tomadas en el terreno hasta el instante de su preparación para el ensayo		
Espécimen – Se obtiene una porción representativa de la muestra, suficiente para suministrar de 150 a 200 g de material que pase el tamiz de 425 µm (No. 40). Las muestras que fluyen libremente, se pueden reducir por cuarteo. Los suelos cohesivos que no fluyen libremente se deben mezclar completamente con una espátula o un cucharón dentro de un recipiente, tomando como representativa una porción, recogida con el cucharón, de la masa mezclada		
PREPARACION DEL ESPECIMEN DE ENSAYO		
n por vía húmeda – Salvo que se especifique que la preparación se debe realizar por vía seca, el espécimen de prueba se deberá preparar como se d		
Material que pasa en su totalidad por el tamiz de 425 µm (No. 40)		
1	Empleando métodos manuales y visuales, se establece si el espécimen mencionado en el numeral 7.2 tiene poco o ningún material retenido en el tamiz de 425 µm (No. 40). Si es el caso, se preparan de 150 a 200 g de material mediante una mezcla íntima con agua en el recipiente de mezclado, usando la espátula	
2	Si se desea, se moja el material con una pequeña cantidad de agua, suficiente para ablandar el material antes de proceder al mezclado. Si se usa el Método A, se ajusta la humedad del suelo de manera de llevarlo a una consistencia que requiera de 25 a 35 golpes de la cazuela para cerrar la ranura Si se usa el método B, la consistencia del suelo debe ser tal, que dé dar lugar a un número de golpes comprendido entre 20 y 30.	

Si durante el mezclado se encuentra que había una pequeña cantidad de material de tamaño mayor a 425 µm, esas partículas se deberán remover manualmente, si resulta posible. Si la remoción a mano no es factible, se deberán retirar esos pequeños porcentajes del material grueso (siempre que su proporción no supere el 15 %) trabajando el material sobre el tamiz de 425 µm (No. 40) Para efectuar este procedimiento, se usará una lámina de caucho u otro elemento que no distorsione el tamiz ni degrade el material que quedaría retenido si se usara el método En caso de que se detecte un porcentaje más elevado de partículas gruesas o no se considere práctico removerlas como se acaba de describir, la muestra se deberá lavar como se describe anteriormente. Si las partículas gruesas halladas durante el mezclado son concreciones, conchillas u otras partículas frágiles, ellas no se deberán partir para obligarlas a pasar el tamiz de 425 µm (No. 40), sino que se deberán remover de manera manual o mediante lavado		
3	Se coloca el material preparado en el recipiente para mezcla y almacenamiento, se verifica su consistencia (se efectúan ajustes si se requieren), se cubre para prevenir pérdidas de humedad y se deja en reposo durante no menos de 16 horas (toda la noche).	
4	Cumplido este plazo, el suelo se remezcla antes de proceder al ensayo.	
Material que contiene partículas retenidas en el tamiz de 425 µm (No. 40):		
1	Se coloca el espécimen descrito en el numeral 7.2 dentro de un recipiente, con una cantidad de agua suficiente para cubrirlo y se permite que se empape hasta que se ablanden todos los terrones y no haya finos adheridos a las partículas gruesas	
2	Si el material contiene una gran cantidad de partículas retenidas en el tamiz de 425 µm (No. 40), la operación de lavado que se describe en seguida se deberá realizar en incrementos, lavando una cantidad no mayor de 500 g (1 lb) en cada ocasión.	
3	Se coloca el tamiz de 425 µm (No. 40) en el fondo de un recipiente limpio y se vierte la mezcla de sueloagua sobre el tamiz, cuidando que no se produzca ninguna pérdida. Si hay presentes partículas de grava o arena, ellas se deberán enjuagar, tantas veces como sea posible, con pequeñas cantidades de agua tomadas de una botella de lavado, descartándolas con posterioridad.	
4	Un medio alternativo consiste en encajar el tamiz de 2.0 mm (No. 10) sobre el de 425 µm (No. 40) y verter la mezcla de suelo-agua sobre aquél, enjuagando el material y retirando las partículas mayores de 2 mm. Luego de lavar y remover tanto material grueso como resulte posible, se agrega agua al recipiente en cantidad suficiente para que cubra la superficie de la malla del tamiz de 425 µm (No. 40) al menos 13 mm (½")	
5	Se agita la mezcla revolviéndola con los dedos y formando remolinos mientras el tamiz se mueve hacia arriba y hacia abajo, para separar todo material fino de las partículas gruesas. Los terrones que no se hayan desleído se deberán disgregar, frotándolos con suavidad sobre el tamiz con las yemas de los dedos.	
6	La operación de lavado se completa levantando el tamiz por encima de la superficie del agua y enjuagando el material retenido con una pequeña cantidad de agua limpia. El material que quede retenido en el tamiz de 425 µm (No. 40) se deberá descartar.	

7	Se reduce la humedad del material que pasa el tamiz de 425 µm (No. 40) hasta que se acerque al límite líquido. Esta reducción se puede llevar a cabo por alguno de los métodos que se describen a continuación o por una combinación de ellos:	
8	1	exponiéndolo a corrientes de aire a temperatura ambiente,
	2	exponiéndolo a corrientes de aire tibio por medio de un secador de pelo
	4	decantando el agua clara de la superficie de la suspensión
	5	filtrándolo en un embudo Büchner o usando filtros de vela
	6	drenándolo en un colador o en un plato de yeso de Paris forrado con un papel filtro resistente a la humedad
9	Si se emplea el plato, se deberá tener la precaución de que nunca se sature tanto como para que no logre absorber agua en su superficie	
10	El plato se deberá secar completamente entre usos sucesivos. Durante la evaporación y el enfriamiento, el material se deberá agitar a menudo para evitar el sobresecado de los bordes y picos de las partículas de suelo en la superficie de la mezcla. Para materiales que contengan sales solubles, se usarán los métodos (a) o (b), con el fin de evitar la eliminación de las sales del espécimen de prueba.	
11	Cuando corresponda, se remueve el material retenido sobre el papel de filtro. Se mezcla completamente el material en el recipiente de mezcla, usando una espátula. El contenido de agua de la mezcla se deberá ajustar, de ser necesario, añadiendo pequeños incrementos de agua destilada o desmineralizada o permitiendo que se seque a temperatura ambiente mientras se agita	
12	Si se va a usar el método A, el material deberá encontrarse con un contenido de agua tal, que requiera entre 25 y 35 golpes de la cazuela para cerrar la ranura. Si se va a emplear el método B, la humedad deberá corresponder a un número de golpes comprendido entre 20 y 30. De ser necesario, se coloca el material mezclado en el recipiente de almacenamiento, cubriéndolo para evitar pérdidas de humedad y dejándolo en reposo por un período no menor de 16 horas, luego del cual el suelo se deberá remezclar antes de proceder al ensayo	
Método de preparación por vía seca		
1	El espécimen, obtenido según se describe en el numeral 7.2, se seca a temperatura ambiente o en un horno a una temperatura que no exceda de 60° C (140° F), hasta que los terrones de suelo se puedan disgregar con facilidad y su apariencia sea completamente seca	
2	Se pulveriza el material en un mortero empleando una maja forrada en caucho u otro procedimiento que no cause rotura de las partículas individuales del suelo.	

3	Cuando las partículas gruesas halladas durante el proceso correspondan a concreciones, conchillas u otros materiales frágiles, ellas no se deben triturar para obligarlas a pasar por el tamiz de 425 µm (No. 40), sino que se deben remover manualmente o mediante otro medio como, por ejemplo, el lavado Y se procede con los pasos del material que pasa por el tamiz	
4	Se separa el material a través del tamiz de 425 µm (No. 40), sacudiendo el tamiz manualmente para asegurar la separación de la fracción fina	
5	El material retenido en el tamiz de 425 µm (No. 40) se coloca en un recipiente y se sumerge en una pequeña cantidad de agua. La mezcla formada se pasa por el tamiz de 425 µm (No. 40), capturando en un recipiente de lavado el agua y los finos suspendidos que contenga.	
6	Se vierte esta suspensión en el recipiente que contiene el suelo seco que previamente se pasó por el tamiz de 425 µm (No. 40). Se descarta todo material que haya quedado retenido en este tamiz	
7	seprocede con los paso del 7 al 12 del procedimiento cuando pasa la maya del tamiz no 40°	
PROCEDIMIENTO METODO A		
1	Se remezcla completamente el espécimen, ajustando su contenido de agua para que adquiera la consistencia requerida para que sean necesarios entre 25 y 35 golpes de la cazuela para cerrar la ranura que se forma en el suelo	
2	Se coloca una cantidad adecuada de suelo en la cazuela encima del punto donde ésta descansa en la base y se comprime y extiende con la espátula para nivelarla y, a la vez, dejarla con una profundidad de 10 mm en el punto de su máximo espesor	
3	Se debe usar el menor número posible de pasadas con la espátula, evitando atrapar burbujas de aire en la masa de suelo. El suelo excedente se debe devolver al recipiente mezclador, el cual se debe tapar con el fin de retener la humedad de la muestra	
4	El suelo colocado sobre la cazuela de bronce se divide con una pasada firme del ranurador, hundiendo el lado biselado de éste hacia adelante en una línea que va desde el punto más alto hasta el más bajo del borde de la cazuela.	
5	Al hacer la ranura, se sostiene el ranurador contra la superficie de la cazuela y se forma un arco, manteniendo el ranurador perpendicular a la superficie de la cazuela durante su movimiento (Ver Figura 125 - 7). En suelos en los que no se pueda hacer la ranura en una sola pasada sin desgarrarlos, la ranura se corta con varias pasadas del ranurador.	
6	También, se puede hacer una ranura ligeramente menor usando una espátula y usando luego el ranurador hasta completar la dimensión deseada. Se debe tener un cuidado extremo, con el fin de evitar que la pasta de suelo se deslice sobre la superficie de la cazuela	

7	Se verifica que no haya restos de suelo ni en la base ni en la parte inferior de la cazuela. Entonces, se levanta y golpea la cazuela girando la manija a una velocidad de 1.9 a 2.1 revoluciones por segundo, hasta que las dos mitades de la pasta de suelo se pongan en contacto en el fondo de la ranura a lo largo de una distancia de cerca de 13 mm (½")	
8	**Por ningún motivo se deberá sostener la base del equipo con una mano mientras se gira la manivela.**	
9	Se debe verificar que la ranura no se haya cerrado de manera prematura a causa de una burbuja de aire atrapada en el suelo. Ello se hace observando que ambos lados de la ranura hayan fluido de manera similar.	
10	Si no fue así, se deberá reconformar el suelo en la cazuela, añadiendo una pequeña cantidad de éste para reponer la porción perdida durante el ranurado y se repiten los pasos 10.1 a 10.3. Si el suelo se desliza sobre la superficie de la cazuela, se deberán repetir los pasos 10.1 a 10.3 empleando una humedad mayor.	
11	Si no fue así, se deberá reconformar el suelo en la cazuela, añadiendo una pequeña cantidad de éste para reponer la porción perdida durante el ranurado y se repiten los pasos 1 al 7 . Si el suelo se desliza sobre la superficie de la cazuela, se deberán repetir los pasos 1 al 7 empleando una humedad mayor.	
12	si luego de varios ensayos con contenidos de agua sucesivamente mayores, la pasta de suelo se continúa deslizando en la cazuela o si el número requerido de golpes para cerrar la ranura es siempre menor de 25, se informa que no es posible determinar el límite líquido y que el suelo es no plástico (NP)	
13	Se registra el número de golpes, N, requerido para cerrar la ranura en la longitud indicada en el paso 7. Se saca una tajada de suelo, aproximadamente del ancho de la espátula, tomando parte de uno y otro lado y en ángulo recto con la ranura, incluyendo la porción de ésta en la cual se hizo contacto y se coloca en un recipiente de masa conocida y se tapa	
14	Se transfiere a la vasija de mezclado el suelo que sobró en la cazuela de bronce. La cazuela y el ranurador se deben lavar y secar, para tenerlas listas para el tanteo siguiente	
15	Se remezcla el suelo restante en la vasija, agregándole agua suficiente para ponerlo en un estado de mayor fluidez y se repiten los pasos 1 al 14. La finalidad de este procedimiento es obtener muestras con consistencias tales, que al menos una de las determinaciones del número de golpes requeridos para cerrar la ranura del suelo se halle en cada uno de los siguientes intervalos: 25–35; 20–30 y 15–25	
16	Se toma el recipiente con la porción de suelo (Ver numeral 10.5), se pesa y se anota el valor obtenido. Se coloca en seguida dentro del horno a 110 ± 5° C (230 ± 9° F) hasta obtener una masa constante y se vuelve a pesar tan pronto como se haya enfriado y antes de que pueda haber absorbido humedad higroscópica. Se anota esta masa, así como la pérdida de masa debida al secado.	
17	La determinación de la masa inicial (recipiente más porción de suelo húmedo) se deberá realizar inmediatamente se termine el ensayo. Si éste se interrumpe por más de 15 minutos, la masa se deberá determinar en el momento de la interrupción	

METODO B		
1	Se procede como se ha indicado en los numerales 1 al 13 excepto que la humedad del suelo deberá corresponder a un número de golpes entre 20 y 30 para cerrar la ranura de suelo en la cazuela. Si al hacer la prueba se obtienen más de 30 golpes o menos de 20, se deberá ajustar la humedad del suelo y repetir el ensayo	
2	Inmediatamente después de recoger la muestra para determinar la humedad 13 , se recupera la forma del suelo en la cazuela añadiendo una pequeña cantidad de él para recuperar la cantidad perdida a causa del ranurado y de la toma de la porción para hallar la humedad, y se repiten los pasos 4 a 13	
3	Si el cierre de la segunda ranura requiere el mismo número de golpes que la primera o no hay más de dos golpes de diferencia, se toma una porción del suelo para verificar su humedad.	
4	Si la diferencia es de más de dos golpes, el suelo se deberá remezclar en su totalidad y se repetirá el procedimiento, comenzando por el paso el paso 1 del metodo b, hasta que el número de golpes requerido para el cierre de la ranura entre una y otra prueba no difiera en más de dos	

CALCULOS METODO A

Se calcula el contenido de agua de cada porción del suelo, expresándolo como porcentaje de la masa del suelo secado en el horno, como sigue:

$$\text{Contenido de agua} = \frac{\text{Masa del agua}}{\text{Masa del suelo secado al horno}} \times 100$$

Preparación de la curva de fluidez – La "curva de fluidez", que representa la relación entre el contenido de humedad y el correspondiente número de golpes de la cazuela de bronce, se dibuja en un gráfico semi-logarítmico, con el
contenido de agua como ordenada en la escala aritmética y el número de golpes como abscisa en la escala logarítmica

Límite líquido – El contenido de agua correspondiente a la intersección de la curva de fluidez con la abscisa de 25 golpes se toma como Límite Líquido del suelo y se redondea al número entero más cercano.

CALCULOS METODO B

LLN: Límite líquido a partir de un punto, para un tanteo, %;

N:= Número de golpes para que se cierre la ranura en un tanteo

wN: Contenido de agua para un tanteo;

K: Factor de corrección

Se calcula el límite líquido de cada porción con alguna de las dos fórmulas siguientes:

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE LOS SUELOS	
Preparación de equipo	
DESCRIPCION	REGISTRO FOTOGRAFICO
EQUIPO	
Aparato del límite líquido – Dispositivo mecánico, consistente en una cazuela de bronce, suspendida de un soporte diseñado para controlar su caída sobre la superficie de un bloque de material resiliente, que sirve como base del aparato	
Base – Bloque de un material que presente un rebote resiliente entre 77 y 90 %. Detalles de la medida de la resiliencia de la base se presentan en el Anexo A	
Patas de caucho – Para soportar la base, diseñadas para suministrar aislamiento dinámico de la base con respecto a la superficie de trabajo	
Cazuela (copa) – De bronce, con una masa de 185 a 215 g incluyendo el soporte de la copa.	
Leva – Diseñada para elevar la copa de manera suave y continua hasta su altura máxima, sobre una distancia correspondiente a una rotación de la manija de, al menos, 180° sin desarrollar una velocidad ascendente o descendente de la cazuela cuando ésta es levantada por la leva (el movimiento preferido de la manija es el de una curva de levantamiento uniformemente acelerado)	
Soporte – Construido de manera que permita el ajuste conveniente y seguro de la altura de caída de la cazuela a 10 mm (0.394"), diseñado de manera que el conjunto de la cazuela y su manivela esté unido al soporte únicamente por medio de un pivote removible	
Ranurador – Herramienta plan hecha de plástico o de un metal no corrosivo, con las dimensiones mostradas en la FIfigura. El ranurador puede tener cualquier diseño, mientras se garantice que se mantienen sus dimensiones esenciales. El ranurador puede tener, aunque no es obligatorio, un calibrador para ajustar la altura de caída de la cazuela	
Calibrador – Bloque metálico para ajustar la altura de caída libre de la cazuela, cuyas dimensiones se presentan en la Figura. El diseño del calibrador puede variar, siempre que le permita apoyarse de manera firme sobre la base sin sufrir oscilaciones, y que el lado que hace contacto con la cazuela durante la operación de ajuste de la altura de caída libre de ésta sea recto, de no menos de 10 mm (3/8") de ancho y sin biseles o curvaturas.	
Recipientes para la determinación de la humedad – Recipientes pequeños, hechos de un material resistente a la corrosión, con tapas de ajuste de precisión. Se pueden usar latas de aluminio o de acero inoxidable de 25.4 mm (1") de altura por 50.8 mm (2") de diámetro. Se requiere un recipiente para cada determinación del contenido de agua.	
Balanza – Con legibilidad de 0.01 g	

Recipiente para mezclar y almacenar las muestras preparadas – Durante estas operaciones se debe impedir que la muestra pierda agua y que el recipiente contamine la muestra de cualquier manera. Al efecto, resulta apropiado un recipiente de plástico, vidrio o porcelana de 114 mm (4 ½") de diámetro y una bolsa plástica de tamaño suficiente para envolverlo completamente		
Espátula – Una espátula de hoja flexible de unos 75 a 100 mm (3 a 4") de longitud y 20 mm (¾") de ancho.		
Horno – Un horno termostáticamente controlado para el secado de las muestras, capaz de mantener temperaturas de 110 ± 5° C (230 ± 9° F)		
Agua – Se puede emplear agua destilada o desmineralizada.		
MUESTRA DE ENSAYO		
Las muestras deben ser representativas de los suelos cuyas características se desean conocer. Las muestras cuyos especímenes se van a preparar usando el método de preparación húmeda se deben conservar con el contenido de agua con el cual fueron tomadas en el terreno hasta el instante de su preparación para el ensayo		
Espécimen – Se obtiene una porción representativa de la muestra, suficiente para suministrar de 150 a 200 g de material que pase el tamiz de 425 µm (No. 40). Las muestras que fluyen libremente, se pueden reducir por cuarteo. Los suelos cohesivos que no fluyen libremente se deben mezclar completamente con una espátula o un cucharón dentro de un recipiente, tomando como representativa una porción, recogida con el cucharón, de la masa mezclada		
PREPARACION DEL ESPECIMEN DE ENSAYO		
húmeda – Salvo que se especifique que la preparación se debe realizar por vía seca, el espécimen de prueba se deberá preparar co		
Material que pasa en su totalidad por el tamiz de 425 µm (No. 40)		
1	Empleando métodos manuales y visuales, se establece si el espécimen mencionado en el numeral 7.2 tiene poco o ningún material retenido en el tamiz de 425 µm (No. 40). Si es el caso, se preparan de 150 a 200 g de material mediante una mezcla íntima con agua en el recipiente de mezclado, usando la espátula	
2	Si se desea, se moja el material con una pequeña cantidad de agua, suficiente para ablandar el material antes de proceder al mezclado. Si se usa el Método A, se ajusta la humedad del suelo de manera de llevarlo a una consistencia que requiera de 25 a 35 golpes de la cazuela para cerrar la ranura Si se usa el método B, la consistencia del suelo debe ser tal, que dé dar lugar a un número de golpes comprendido entre 20 y 30.	

Si durante el mezclado se encuentra que había una pequeña cantidad de material de tamaño mayor a 425 µm, esas partículas se deberán remover manualmente, si resulta posible. Si la remoción a mano no es factible, se deberán retirar esos pequeños porcentajes del material grueso (siempre que su proporción no supere el 15 %) trabajando el material sobre el tamiz de 425 µm (No. 40) Para efectuar este procedimiento, se usará una lámina de caucho u otro elemento que no distorsione el tamiz ni degrade el material que quedaría retenido si se usara el método En caso de que se detecte un porcentaje más elevado de partículas gruesas o no se considere práctico removerlas como se acaba de describir, la muestra se deberá lavar como se describe anteriormente. Si las partículas gruesas halladas durante el mezclado son concreciones, conchillas u otras partículas frágiles, ellas no se deberán partir para obligarlas a pasar el tamiz de 425 µm (No. 40), sino que se deberán remover de manera manual o mediante lavado		
3	Se coloca el material preparado en el recipiente para mezcla y almacenamiento, se verifica su consistencia (se efectúan ajustes si se requieren), se cubre para prevenir pérdidas de humedad y se deja en reposo durante no menos de 16 horas (toda la noche).	
4	Cumplido este plazo, el suelo se remezcla antes de proceder al ensayo.	
Material que contiene partículas retenidas en el tamiz de 425 µm (No. 40):		
1	Se coloca el espécimen descrito en el numeral 7.2 dentro de un recipiente, con una cantidad de agua suficiente para cubrirlo y se permite que se empape hasta que se ablanden todos los terrones y no haya finos adheridos a las partículas gruesas	
2	Si el material contiene una gran cantidad de partículas retenidas en el tamiz de 425 µm (No. 40), la operación de lavado que se describe en seguida se deberá realizar en incrementos, lavando una cantidad no mayor de 500 g (1 lb) en cada ocasión.	
3	Se coloca el tamiz de 425 µm (No. 40) en el fondo de un recipiente limpio y se vierte la mezcla de sueloagua sobre el tamiz, cuidando que no se produzca ninguna pérdida. Si hay presentes partículas de grava o arena, ellas se deberán enjuagar, tantas veces como sea posible, con pequeñas cantidades de agua tomadas de una botella de lavado, descartándolas con posterioridad.	
4	Un medio alternativo consiste en encajar el tamiz de 2.0 mm (No. 10) sobre el de 425 µm (No. 40) y verter la mezcla de suelo-agua sobre aquél, enjuagando el material y retirando las partículas mayores de 2 mm. Luego de lavar y remover tanto material grueso como resulte posible, se agrega agua al recipiente en cantidad suficiente para que cubra la superficie de la malla del tamiz de 425 µm (No. 40) al menos 13 mm (½")	
5	Se agita la mezcla revolviéndola con los dedos y formando remolinos mientras el tamiz se mueve hacia arriba y hacia abajo, para separar todo material fino de las partículas gruesas. Los terrones que no se hayan desleído se deberán disgregar, frotándolos con suavidad sobre el tamiz con las yemas de los dedos.	
6	La operación de lavado se completa levantando el tamiz por encima de la superficie del agua y enjuagando el material retenido con una pequeña cantidad de agua limpia. El material que quede retenido en el tamiz de 425 µm (No. 40) se deberá descartar.	

7	Se reduce la humedad del material que pasa el tamiz de 425 µm (No. 40) hasta que se acerque al límite líquido. Esta reducción se puede llevar a cabo por alguno de los métodos que se describen a continuación o por una combinación de ellos:	
8	1	exponiéndolo a corrientes de aire a temperatura ambiente,
	2	exponiéndolo a corrientes de aire tibio por medio de un secador de pelo
	4	decantando el agua clara de la superficie de la suspensión
	5	filtrándolo en un embudo Büchner o usando filtros de vela
	6	drenándolo en un colador o en un plato de yeso de Paris forrado con un papel filtro resistente a la humedad
9	Si se emplea el plato, se deberá tener la precaución de que nunca se sature tanto como para que no logre absorber agua en su superficie	
10	El plato se deberá secar completamente entre usos sucesivos. Durante la evaporación y el enfriamiento, el material se deberá agitar a menudo para evitar el sobresecado de los bordes y picos de las partículas de suelo en la superficie de la mezcla. Para materiales que contengan sales solubles, se usarán los métodos (a) o (b), con el fin de evitar la eliminación de las sales del espécimen de prueba.	
11	Cuando corresponda, se remueve el material retenido sobre el papel de filtro. Se mezcla completamente el material en el recipiente de mezcla, usando una espátula. El contenido de agua de la mezcla se deberá ajustar, de ser necesario, añadiendo pequeños incrementos de agua destilada o desmineralizada o permitiendo que se seque a temperatura ambiente mientras se agita	
12	Si se va a usar el método A, el material deberá encontrarse con un contenido de agua tal, que requiera entre 25 y 35 golpes de la cazuela para cerrar la ranura. Si se va a emplear el método B, la humedad deberá corresponder a un número de golpes comprendido entre 20 y 30. De ser necesario, se coloca el material mezclado en el recipiente de almacenamiento, cubriéndolo para evitar pérdidas de humedad y dejándolo en reposo por un período no menor de 16 horas, luego del cual el suelo se deberá remezclar antes de proceder al ensayo	
Método de preparación por vía seca		
1	El espécimen, obtenido según se describe en el numeral 7.2, se seca a temperatura ambiente o en un horno a una temperatura que no exceda de 60° C (140° F), hasta que los terrones de suelo se puedan disgregar con facilidad y su apariencia sea completamente seca	
2	Se pulveriza el material en un mortero empleando una maja forrada en caucho u otro procedimiento que no cause rotura de las partículas individuales del suelo.	

3	Cuando las partículas gruesas halladas durante el proceso correspondan a concreciones, conchillas u otros materiales frágiles, ellas no se deben triturar para obligarlas a pasar por el tamiz de 425 µm (No. 40), sino que se deben remover manualmente o mediante otro medio como, por ejemplo, el lavado Y se procede con los pasos del material que pasa por el tamiz	
4	Se separa el material a través del tamiz de 425 µm (No. 40), sacudiendo el tamiz manualmente para asegurar la separación de la fracción fina	
5	El material retenido en el tamiz de 425 µm (No. 40) se coloca en un recipiente y se sumerge en una pequeña cantidad de agua. La mezcla formada se pasa por el tamiz de 425 µm (No. 40), capturando en un recipiente de lavado el agua y los finos suspendidos que contenga.	
6	Se vierte esta suspensión en el recipiente que contiene el suelo seco que previamente se pasó por el tamiz de 425 µm (No. 40). Se descarta todo material que haya quedado retenido en este tamiz	
7	seprocede con los paso del 7 al 12 del procedimiento cuando pasa la maya del tamiz no 40°	
PROCEDIMIENTO METODO A		
1	Se remezcla completamente el espécimen, ajustando su contenido de agua para que adquiera la consistencia requerida para que sean necesarios entre 25 y 35 golpes de la cazuela para cerrar la ranura que se forma en el suelo	
2	Se coloca una cantidad adecuada de suelo en la cazuela encima del punto donde ésta descansa en la base y se comprime y extiende con la espátula para nivelarla y, a la vez, dejarla con una profundidad de 10 mm en el punto de su máximo espesor	
3	Se debe usar el menor número posible de pasadas con la espátula, evitando atrapar burbujas de aire en la masa de suelo. El suelo excedente se debe devolver al recipiente mezclador, el cual se debe tapar con el fin de retener la humedad de la muestra	
4	El suelo colocado sobre la cazuela de bronce se divide con una pasada firme del ranurador, hundiendo el lado biselado de éste hacia adelante en una línea que va desde el punto más alto hasta el más bajo del borde de la cazuela.	
5	Al hacer la ranura, se sostiene el ranurador contra la superficie de la cazuela y se forma un arco, manteniendo el ranurador perpendicular a la superficie de la cazuela durante su movimiento (Ver Figura 125 - 7). En suelos en los que no se pueda hacer la ranura en una sola pasada sin desgarrarlos, la ranura se corta con varias pasadas del ranurador.	
6	También, se puede hacer una ranura ligeramente menor usando una espátula y usando luego el ranurador hasta completar la dimensión deseada. Se debe tener un cuidado extremo, con el fin de evitar que la pasta de suelo se deslice sobre la superficie de la cazuela	

7	Se verifica que no haya restos de suelo ni en la base ni en la parte inferior de la cazuela. Entonces, se levanta y golpea la cazuela girando la manija a una velocidad de 1.9 a 2.1 revoluciones por segundo, hasta que las dos mitades de la pasta de suelo se pongan en contacto en el fondo de la ranura a lo largo de una distancia de cerca de 13 mm (½")	
8	**Por ningún motivo se deberá sostener la base del equipo con una mano mientras se gira la manivela.**	
9	Se debe verificar que la ranura no se haya cerrado de manera prematura a causa de una burbuja de aire atrapada en el suelo. Ello se hace observando que ambos lados de la ranura hayan fluido de manera similar.	
10	Si no fue así, se deberá reconformar el suelo en la cazuela, añadiendo una pequeña cantidad de éste para reponer la porción perdida durante el ranurado y se repiten los pasos 10.1 a 10.3. Si el suelo se desliza sobre la superficie de la cazuela, se deberán repetir los pasos 10.1 a 10.3 empleando una humedad mayor.	
11	Si no fue así, se deberá reconformar el suelo en la cazuela, añadiendo una pequeña cantidad de éste para reponer la porción perdida durante el ranurado y se repiten los pasos 1 al 7 . Si el suelo se desliza sobre la superficie de la cazuela, se deberán repetir los pasos 1 al 7 empleando una humedad mayor.	
12	si luego de varios ensayos con contenidos de agua sucesivamente mayores, la pasta de suelo se continúa deslizando en la cazuela o si el número requerido de golpes para cerrar la ranura es siempre menor de 25, se informa que no es posible determinar el límite líquido y que el suelo es no plástico (NP)	
13	Se registra el número de golpes, N, requerido para cerrar la ranura en la longitud indicada en el paso 7. Se saca una tajada de suelo, aproximadamente del ancho de la espátula, tomando parte de uno y otro lado y en ángulo recto con la ranura, incluyendo la porción de ésta en la cual se hizo contacto y se coloca en un recipiente de masa conocida y se tapa	
14	Se transfiere a la vasija de mezclado el suelo que sobró en la cazuela de bronce. La cazuela y el ranurador se deben lavar y secar, para tenerlas listas para el tanteo siguiente	
15	Se remezcla el suelo restante en la vasija, agregándole agua suficiente para ponerlo en un estado de mayor fluidez y se repiten los pasos 1 al 14. La finalidad de este procedimiento es obtener muestras con consistencias tales, que al menos una de las determinaciones del número de golpes requeridos para cerrar la ranura del suelo se halle en cada uno de los siguientes intervalos: 25–35; 20–30 y 15–25	
16	Se toma el recipiente con la porción de suelo (Ver numeral 10.5), se pesa y se anota el valor obtenido. Se coloca en seguida dentro del horno a 110 ± 5° C (230 ± 9° F) hasta obtener una masa constante y se vuelve a pesar tan pronto como se haya enfriado y antes de que pueda haber absorbido humedad higroscópica. Se anota esta masa, así como la pérdida de masa debida al secado.	
17	La determinación de la masa inicial (recipiente más porción de suelo húmedo) se deberá realizar inmediatamente se termine el ensayo. Si éste se interrumpe por más de 15 minutos, la masa se deberá determinar en el momento de la interrupción	

METODO B		
1	Se procede como se ha indicado en los numerales 1 al 13 excepto que la humedad del suelo deberá corresponder a un número de golpes entre 20 y 30 para cerrar la ranura de suelo en la cazuela. Si al hacer la prueba se obtienen más de 30 golpes o menos de 20, se deberá ajustar la humedad del suelo y repetir el ensayo	
2	Inmediatamente después de recoger la muestra para determinar la humedad 13 , se recupera la forma del suelo en la cazuela añadiendo una pequeña cantidad de él para recuperar la cantidad perdida a causa del ranurado y de la toma de la porción para hallar la humedad, y se repiten los pasos 4 a 13	
3	Si el cierre de la segunda ranura requiere el mismo número de golpes que la primera o no hay más de dos golpes de diferencia, se toma una porción del suelo para verificar su humedad.	
4	Si la diferencia es de más de dos golpes, el suelo se deberá remezclar en su totalidad y se repetirá el procedimiento, comenzando por el paso el paso 1 del metodo b, hasta que el número de golpes requerido para el cierre de la ranura entre una y otra prueba no difiera en más de dos	

CALCULOS METODO A

Se calcula el contenido de agua de cada porción del suelo, expresándolo como porcentaje de la masa del suelo secado en el horno,

$$\text{Contenido de agua} = \frac{\text{Masa del agua}}{\text{Masa del suelo secado al horno}} \times 100$$

Preparación de la curva de fluidez – La "curva de fluidez", que representa la relación entre el contenido de humedad y el correspondiente número de golpes de la cazuela de bronce, se dibuja en un gráfico semi-logarítmico, con el contenido de agua como ordenada en la escala aritmética y el número de golpes como abscisa en la escala logarítmica

Límite líquido – El contenido de agua correspondiente a la intersección de la curva de fluidez con la abscisa de 25 golpes se toma como Límite Líquido del suelo y se redondea al número entero más cercano.

CALCULOS METODO B

LLN: Límite líquido a partir de un punto, para un tanteo, %;

N:= Número de golpes para que se cierre la ranura en un tanteo

wN: Contenido de agua para un tanteo;

K: Factor de corrección

Se calcula el límite líquido de cada porción con alguna de las dos fórmulas siguientes:

DENSIDAD, DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECÍFICA) Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO	
Preparación de equipo	
DESCRIPCION	REGISTRO FOTOGRAFICO
Balanzas – Con legibilidad y exactitud de 0.05 % del peso de la muestra dentro del rango empleado en el ensayo, o 0.5 g, el que sea mayor. La balanza debe estar equipada con un sistema que permita suspender el recipiente con la muestra y determinar su masa dentro de agua.	
Canastillas metálicas – Como recipientes para las muestras en las pesadas sumergidas. Se dispondrá de dos tipos de canastillas metálicas, de aproximadamente igual base y altura, fabricadas con armazón de suficiente rigidez y paredes de tela metálica con malla de 3.35 mm (No. 6). Para agregados con tamaño máximo nominal igual o inferior a 37.5 mm (1 ½") se utilizarán canastillas con capacidades de 4 a 7 litros y para tamaños superiores, canastillas de mayor capacidad	
Tanque de agua – Un tanque que permita que la canastilla metálica con la muestra quede totalmente inmersa y suspendida debajo de la balanza	
Dispositivo de suspensión – Se utilizará cualquier dispositivo que permita suspender las canastillas de la balanza, una vez sumergidas. Debe ser del menor tamaño posible para minimizar los efectos de una profundidad de inmersión variable	
Pisón – Varilla metálica recta, con una masa de 340 ± 15 g, con una superficie circular plana para el apisonado, de 25 ± 3 mm de diámetro.	
Tamices – Un tamiz de 4.75 mm de abertura (No. 4) y los demás que se puedan requerir	
Horno – De capacidad suficiente y que pueda mantener una temperatura uniforme de 110 ± 5° C (230 ± 9° F).	

PREPARACION DEL ESPECIMEN		
1	La muestra del agregado se debe obtener de acuerdo con la norma INV E–201.	

2	Se comienza por mezclar completamente los agregados, cuarteándolos a continuación conforme se indica en la norma INV E–202, hasta obtener aproximadamente la cantidad mínima necesaria para el ensayo	
Se debe eliminar el material inferior a 4.75 mm (No. 4) mediante tamizado en seco y lavado para remover los finos adheridos a la superficie. Si el agregado grueso contiene una cantidad sustancial de material menor de 4.75 mm, se debe usar el tamiz de 2.36 mm (No. 8), en lugar del de 4.75 mm (No. 4). Alternativamente, se puede separar el material menor de 4.75 mm y ensayarlo de acuerdo con la norma INV E–222.		
3	La masa mínima de la muestra para ensayo se indica en la Tabla . Se permite ensayar el agregado en varias fracciones. Si la muestra contiene más de un 15 % retenido en el tamiz de 37.5 mm (1 ½"), el material retenido se ensaya en una o más fracciones separadas de las más pequeñas. Cuando se fracciona la muestra, la cantidad mínima para ensayo de cada fracción será la diferencia entre las masas prescritas en la Tabla para los tamaños máximos y mínimos de cada fracción.	
4	Si la muestra se ensaya en dos o más fracciones, se debe determinar la granulometría de la muestra (norma INV E–213), incluyendo los tamices usados para separar las fracciones. Al calcular el porcentaje de material en cada fracción, se deberá ignorar la cantidad de material más fino que la abertura del tamiz 4.75 mm (No. 4) o del tamiz de 2.36 mm (No. 8)	

TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL		MASA MÍNIMA DE LA MUESTRA DE ENSAYO	
mm	pg.	kg	lb
12.5	½	2	4.4
19	¾	3	6.6
25	1	4	8.8
37.5	1 ½	5	11
50	2	8	18
63	2 ½	12	26
75	3	18	40
90	3 ½	25	55
100	4	40	88
125	5	75	165

PROCEDMIENTO		
1	Se seca la muestra en un horno a 110 ± 5° C hasta masa constante, se deja al aire a temperatura ambiente durante 1 a 3 horas para muestras de tamaño máximo nominal hasta de 37.5 mm (1 ½"); o un lapso mayor para muestrascon tamaños mayores, hasta que el agregado sea manipulable (aproximadamente 50° C). Posteriormente se sumerge en agua, también a temperatura ambiente, durante un período de 24 ± 4 horas	
Cuando los valores de la densidad relativa (gravedad específica) y de la absorción se vayan a utilizar en el diseño de mezclas de concreto hidráulico, en las que los agregados se emplean en su condición normal de humedad, se puede prescindir del secado previo hasta masa constante. Además, si los agregados se han mantenido previamente con su superficie continuamente húmeda, se puede, igualmente, omitir el período de 24 ± 4 horas de inmersión.		
2	Después del período de inmersión, se saca la muestra del agua y se secan las partículas rodándolas sobre un paño absorbente de gran tamaño, hasta que se elimine el agua superficial visible, secando individualmente los fragmentos mayores	
3	Se deben tomar las precauciones necesarias para evitar cualquier evaporación del agua de los poros durante la operación de secado de la superficie de las partículas. A continuación, se determina la masa de la muestra en la condición saturada con superficie seca (SSS).	
4	Estas y todas las pesadas subsiguientes se deberán realizar con una aproximación de 0.5 g o de 0.05 % de la masa de la muestra, la que sea mayor.	
5	Después de determinar la masa en el aire, se coloca la muestra en el interior de la canastilla metálica y se determina su masa sumergida en el agua, a la temperatura de 23 ± 2° C sedebe evitar la inclusión de aire en la muestra antes de determinar su masa, agitando la canastilla mientras está sumergida.	

6	Se seca entonces la muestra en horno a 110 ± 5° C hasta masa constante, se enfría al aire a temperatura ambiente durante 1 a 3 h o hasta que el agregado sea manipulable (aproximadamente 50° C) y, en seguida, se determina su masa.	

CALCULOS

A: Masa al aire de la muestra seca al horno, g;

B: Masa al aire de la muestra saturada y superficialmente seca, g;

C: Masa aparente de la muestra saturada en agua, g.

G: Densidad o densidad relativa (gravedad específica) promedio. Todas las formas de expresión de la densidad o de la densidad relativa (gravedad específica) se pueden promediar con esta fórmula;

G1, G2,... Gn: Valores de densidad o densidad relativa (gravedad específica) de cada fracción, dependiendo del tipo de densidad o densidad relativa (gravedad específica) que se esté promediando;

P1, P2,...Pn: Porcentajes respectivos de la masa de cada fracción con respecto a la masa total de la muestra.

A: Absorción promedio, %;

A1, A2 ,..., An: Porcentajes de absorción de cada fracción de la muestra total

P1, P2,...Pn: Porcentajes respectivos de la masa de cada fracción con respecto a la masa total de la muestra.

1	Densidad relativa (gravedad específica) seca al horno (SH)	$SH = \frac{A}{(B - C)}$
2	Densidad relativa (gravedad específica) en condición saturada y superficialmente seca	$SSS = \frac{B}{(B - C)}$
3	Densidad relativa aparente (gravedad específica aparente)	$= \frac{A}{(A - C)}$
4	Densidad en condición seca al horno (SH)	$kg/m^3 = \frac{997.5\ A}{(B - C)}$ $lb/pie^3 = \frac{62.27\ A}{(B - C)}$
5	Densidad en condición saturada y superficialmente seca (SSS)	$kg/m^3 = \frac{997.5\ B}{(B - C)}$ $lb/pie^3 = \frac{62.27\ B}{(B - C)}$
6	Densidad aparente	$kg/m^3 = \frac{997.5\ A}{(B + A - C)}$ $lb/pie^3 = \frac{62.27\ A}{(B + A - C)}$
7	Absorción	$Absorción, \% = \frac{B - A}{A} \times 100$

8	Valor promedio de absorción	$A = \left[\frac{P_1 A_1}{100}\right] + \left[\frac{P_2 A_2}{100}\right] + \cdots + \left[\frac{P_n A_n}{100}\right]$
9	Valores promedio de densidad y densidad relativa (gravedad específica)	$G = \frac{1}{\frac{P_1}{100\,G_1} + \frac{P_2}{100\,G_2} + \cdots + \frac{P_n}{100\,G_n}}$

Absorción

RELACIONES HUMEDAD – PESO UNITARIO SECO EN LOS SUELOS (ENSAYO MODIFICADO DE COMPACTACIÓN)	
Preparación de equipo	
DESCRIPCION	REGISTRO FOTOGRAFICO
Moldes – Los moldes deberán ser cilíndricos, de paredes sólidas, fabricados con metal, y con las dimensiones y capacidades mostradas más adelante. Deberán tener collares ajustables de aproximadamente 60 mm (2.373") de altura, que permitan la preparación de muestras compactadas de mezclas de suelo con agua con la altura y el volumen deseados	
Martillo metálico – Puede ser de operación manual o mecánica, con una masa de 4.5364 ± 0.009 kg (10 ± 0.02 lb), que tenga una cara plana circular, de diámetro de 50.80 ± 0.13 mm (2.000 ± 0.005"). El diámetro real de servicio no podrá ser menor de 50.42 mm (1.985”). El martillo deberá estar provisto de una camisa guía apropiada que controle la altura de la caída del golpe desde una altura libre de 457.2 ± 1.3 mm (18.00 ± 0.05") por encima de la altura del suelo.	
Extractor de muestras (opcional) – Un gato con marco u otro dispositivo adecuado para extraer las muestras compactadas de los moldes.	
Balanzas – Una de 11.5 kg de capacidad y aproximación de lectura de 1 g, cuando se use para pesar moldes de 152.4 mm (6") con suelos húmedos compactados; cuando se emplee el molde de 101.6 mm (4"), se puede usar una balanza de menor capacidad, si su aproximación de lectura es de 1 g. También, se requiere otra balanza de 1 kg de capacidad con legibilidad de 0.1 g para las determinaciones de humedad	
Horno – Termostáticamente controlado, capaz de mantener una temperatura de 110 ± 5° C (230 + 9° F), para el secado de las muestras.	
Regla metálica – De acero endurecido, de borde recto, al menos de 250 mm (10") de largo. El borde de corte y enrasado deberá ser biselado, si tiene más de 3 mm (1/8") de espesor.	
Tamices – De 19.0, 9.5 y 4.75 mm (3/4", 3/8" y No. 4).	
Herramientas misceláneas – Tales como cazuelas para mezclado, espátulas, etc., o un dispositivo mecánico adecuado para mezclar las muestras de suelo con diversas cantidades de agua.	
Recipientes – Para determinar la humedad de las muestras, elaborados en metal u otro material adecuado, con cierres que ajusten herméticamente para evitar la pérdida de humedad durante el pesaje	
PREPARACION DE LAS MUESTRAS	
La cantidad mínima de muestra para un ensayo completo empleando los Métodos A o B es de unos 16 kg, y para el Método C de 29 kg. Por lo tanto, la muestra de campo debería tener una masa húmeda de, al menos, 23 kg y 45 kg, respectivamente.	

Si no se dispone de los datos de granulometría de la muestra, se estiman las proporciones de material retenido en el tamiz de 4.75 mm (No. 4) cuando se utiliza el Método A; en el tamiz de 9.5 mm (3/8") cuando se emplea el Método B, o en el tamiz de 19.0 mm (¾") cuando se emplea el Método C			
1	Si se considera que el porcentaje retenido está muy cerca del límite admitido por el método de compactación que se va a utilizar, entonces se escoge alguna de las siguientes tres opciones		
	1	Se elige un método que permita un mayor porcentaje retenido (por ejemplo, el B o el C, si inicialmente se pretende utilizar el A).	
	2	Usando el método de interés, se procesa la muestra para preparacion por via seca y humeda, con lo que se determina al porcentaje retenido para dicho método. Si resulta aceptable, se procede; en caso contrario, se va al método siguiente (B o C).	
	3	Se determinan los valores de los porcentajes retenidos usando una porción representativa de la muestra y empleando la norma de ensayo INV E–213. Solamente se necesita determinar los porcentajes retenidos en el tamiz o tamices deseados	
PROCEDMIENTO: SUELOS			
Preparación por vía húmeda (preferida)			
1	Sin secado previo de la muestra, se procesa ésta sobre un tamiz de 4.75 mm (No. 4), de 9.5 mm (3/8") o de 19.0 mm (¾"), dependiendo del Método (A, B o C)		
2	Se determinan y registran las masas de los materiales pasante y retenido en ese tamiz		
3	Se seca en el horno la fracción gruesa y se determina y registra su masa con aproximación a 1 g. Si resulta que más del 0.5 % de la masa seca total de la muestra está adherida a la fracción gruesa, se deberá lavar esta fracción. Luego, se determina y registra su masa seca, con aproximación a 1 gr.		
4	Se determina y registra la humedad de la fracción de ensayo (fracción fina). Usando esta humedad, se determina y anota la masa seca al horno de esta fracción, con aproximación a 1 g		
5	Se seleccionan y preparan al menos cuatro (preferiblemente cinco) sub-muestras de la fracción de ensayo		
6	1	se prepara una submuestra con una humedad cercana a la que se cree que es la optima	
	2	se eligen las humedades para las otras sub-muestras, con variaciones de 2 % y buscando que dos de ellas sean superiores a a óptima y dos inferiores a ella	
7	Se mezcla completamente la fracción de ensayo (fracción fina), y luego se selecciona con una cuchara una porción representativa para constituir cada sub-muestra. Se deben seleccionar por sub-muestra más o menos 2.3 kg cuando se usen los Métodos A o B, o unos 5.9 kg para el Método C.		
	Para obtener las humedades de moldes mencionados en el numeral Humedad de moldes de		

8	Para obtener las humedades de moldeo mencionadas en el numeral Humedad de moldeo de cada probeta – Se calcula cada humedad (w), aproximada a 0.1 %, de acuerdo con la norma INV E-122se debe añadir o remover agua de la siguiente manera:		
	1	para añadir agua, se la atomiza durante la operación de mezclado	
	2	para remover, se permite que el suelo se seque a la temperatura ambiente o en un aparato que no lleve la temperatura más allá de 60° C (140° F)	
9	Mezclar frecuentemente el suelo durante el secado facilita que el agua se distribuya de manera uniforme. Una vez que cada sub-muestra tenga la humedad apropiada, se coloca dentro de un recipiente con tapa, para someterla a un período de curado previo a la compactación (los tiempos estan en la tabla anexo)		
PREPARACION POR VIA SECA			
1	Si la muestra se encuentra muy húmeda para ser desmenuzada, se reduce su contenido de agua secándola al aire hasta volverla friable. El secado también se puede realizar en un aparato que no lleve la temperatura más allá de 60° C (140° F)		
2	Se desintegran totalmente las agregaciones, sin romper partículas individuales. Se procesa el material sobre el tamiz apropiado, de acuerdo con el método de ensayo elegido.		
3	Cuando se prepare material pasante por el tamiz de 19.0 mm (¾") para compactarlo en el molde de 15.4 mm (6"), las agregaciones se deben romper lo suficiente para que pasen el tamiz de 9.5 mm (3/8"), con el fin de facilitar la distribución completa del agua durante el mezclado posterior. Se determina y anota el contenido de agua de la fracción de ensayo, Humedades, densidades y pesos unitarios de las probetas compactadas , para determinar el porcentaje de la fracción con sobretamaños, PFG, y el porcentaje de la fracción de ensayo, PFE.		
4	Se seleccionan y preparan al menos cuatro (preferiblemente cinco) sub-muestras de la fracción de ensayo		
5	1	se prepara una submuestra con una humedad cercana a la que se cree que es la óptima	
	2	se eligen las humedades para las otras sub-muestras, con variaciones de 2 % y buscando que dos de ellas sean superiores a a óptima y dos inferiores a ella	
PROCEDIMIENTO			
1	Se determina y registra la masa del molde o del molde más la placa de base		
2	Se ensambla y asegura el collar de extensión al molde y el conjunto a la placa de base. Se verifican las alineaciones de las paredes interiores del molde y del collar y se hacen los ajustes que sean necesarios.		
3	El molde se deberá apoyar, sin bamboleo alguno, sobre una fundación firme y rígida, y se asegura		

4	se coloca aproximadamente una quinta parte de la sub-muestra en estado suelto dentro del molde y se reparte para que dé lugar a una capa uniforme	
5	En seguida, se oprime suavemente su superficie hasta que el suelo no presente un estado esponjoso o suelto, usando el martillo de operación manual o un cilindro de unos 50 mm (2") de diámetro se compacta con 25 golpes cuando está en el molde de 101.6 mm (4") y con 56 golpes cuando está en el molde de 152.4 mm	
6	Tras la compactación de las cuatro primeras capas, cualquier porción de suelo que no haya quedado compactada debe ser escarificada con un cuchillo u otro elemento adecuado.	
7	El suelo escarificado se deberá descartar. La cantidad total de suelo usada deberá ser tal, que la quinta capa compactada sobrepase el borde del molde, quedando dentro del collar de extensión, pero en una longitud que no exceda de 6 mm (¼")	
8	Terminada la compactación de la última capa, se remueven el collar y la placa de base del molde.Se puede usar un cuchillo para desbastar el suelo adyacente al collar y ayudar a aflojarlo antes de removerlo, con el fin de evitar que la probeta compactada se rompa por debajo del borde superior del molde. Adicionalmente, para prevenir o reducir la adherencia del suelo al collar o a la placa de base, éstos se deben rotar cuidadosamente durante su remoción	
9	Se enrasa cuidadosamente la probeta compactada con el borde superior del molde, empleando la regla metálica dispuesta para tal fin	
10	Los pequeños orificios que queden en la superficie de la probeta se deberán rellenar con suelo no usado o desbastado de la muestra, presionándolo con los dedos y pasando nuevamente la regla a ras con el borde del molde	
11	Se determina y anota la masa del molde con la probeta compactada, con aproximación de 1 g	
12	Se extrae del molde la probeta compactada. Se obtiene una muestra de ella para determinar la humedad, sea tomando el total de la muestra (método preferido) o una porción de ella. Cuando se utilice el total de la muestra, ésta se deberá desmenuzar para facilitar el secado.	
13	Luego de la compactación de la última probeta, se comparan los pesos unitarios húmedos de todas, para asegurar que hay datos a ambos lados de la humedad óptima, que permitan la elaboración de la curva de compactación	
14	Dibujando los puntos que representan el peso unitario húmedo de cada probeta con su respectiva humedad de moldeo, se puede realizar esta evaluación. Si no se encuentra la tendencia esperada, será necesario compactar una o más probetas adicionales con otros contenidos de agua	

CALCULOS

15	Masa seca de la fracción de ensayo (MSFE): MHFE: Masa húmeda de la fracción de ensayo, aproximada a 1 g wFE: Humedad de la fracción de ensayo, aproximada a 0.1% $$M_{SFE} = \frac{M_{HFE}}{1 + \frac{W_{FE}}{100}}$$	
16	Porcentaje de la fracción gruesa (PFG): MSFC: Masa seca de la fracción gruesa, aproximada a 1 g;Porcentaje de la fracción de ensayo (PFE): $$P_{FG} = \frac{M_{SFC}}{M_{SFC} + M_{SFE}} \times 100$$	
17	Porcentaje de la fracción de ensayo (PFE): $$P_{FE} = 100 - P_{FG}$$	
18	Densidad húmeda de cada sub-muestra (ρH): MT: Masa del suelo húmedo dentro del molde, aproximada a 1 g; MMD: Masa del molde compactación, aproximada a 1 g: V: Volumen del molde, cm3 o m3: K: Constante de conversión que depende de las unidades de densidad y de volumen $$\rho_H = K \times \frac{M_T - M_{MD}}{V}$$	
19	Densidad seca de cada sub–muestra (ρd): $$\rho_d = \frac{\rho_H}{1 + \frac{w}{100}}$$	
20	Peso unitario seco de cada sub-muestra (γd): K1: Constante de conversión (9.8066 para densidad en g/cm3 ; 0.0098066 para densidad en kg/m3): $$\gamma_d = K_1 \times \rho_d$$	

ESPESOR DE LA PELICULA DE ASFALTO EN MEZCLAS BITUMINOSAS INV E 741-13

Los agregados pétreos requieren estar cubiertos por un espesor mínimo de ligante, para asegurar la cohesión, la durabilidad y la resistencia a la fatiga de la mezcla asfáltica luego de su colocación en el terreno.

GLOSARIO

Pb = contenido total de asfalto

Pba (%) =Asfalto absorbido, como porcentaje de la masa del agregado

Dd = Densidad del ligante (peso específico del asfalto)

Pg. = Proporción del agregado en la mezcla, en tanto por uno

Pb volumen = Volumen total del ligante asfaltico para una masa de 100 g de mezcla

Pba masa (g) = Masa de asfalto absorbido por cada 100 g de mezcla

Pba volumen = Volumen de asfalto absorbido en 100 g de mezcla

Pbe volumen = Volumen de asfalto efectivo por cada 100 g de mezcla

SE (m2/kg) = Superficie específica del agregado combinado

Ha = Espesor medio de la película de asfalto

Ps = Porcentaje de agregado en la mezcla

PROCEDIMIENTO

Según la norma INV E 741-13 como datos básicos para calcular "Ha" se requieren 4 datos base

- Contenido de ligante (Pb) en la mezcla asfáltica
- Porcentaje de asfalto absorbido (Pba) como % de la masa del agregado
- Densidad del ligante a 25° C (Db)
- Granulometría de los agregados en la mezcla en los siguientes tamices

Abertura del Tamiz	
Pulg (No.)	mm
4	4,75
8	2,36
16	1,18
30	0,6
50	0,3
100	0,15
200	0,075

se debe anotar el porcentaje pasa por cada tamiz

PROCEMIENTO

PROCEDIMIENTO POR PASOS

1. Densidad relativa (Gb gravedad especifica). NORMA INV E (707)
2. Db densidad del ligante. NORMA INV E (707)
3. Determinación de la gravedad específica de las partículas sólidas de los suelos y de la llenante mineral, empleando un picnómetro con agua. NORMA INV E (128 13)
4. calcular el Pb (NORMA INV 732-13)
5. Para calcular Gsb (norma 799.13)
6. Densidad bulk (peso unitario) y porcentaje de vacíos de los agregados NORMA INV 217-13
7. Calcular la gravedad especifica máxima de la muestra NORMA INV E 735-13
8. Calcular el Gse NORMA INV E 799
9. Calcular el Pba norma INV E 799.4

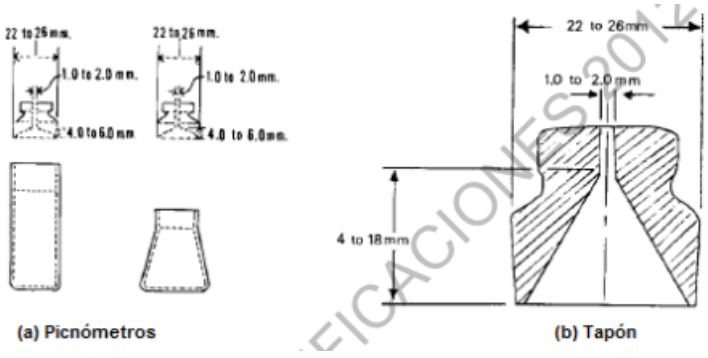
- **PRIMER PASO: Densidad relativa (Gb gravedad especifica) . NORMA INV E (707)**

$$\boldsymbol{Gb = \frac{C - A}{(B - A) - (D - C)}}$$

A: masa del picnómetro (incluido el tapón)
B: masa del picnómetro lleno de agua
C: masa del picnómetro parcialmente lleno con asfalto
D: masa del picnómetro con asfalto y agua

MATERIALES Y EQUIPO

- **Materiales:**
  - Agua – Para llenar el picnómetro y el vaso. Deberá ser desionizada o destilada recién hervida y enfriada.
- **Equipo:**
  - *Picnómetro* – Recipiente de vidrio de forma cilíndrica o cónica, con boca esmerilada en la cual debe ajustar, exactamente y sin fugas, un tapón de vidrio de 22 a 26 mm de diámetro, el cual lleva en el centro un orificio de 1.0 a 2.0 mm de diámetro. La superficie superior del tapón será plana y pulida, y la inferior tendrá forma cóncava para facilitar la expulsión del aire a través del orificio. La altura de la sección cóncava deberá ser de 4.0 a 18.0 mm en el centro. El picnómetro deberá tener una capacidad de 24 a 30 ml y una masa, incluido el tapón, no superior a 40 g



(a) Picnómetros (b) Tapón

- Baño de agua – Un baño de agua provisto de termostato que pueda regular la temperatura del ensayo con una precisión de ± 0.1° C (0.2° F).
- Termómetros – Calibrados y con líquido en vidrio transparente, de inmersión total, de un rango apropiado, con graduaciones por lo menos cada 0.1° C (0.2° F) y un error máximo de escala de 0.1° C (0.2° F). Los termómetros generalmente utilizados son los ASTM 63C, pero se puede emplear cualquier otro termómetro con igual precisión.
- Vaso de precipitados – Tipo Griffin, de forma baja, de 600 ml o más de capacidad.
- Balanza – Con capacidad mínima de 150 g y con exactitud de, al menos, 0.001 g.
- Soporte del vaso de precipitados – Es conveniente disponer de soportes adecuados que mantengan el vaso de precipitados en posición vertical y a la profundidad correcta en el baño de agua.

➢ **PROCEDIMIENTO**

- Preparación de la muestra – Se calienta con cuidado la muestra, agitándola para evitar sobrecalentamientos locales hasta que tenga la fluidez suficiente para ser vertida. En ningún caso se deberá elevar la temperatura a más de 55° C (131° F) por encima del punto de ablandamiento esperado, si el material es alquitrán; ni en más de 110° C ablandamiento esperado, para el asfalto. No se debe calentar por más de 60 minutos y se debe evitar que queden burbujas de aire dentro de la muestra.
- **PASO A:** Se vierte una cantidad de muestra suficiente dentro del picnómetro, limpio y seco y previamente calentado, llenándolo hasta tres cuartos de su capacidad. Se deben tomar precauciones para evitar que el material se ponga en contacto con las paredes del picnómetro por encima del nivel final y para evitar la inclusión de burbujas de aire (nota 4). Se deja enfriar el picnómetro con su contenido hasta la temperatura ambiente durante un período no menor de 40 minutos y se determina la masa con el tapón puesto, con aproximación a 1 mg. La masa del picnómetro con la muestra, se designa como C Nota 4: Si inadvertidamente quedaron burbujas incluidas, se remueven rozando la superficie de asfalto en el picnómetro con una llama "suave" de un mechero Bunsen o de un soplete. Para evitar el sobrecalentamiento, no se debe permitir que la llama permanezca en contacto con el asfalto durante más de algunos segundos.
- **PASO B:** Se remueve el vaso de precipitados del baño de agua, si se considera necesario. Se llena el picnómetro que contiene el asfalto con agua destilada fresca hervida o desionizada a la temperatura de ensayo, colocando flojo el tapón en el picnómetro. No se debe permitir que permanezcan burbujas de aire en el picnómetro. Se coloca el picnómetro en el vaso de precipitados y se ajusta el tapón. Se retorna el vaso de precipitados al baño de agua, si había sido removido de él.
- **PASO C:** Se mantiene el picnómetro dentro del baño de agua durante un período no menor de 30 minutos. Se saca el picnómetro del baño. Se seca y se determina su masa empleando el mismo procedimiento y tiempo empleados en el numeral 9.3. La masa del picnómetro con la muestra y con agua, se designa como D.

❖ **SEGUNDO PASO: Db densidad del ligante. NORMA INV E (707)**

$$\boldsymbol{Db = Densidad\ relativa * Wa}$$

Wa: densidad del agua a la temperatura de ensayo en las unidades deseadas

TEMPERATURA DEL AGUA °C	DENSIDAD DEL AGUA (KG/M3)
15,6	999,0
25,0	997,0

- **TERCER PASO: DETERMINACIÓN DE LA GRAVEDAD ESPECÍFICA DE LAS PARTÍCULAS SÓLIDAS DE LOS SUELOS Y DEL LLENANTE MINERAL, EMPLEANDO UN PICNÓMETRO CON AGUA . NORMA INV E (128 13)**

Se calcula la masa del picnómetro lleno de agua a la temperatura del ensayo, como

$$M_{pw,t} = M_p + (V_p \times \rho_{w,t})$$

sigue:

Donde: $M_{pw,t,\,t}$: Masa del picnómetro lleno de agua a la temperatura de ensayo, g;

M_p: Masa promedio de calibración del picnómetro seco, g

V_p: Volumen promedio de calibración del picnómetro sec0, cm^3

$\rho_{w,t}$: Densidad del agua a la temperatura de ensayo (T_t), g/cm^3

Se calcula la gravedad específica de las partículas sólidas del suelo a la temperatura de ensayo, G_2, con la expresión:

$$G2 = \frac{Ps}{Pw,t} = \frac{Ms}{(Mpw,t - (Mpws,t - Ms))}$$

Donde: ρ_s: Densidad de las partículas sólidas, g/cm^3;

$\rho_{w,t}$: Densidad del agua a la temperatura de ensayo (T_t), g/cm^3;

M_s: Masa de los sólidos del suelo secado en el horno, g;

$M_{pws,t}$: Masa del picnómetro con agua y sólidos a la temperatura de ensayo, g.

Materiales:

- Agua – Se debe usar agua destilada. Cuando en esta norma se mencione el agua, se sobrentenderá que es destilada.

Equipos:

- Picnómetro: El picnómetro debe ser un frasco con tapón o un frasco volumétrico con una capacidad mínima de 250 ml. El volumen del picnómetro debe ser de 2 a 3 veces mayor

que el volumen de la mezcla del suelo con agua usada durante la actividad de extracción de aire en la prueba.

El frasco con tapón fija mecánicamente el volumen. No se debe mojar el frasco por fuera, porque crearía cambios en el equilibrio térmico. Al usar un frasco con tapón, se debe asegurar que el tapón esté correctamente marcado y que corresponde al frasco.

Aparato para extraer el aire atrapado

Para extraer el aire atrapado, se puede usar alguno de los siguientes aparatos

- Bomba de vacío – Capaz de producir un vacío parcial de 100 mm de mercurio (Hg) de presión absoluta, o menor.
- Reverbero o Mechero Bunsen – Capaz de mantener una temperatura suficiente para hervir agua.

- Horno – Preferiblemente de tiro forzado, capaz de mantener temperaturas uniformes y constantes hasta 110 ± 5°C (230 ± 9°F).
- Balanzas – Con legibilidad de 0.01g. Cuando se usen picnómetros de 250 ml, la capacidad de la balanza deberá ser, cuando menos, de 500 g; mientras que si los picnómetros son de 500 ml, la capacidad de la balanza deberá igual o mayor a 1000 g.
- Pipeta.
- Termómetro – Capaz de medir temperaturas entre los limites en que se lleva a cabo la prueba, graduado con marcas a 0.1°C (0.18°F) y un error máximo admisible de 0.5° C (0.9° F). Su profundidad disponible para inmersión en las muestras y en las soluciones de calibración se debe encontrar entre 25 y 80 mm (1 a 3"). No se deben emplear termómetros de inmersión total. El termómetro deberá ser sometido a calibración, por lo menos una vez al año.
- Desecador – Un gabinete desecador o un recipiente desecador de tamaño apropiado, que contenga gel de sílice o sulfato anhidro de calcio.

  Nota 3: Es preferible usar un desecante que cambie de color para indicar el instante en que requiere su reposición.
- Recipiente aislante – Un recipiente de icopor o similar, con su tapa y con capacidad para contener entre tres y seis picnómetros más un vaso de precipitados (o una botella) con agua y un termómetro. Esto se requiere para mantener un ambiente de temperatura controlada, donde los cambios sean uniformes y graduales.
- Embudo – Un embudo de superficie lisa y anticorrosiva, con un cuello que se extienda más allá de la marca de calibración del frasco volumétrico o del sello de taponamiento en los frascos con tapón. El diámetro del cuello del embudo debe ser suficientemente grande para permitir el paso fácil de las partículas sólidas.
- Tubo para llenar el picnómetro, con orificios laterales de ventilación (opcional) - Un dispositivo que facilite la adición de agua des aireada al picnómetro sin alterar la mezcla de suelo y agua. El dispositivo se debe fabricar de la siguiente forma
  - Se tapona en un extremo un tubo plástico de 6 a 10 mm (¼ a 3/8") de diámetro y se cortan dos pequeñas muescas justo arriba del tapón. Los orificios de ventilación deben quedar perpendiculares al eje del tubo y diametralmente opuestos. Se conecta una válvula al otro extremo del tubo y una tubería a la válvula desde el punto de abastecimiento del agua desairada.
- Tamiz de 4.75 mm (No. 4).
- Mezclador (opcional) – Un mezclador con aspas adaptadas en la base del recipiente de mezclado.
- Botella plástica – Con un atomizador.

- Mortero con maja de caucho – Para desintegrar terrones de suelo

- **Muestra**
  - Se debe tener especial cuidado en obtener muestras representativas para la determinación de la gravedad específica de los sólidos del suelo que pase el tamiz de 4.75 mm (No. 4). La muestra de suelo se puede ensayar con su humedad natural o se puede secar al horno. La Tabla 128 - 1 presenta una guía en relación con la masa de suelo seco y el volumen del picnómetro por utilizar, dependiendo del tipo de suelo.

    Dos factores son importantes en relación con la cantidad de suelo por ensayar. Primero, la masa de los sólidos dividida por su gravedad específica, produce cuatro dígitos significativos. Segundo, la mezcla del suelo con el agua es una lechada y no un fluido de alta viscosidad durante el proceso de desaireación.

TIPO DE SUELO	MASA DE LA MUESTRA SECA (g) CUANDO SE USA UN PICNÓMETRO DE 250 ml.	MASA DE LA MUESTRA SECA (g) CUANDO SE USA UN PICNÓMETRO DE 500 ml.
SP, SP-SM	60 ± 10	100 ± 10
SP-SC, SM, SC	45 ± 10	75 ± 10
Limo o arcilla	35 ± 5	50 ± 10

PROCEDIMIENTO:

Masa del picnómetro - Empleando la misma balanza utilizada para calibrar el picnómetro, se verifica que la masa de este no presente una variación de más de 0.06 g en relación con la masa promedio obtenida durante la calibración. Si ello no ocurre, se deberá recalibrar la masa seca del picnómetro.

- Método A – Procedimiento para especímenes húmedos.
  PASO A: Se determina el contenido de agua de una porción representativa de la muestra, aplicando el procedimiento descrito en la norma INV E–122. A partir de éste, se calcula el rango de masas húmedas para el espécimen de gravedad específica, de acuerdo con lo indicado en el numeral. Se deberá tomar de la muestra un espécimen que se encuentre en este rango de masa. No se debe muestrear para obtener una masa exacta predeterminada.
  PASO B: Se colocan alrededor de 1000 ml de agua dentro del recipiente de mezclado de un mezclador o de un aparato equivalente. Se vierte el suelo y se mezcla. El volumen mínimo de lechada que se puede preparar utilizando este equipo exige, por lo general, el uso de un picnómetro de 500 ml.
  PASO C: Usando el embudo, se vierte la lechada dentro del picnómetro. Se enjuagan las partículas de suelo que hayan quedado adheridas al embudo, aplicando agua con la botella plástica con atomizador.
  PASO D: A continuación, se procede como se indica en el numeral

Temperatura (° C)	Densidad (g/ cm3)	Coeficiente (K)	Temperatura (° C)	Densidad (g/ cm3)	Coeficiente (K)	Temperatura (° C)	Densidad (g/ cm3)	Coeficiente (K)	Temperatura (° C)	Densidad (g/ cm3)	Coeficiente (K)
15.0	0.99910	1.00090	16.0	0.99895	1.00074	17.0	0.99878	1.00057	18.0	0.99860	1.00039
.1	0.99909	1.00088	.1	0.99893	1.00072	.1	0.99876	1.00055	.1	0.99858	1.00037
.2	0.99907	1.00087	.2	0.99891	1.00071	.2	0.99874	1.00054	.2	0.99856	1.00035
.3	0.99906	1.00085	.3	0.99890	1.00069	.3	0.99872	1.00052	.3	0.99854	1.00034
.4	0.99904	1.00084	.4	0.99888	1.00067	.4	0.99871	1.00050	.4	0.99852	1.00032
.5	0.99902	1.00082	.5	0.99886	1.00066	.5	0.99869	1.00048	.5	0.99850	1.00030
.6	0.99901	1.00080	.6	0.99885	1.00064	.6	0.99867	1.00047	.6	0.99848	1.00028
.7	0.99899	1.00079	.7	0.99883	1.00062	.7	0.99865	1.00045	.7	0.99847	1.00026
.8	0.99898	1.00077	.8	0.99881	1.00061	.8	0.99863	1.00043	.8	0.99845	1.00024
.9	0.99896	1.00076	.9	0.99879	1.00059	.9	0.99862	1.00041	.9	0.99843	1.00022
19.0	0.99841	1.00020	20.0	0.99821	1.00000	21.0	0.99799	0.99979	22.0	0.99777	0.99957
.1	0.99839	1.00018	.1	0.99819	0.99998	.1	0.99797	0.99977	.1	0.99775	0.99954
.2	0.99837	1.00016	.2	0.99816	0.99996	.2	0.99795	0.99974	.2	0.99773	0.99952
.3	0.99835	1.00014	.3	0.99814	0.99994	.3	0.99793	0.99972	.3	0.99770	0.99950
.4	0.99833	1.00012	.4	0.99812	0.99992	.4	0.99791	0.99970	.4	0.99768	0.99947
.5	0.99831	1.00010	.5	0.99810	0.99990	.5	0.99789	0.99968	.5	0.99766	0.99945
.6	0.99829	1.00008	.6	0.99808	0.99987	.6	0.99786	0.99966	.6	0.99764	0.99943
.7	0.99827	1.00006	.7	0.99806	0.99985	.7	0.99784	0.99963	.7	0.99761	0.99940
.8	0.99825	1.00004	.8	0.99804	0.99983	.8	0.99782	0.99961	.8	0.99759	0.99938
.9	0.99823	1.00002	.9	0.99802	0.99981	.9	0.99780	0.99959	.9	0.99756	0.99936
23.0	0.99754	0.99933	24.0	0.99780	0.99909	25.0	0.99705	0.99884	26.0	0.99679	0.99858
.1	0.99752	0.99931	.1	0.99727	0.99907	.1	0.99702	0.99881	.1	0.99676	0.99855
.2	0.99749	0.99929	.2	0.99725	0.99904	.2	0.99700	0.99879	.2	0.99673	0.99852
.3	0.99747	0.99926	.3	0.99723	0.99902	.3	0.99697	0.99876	.3	0.99671	0.99850
.4	0.99745	0.99924	.4	0.99720	0.99899	.4	0.99694	0.99874	.4	0.99668	0.99847
.5	0.99742	0.99921	.5	0.99717	0.99897	.5	0.99692	0.99871	.5	0.99665	0.99844
.6	0.99740	0.99919	.6	0.99715	0.99894	.6	0.99689	0.99868	.6	0.99663	0.99842
.7	0.99737	0.99917	.7	0.99712	0.99892	.7	0.99687	0.99866	.7	0.99660	0.99839
.8	0.99735	0.99914	.8	0.99710	0.99889	.8	0.99684	0.99863	.8	0.99657	0.99836
.9	0.99732	0.99912	.9	0.99707	0.99887	.9	0.99681	0.99860	.9	0.99654	0.99833
27.0	0.99652	0.99831	28.0	0.99624	0.99803	29.0	0.99595	0.99774	30.0	0.99565	0.99744
.1	0.99649	0.99828	.1	0.99621	0.99800	.1	0.99592	0.99771	.1	0.99562	0.99741
.2	0.99646	0.99825	.2	0.99618	0.99797	.2	0.99589	0.99768	.2	0.99559	0.99738
.3	0.99643	0.99822	.3	0.99615	0.99794	.3	0.99586	0.99765	.3	0.99556	0.99735
.4	0.99641	0.99820	.4	0.99612	0.99791	.4	0.99583	0.99762	.4	0.99553	0.99732
.5	0.99638	0.99817	.5	0.99609	0.99788	.5	0.99580	0.99759	.5	0.99550	0.99729
.6	0.99635	0.99814	.6	0.99607	0.99785	.6	0.99577	0.99756	.6	0.99547	0.99726
.7	0.99632	0.99811	.7	0.99604	0.99783	.7	0.99574	0.99753	.7	0.99544	0.99723
.8	0.99629	0.99808	.8	0.99601	0.99780	.8	0.99571	0.99750	.8	0.99541	0.99720
.9	0.99627	0.99806	.9	0.99598	0.99777	.9	0.99568	0.99747	.9	0.99538	0.99716

Método B – Procedimiento para especímenes secados al horno. 7.3.1 Se seca el espécimen en el horno a 110 ± 5°C (230 ± 9°F) hasta masa constante. Todos los terrones que contenga el suelo se deberán desintegrar empleando un mortero con una maja de caucho. Si el suelo no se dispersa fácilmente después del secado o ha cambiado su composición, se deberá usar el Método A. se indican los suelos que requieren obligatoriamente el método A.

PASO 1: Se inserta el embudo en el picnómetro. El cuello del embudo debe pasar la marca de calibración o el sello de taponamiento. Se introducen los sólidos de suelo en el embudo empleando una cuchara. Se lavan las partículas de suelo que queden adheridas al embudo, aplicando agua con la botella plástica con atomizador.

PASO 2: Preparación de la lechada de suelo – Se añade agua hasta que su nivel esté entre 1/3 y 1/2 de la profundidad del cuerpo principal del picnómetro. Se agita el agua hasta formar una lechada. Se enjuaga cualquier suelo adherido a la parte superior del picnómetro de manera que se añada a la lechada.

- Si en vez de una lechada se forma una pasta viscosa, se debe usar un picnómetro de mayor volumen
- Nota 4: En algunos suelos que contienen una cantidad significativa de materia orgánica, el kerosene es mejor agente humedecedor que el agua y se puede usar en lugar del agua destilada en muestras secadas al horno. Si se usa, el aire atrapado sólo podrá ser removido con una aspiradora. El kerosene es inflamable y, por lo tanto, se debe usar con extrema precaución.

PASO 3: Extracción del aire atrapado en la lechada – El aire se puede extraer usando calor (hirviendo la lechada), aspirándolo con la bomba de vacío o mediante una combinación de calor y aspiración.

- Al usar solo el método del calor, la operación se debe continuar por lo menos durante 2 horas después de que la lechada comience a hervir. Se debe usar solamente el calor necesario para mantener la lechada hirviendo. Se agita la lechada cuanto sea necesario, para evitar que el suelo se seque o se pegue en el frasco por encima de la superficie de la lechada.
- Si solamente se usa la bomba de vacío, el picnómetro se debe agitar continuamente bajo vacío, por lo menos por dos horas. Agitar continuamente significa que los sólidos limos arcillosos deben permanecer en suspensión y la que lechada se encuentre en constante movimiento. El vacío debe permanecer relativamente constante y ser suficiente para producir burbujeo al comienzo del proceso de aspiración de aire.
- Si se usa una combinación de calor y vacío, los picnómetros se pueden colocar en un baño de agua tibia (a no más de 40°C) durante la aplicación del vacío. El nivel de agua en el baño debe estar ligeramente por debajo del nivel de agua en el picnómetro. Si el vidrio del picnómetro se calienta demasiado, el suelo tenderá a secarse o a pegarse contra el vidrio. La duración de la combinación de vacío y calor debe ser por lo menos de una hora, después de que comience el hervor. Durante el proceso, la lechada se debe agitar cuanto sea necesario para mantener la ebullición y evitar que el suelo se seque sobre el picnómetro.

PASO 4: Llenado y enrase del picnómetro – Se llena el picnómetro con agua desairada introduciendo el agua por un tubo delgado y flexible, manteniendo el extremo de salida justamente por debajo de la superficie de la lechada en el picnómetro, o usando el tubo descrito para llenar el picnómetro. Si se utiliza este tubo, se llena con agua y se cierra la válvula. El tubo se debe colocar de manera que los orificios de drenaje queden justamente al nivel de la superficie de la lechada. Se abre la válvula ligeramente para permitir que el agua fluya por encima de la lechada. A medida que se va formando una capa de agua clara, se levanta el tubo y se ajusta la velocidad de flujo. Si el agua que se ha sido añadida se torna turbia, no se debe agregar agua por encima de la marca de calibración ni en el área del tapón. El agua restante se añade al día siguiente.

- Si se va a usar un frasco volumétrico con tapón, se llena el frasco de manera que la base del tapón quede sumergida en el agua. Entonces, se apoya el tapón haciendo un ángulo con el cuello ensanchado, para prevenir que quede aire atrapado bajo él. Si se usa un frasco volumétrico o un frasco con tapón, el frasco se deberá llenar hasta más arriba o más abajo de la marca de calibración, según se prefiera.

Si se ha usado calor, se permite que el espécimen se enfríe a temperatura ambiente.

PASO 5: Equilibrio térmico – Se pone el picnómetro en el recipiente aislante, junto con el termómetro, un vaso de precipitado o botella con agua desairada, los tapones (si se están usando picnómetros con tapón), y un gotero o una pipeta. Todos estos

elementos se deben mantener dentro del recipiente cerrado de un día para otro, para que alcancen el equilibrio térmico.

PASO 6: Determinación de la masa del picnómetro – Si el recipiente aislante no se encuentra cerca de la balanza se acerca a ella o viceversa. Se abre el recipiente y se saca un picnómetro. Sólo se debe tocar el aro del picnómetro para evitar que el calor de la mano altere el equilibrio térmico. Se coloca el picnómetro sobre un bloque aislante.

- Si se usa un frasco volumétrico como picnómetro, se ajusta el agua hasta la marca de calibración, con el fondo del menisco al nivel de la marca, siguiendo el procedimiento descrito anteriormente
- Si se emplea el frasco con tapón, se ajusta el nivel de agua para evitar que queden burbujas de aire atrapadas bajo el tapón durante la colocación de éste. Si se debe añadir agua, se usa el agua térmicamente equilibrada tomada del recipiente aislante. En seguida, se coloca el tapón en el frasco. Si se debe remover agua, se emplean el gotero o la pipeta. Se seca el borde del frasco con una toalla de papel. Se debe asegurar que todo el exterior del frasco esté seco.

PASO 7: Se mide y se anota la masa del picnómetro con suelo y agua, con aproximación de 0.01 g, empleando la misma balanza utilizada durante la calibración del picnómetro (Mρws,t).

PASO 8: Determinación de la temperatura del picnómetro – Se mide y se anota la temperatura de la lechada de suelo y agua con aproximación a 0.1° C, usando el termómetro y el método empleado en la calibración del picnómetro. Esta es la temperatura Tt.

PASO 9: Masa del suelo seco – Se determina la masa de un recipiente con una aproximación de 0.01 g. Se transfiere la lechada de suelo a este recipiente. Es imperativo transferir la totalidad del suelo. Se puede añadir agua para lavar completamente el picnómetro. Se seca el espécimen hasta obtener una masa constante en un horno a 110 ± 5° C y se enfría posteriormente en un desecador. Si el recipiente se puede cerrar de manera que el suelo no pueda absorber agua durante el enfriamiento, no se requerirá el desecador. Se mide la masa seca de los sólidos de suelo más el recipiente con aproximación a 0.01 g, usando la misma balanza utilizada en las anteriores determinaciones de masa. Se calcula la masa seca del suelo, la cual será registrada como Ms .

- Nota 5: Este método ha demostrado proveer resultados más consistentes y repetibles que determinando la masa seca antes de la prueba. Lo más probable, es que esto se deba a la pérdida de sólidos del suelo NORMAS durante la fase de desaireación

CUARTO PASO LA NORMA INV E 732 13: con los datos obtenidos en la norma INV E 128 13

PASO (B.1)

$$V1 = V2 - \left(\frac{M1 - M2}{G1}\right)$$

V1: Volumen de asfalto y de los finos en el extracto
V2: volumen del frasco
M1: masa de los contenidos del frasco
M2: Masa del asfalto y de los finos en el extracto (es la masa de la muestra total, menos la masa del agregad extraído
G1: Gravedad especifica del solvente

- **MATERIALES Y EQUIPO**
- **Equipo:**
  - Horno – Que pueda mantener la temperatura a 110 ± 5° C (230 ± 9° F).
  - Recipiente plano – Para calentar los especímenes. Sus dimensiones mínimas deberán ser: 300 mm (12") de longitud, 200 mm (8") de ancho y 25 mm (1") de profundidad.
  - Balanza – De capacidad suficiente y con precisión mínima de 0.1 % de la masa de la muestra.
  - Placa de calentamiento – Eléctrica, de 700 W mínimo, con velocidad de calentamiento ajustable.
  - Cilindros graduados de boca angosta – De 1000 o 2000 ml de capacidad. Opcionalmente, un cilindro de 100 ml de capacidad
  - Cápsula de porcelana – De 125 ml de capacidad.
  - Desecador.
  - Balanza analítica
- **Reactivos:**
  - Solución saturada de carbonato de amonio [(NH4)2C03].
  - Cloruro de Metileno – De grado técnico
  - Bromuro de n-propilo – Conforme con la especificación ASTM D6368
  - Tricloroetileno – De grado técnico tipo 1, conforme con la especificación federal norteamericana O-T-634
- Muestra:
  - Si la mezcla no es suficientemente blanda para separarla con una espátula o palustre, se la coloca en una bandeja grande y plana y se calienta en el horno a 110 ± 5° C (230 ± 9° F) hasta que se pueda manejar o disgregar.
    El material se parte o cuartea (norma INV E–776) hasta que se obtenga la masa de material requerida para el ensayo.
  - La cantidad de la muestra para el ensayo se determinará según el tamaño máximo nominal del agregado en la mezcla, de acuerdo con

Nota 2: Cuando la masa del espécimen de ensayo exceda la capacidad del equipo empleado (para un método particular), se puede dividir y ensayar en porciones apropiadas, combinando luego adecuadamente los resultados para el cálculo del contenido de asfalto.

TAMAÑO NOMINAL MÁXIMO DEL AGREGADO		MASA MÍNIMA DE LA MUESTRA
mm	pg.	kg
4.75	No.4	0.5
9.5	3/8"	1.0
12.5	½"	1.5
19.0	¾"	2.0
25.0	1"	3.0
37.5	1-½"	4.0

PROCEDIMIENTO

- **PASO 1:** Se determina la humedad del material de acuerdo con lo siguiente
  - Cuando se requiera, la humedad de la mezcla se debe determinar de acuerdo con el procedimiento descrito en la norma INV E–755.
  - La masa de agua (W2) en la porción del ensayo de extracción, se calcula multiplicando el porcentaje de la masa del agua, por la masa de la porción del ensayo de extracción W1.
- **PASO 2:** Se coloca en la taza una porción de ensayo de 650 a 2500 g. En el Anexo A se presentan procedimientos alternativos a los descritos aquí y en el paso 5.
- **PASO 3**: Se cubre la porción de ensayo con tricloroetileno, cloruro de metileno o bromuro n-propilo y se deja el tiempo suficiente para que el disolvente desintegre la porción de ensayo (no más de 1 hora). Se coloca la taza con la porción de ensayo y el solvente en el aparato de extracción. Se seca un anillo filtrante a 110 ± 5° C (230 ± 9° F), se determina su masa y se ajusta alrededor del borde de la taza. Se sujeta la tapa a la taza con las abrazaderas y se ubica un recipiente apropiado bajo el desagüe, para recoger el extracto.
- **PASO 4:** Se inicia la centrifugación girando lentamente y aumentando de manera gradual la velocidad hasta un máximo de 3600 rpm o hasta que deje de fluir el solvente por el desagüe. Se detiene la máquina, se agregan 200 ml del solvente empleado y se repite el procedimiento. Se deben emplear suficientes adiciones de 200 ml solvente (no menos de tres), hasta que el extracto no sea más oscuro que un color ligero de paja. Se recogen el extracto y el material mineral obtenido tras el lavado.
- **PASO 5:** Se retira de la taza el anillo de filtro y se seca al aire. Si se ha usado un anillo de fieltro, se cepilla el material mineral adherido a él y se añade al agregado extraído. Se seca el anillo hasta masa constante en un horno a 110 ± 5° C (230 ± 9° F). Se transfiere cuidadosamente todo el agregado de la taza de la centrífuga a una bandeja metálica, se seca inicialmente en un baño de vapor y después hasta masa constante en un horno o una placa de calentamiento a 110 ± 5° C (230 ± 9° F). El secado en el baño de vapor se puede omitir si el solvente usado fue tricloroetileno o bromuro n-propilo. La masa del agregado extraído (W3) es igual a la masa del agregado en la bandeja más el aumento de masa del anillo filtrante.
- **PASO 6:** El siguiente procedimiento alterno se debe aplicar cuando se usen anillos filtrantes de poca ceniza: Se colocan el agregado y los anillos de filtro en un recipiente metálico limpio y se secan como se especifica arriba. Se dobla cuidadosamente el anillo filtrante seco y se deja sobre el agregado. Se quema el anillo de filtro mediante ignición con un fósforo o un mechero Bunsen. Se determina la masa del agregado extraído en el recipiente (W3).

- Nota 5: Puesto que los agregados secos absorben agua cuando están en una atmósfera húmeda, la masa del agregado extraído se debe determinar inmediatamente éste se enfríe a una temperatura adecuada.

- PASO 7: Se determina la cantidad de material mineral en el extracto, empleando alguno de los siguientes métodos:
  - Método de la ceniza:
    - Se determina el volumen del extracto total (paso 4). Se determina la masa de una cápsula de porcelana con aproximación a 0.001g. Se agita completamente el extracto e inmediatamente se vierten unos 100 ml de él dentro de la cápsula. Se evapora hasta secar en un baño de vapor o una placa de calentamiento. Se convierte en ceniza el residuo a un calor al rojo oscuro (500 a 600° C) y luego se deja enfriar. Se agregan 5 ml de solución de carbonato de amonio saturado por gramo de ceniza. Se permite la digestión a temperatura ambiente por 1 hora. Se seca en un horno a 110 ± 5° C (230 ± 9° F) hasta masa constante, se enfría en un desecador y se determina la masa con aproximación de 0.001 g.

PASO (B.2)

$$W4 = G\left(\frac{V1}{V1 - V2}\right)$$

G: Ceniza en alícuota, g
V1: Volumen total, ml
V2: Volumen luego de remover la alícuota en, ml

PASO (B.3)

$$M3 = K(M2 - G3V1)$$

M3: Masa de los finos en el extracto
M2: Masa del asfalto y de los finos en el extracto

PASO (B.4)

$$K = \frac{G2}{G2 - G3}$$

G2: gravedad especifica de los finos
G3: gravedad especifica del asfalto

PASO (B,5)

calcular el Pb (NORMA INV 732-13)

El ligante de la mezcla se extrae con tricloroetileno, bromuro de n-propilo (nPB) o cloruro de metileno, empleando el equipo de extracción aplicable al método particular. El contenido de asfalto se calcula por diferencia a partir de la masa del agregado extraído, del contenido de

humedad, y del material mineral en el extracto. El contenido de asfalto se expresa como porcentaje en masa de la mezcla asfáltica libre de humedad.

$$Pb = \left(\frac{(W1 - W2) - (W3 + W4)}{(W1 - W2)}\right) * 100$$

W1: Masa de la porción de ensayo
W2: Masa del agua en la porción de ensayo
W3: Masa del agregado mineral extraído
W4: Masa del material mineral en el extracto

- **QUINTO PASO: Para calcular Gsb (norma 799.13)**
  Procedimiento
  Se determinan las gravedades específicas bulk (gravedades específicas secas al horno–SH) del agregado fino (norma INV E–222) y del agregado grueso (norma INV E–223). Si se incorpora llenante mineral de manera independiente, su gravedad específica se deberá determinar según la norma INV E–128.

$$Gsb = \left(\frac{P1 + P2 + \cdots Pn}{\frac{P1}{G1} + \frac{P2}{G2} + \cdots + \frac{Pn}{Gn}}\right)$$

  Siendo que:
  - Gsb: Gravedad específica bulk del agregado combinado;
  - P1, P2, Pn: Porcentajes individuales de los distintos agregados (y llenante) que intervienen en el agregado combinado;
  - G1, G2, Gn: Gravedades específicas bulk de las diferentes fracciones del agregado. (INV E-217)

- **SEXTO PASO:** Para calcular las gravedades especificas bulk de las diferentes fracciones del agregado se sigue el ensayo **DENSIDAD BULK (PESO UNITARIO) Y PORCENTAJE DE VACIOS DE LOS AGREGADOS NORMA INV 217-13**

  se requiere una granulometría en los siguientes tamices

REGISTRO DE DATOS					
DENSIDAD BULK DE AGREGADOS					
Abertura del Tamiz		G	T	V	M
Pulg (No.)	Mm				
4	4,75				
8	2,36				
16	1,18				
30	0,6				
50	0,3				
100	0,15				

200	0,075				

$$M = \frac{G - T}{V}$$

- G: Masa del agregado más recipiente, kg
- T: masa del recipiente de medida, kg
- V: Volumen de recipiente de medida, m3
- M: densidad bulk del agregado

- **MATERIALES Y EQUIPO**
- **Equipo:**
  - Balanza – Debe tener una exactitud mínima de 0.1 % de la masa de ensayo, en cualquier punto dentro del intervalo de utilización, y graduaciones de 50 g (0.1 lb), como mínimo. Se debe entender como intervalo de utilización, el rango comprendido entre la masa del recipiente de medida vacío y el del recipiente más un agregado con densidad de 1920 kg/m3 (120 lb/pie3).
  - Varilla compactadora – De acero, cilíndrica, de 16 mm (5/8") de diámetro, con una longitud aproximada de 600 mm (24"). Un extremo, o ambos, deben tener forma semiesférica con 16 mm de diámetro (5/8").
  - Recipiente de medida – Metálico, cilíndrico, preferiblemente provisto de agarraderas, a prueba de agua, con el fondo y el borde superior rectos y a nivel, y suficientemente rígido para no deformarse bajo condiciones de trabajo pesado. El recipiente debe tener una altura aproximadamente igual al diámetro pero, en ningún caso, la altura puede ser menor del 80 % ni mayor del 150 % del diámetro. Su capacidad debe estar de conformidad con los límites establecidos en la Tabla

TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL DEL AGREGADO		CAPACIDAD DEL RECIPIENTE DE MEDIDA [A]	
mm	pulgadas	m^3 (*l*)	$pies^3$
12.5	½	0.0028 (2.8)	1/10
25.0	1	0.0093 (9.3)	1/3
37.5	1 ½	0.014 (14)	½
75	3	0.028 (28)	1
100	4	0.070 (70)	2 ½
125	5	0.100 (100)	3 ½

según el tamaño del agregado que se va a ensayar. El espesor de la lámina del recipiente debe ser el que se describe en la Tabla. El borde superior del recipiente debe ser liso y plano, con una tolerancia de 0.25 mm (0.01") y debe ser paralelo al fondo, con una tolerancia de 0.5° (nota 2). La superficie de la pared interior debe ser lisa y continua. Nota 2: Se considera que la planitud del borde superior es satisfactoria, si un calibrador de separaciones, de 0.25 mm (0.01"), no se puede insertar entre el borde y una pieza de vidrio de 6 mm (¼") o más de espesor, colocada sobre el recipiente de medida. La parte superior y el fondo se consideran satisfactoriamente paralelos, si el declive entre dos

piezas de vidrio, una en contacto con la parte superior y otra con el fondo, no excede 0.87 % en cualquier dirección.

- Si el recipiente de medida se va a utilizar también para pruebas de densidad del concreto recién mezclado, de acuerdo con la norma INV E–405, deberá ser hecho de acero o de otro material apropiado que no sea susceptible a reacciones con la pasta de cemento. Se permite el uso de materiales reactivos tales como aleaciones de aluminio, considerando que, como consecuencia de una reacción inicial, se forma en la superficie interna del molde una película que protege al metal contra la posterior corrosión.
- Los recipientes de medida cuya capacidad sea mayor de 28 litros (1 pie3) deben ser de acero, para garantizar la rigidez necesaria o, de lo contrario, el espesor mínimo de la lámina de metal indicada en la Tabla se deberá aumentar apropiadamente.
- Pala o cucharón – De tamaño conveniente, para llenar el recipiente de medida con el agregado.

➢ Equipo de calibración:

- Placas de vidrio – De, por lo menos, 6 mm (¼") de espesor y 25 mm (1") más largas que el diámetro del recipiente que se va a calibrar.
- Grasa – De bomba de agua, de chasis o similar, para colocar en el borde del recipiente con el fin de prevenir escapes.
- Termómetro – Con una escala que abarque, como mínimo, entre 10 y 32° C (50 – 90° F) y con graduaciones cada 0.5° C (1° F) o menores.
- Balanza

CAPACIDAD DEL RECIPIENTE C	ESPESOR MÍNIMO DE LA LÁMINA		
	FONDO	38 mm (1 ½") SUPERIORES O PARED [A]	RESTO DE LA PARED
litros	mm	mm	mm
C < 1	5.0	2.5	2.5
1 ≤ C ≤ 42	5.0	4.0	3.0
42 < C ≤ 80	10.0	6.4	3.8
80 < C ≤ 133	13.0	7.6	5.0
pies^3	pg.	pg.	pg.
C < 0.4	0.20	0.10	0.10
0.4 ≤ C ≤ 1.5	0.20	0.20	0.12
1.5 < C ≤ 2.8	0.40	0.25	0.15
2.8 < C ≤ 4.0	0.50	0.30	0.20

➢ Muestra:

- El tamaño de la muestra debe ser de, aproximadamente, 125 a 200 % la cantidad requerida para llenar el recipiente de medida, y se debe manejar evitando la segregación. La muestra de agregado se debe secar hasta obtener una masa esencialmente constante, preferiblemente en un horno a 110 ± 5 ° C (230 ± 9 ° F).

PROCEDIMIENTO

PASO 1: El agregado se debe colocar en el recipiente, en tres capas aproximadamente iguales, hasta colmarlo. Se vierte en el recipiente el agregado necesario para llenarlo un tercio de su volumen y se nivela con los dedos la superficie del material vertido. A continuación, se apisona la capa con 25 golpes de la varilla, distribuidos uniformemente sobre la superficie, utilizando el extremo semiesférico de la herramienta. Se repite el procedimiento con las otras dos capas.

PASO 2: Al apisonar la primera capa, se debe evitar que la varilla golpee el fondo del recipiente. Al apisonar las capas superiores, se aplica la fuerza necesaria para que la varilla solamente atraviese la capa respectiva.

- Nota 4: Al apisonar agregados de gran tamaño máximo puede que no sea posible alcanzar todo el espesor de la capa con la varilla, especialmente si los agregados son angulosos. En este caso será necesario un esfuerzo vigoroso para satisfacer la intención del procedimiento.

PASO 3: Una vez compactada la última capa, se enrasa la superficie del agregado con una regla o con la mano, de modo que las partes salientes se compensen con las depresiones en relación al plano de enrase

PASO 4: Se determina la masa del recipiente lleno, así como la del recipiente vacío, con aproximación a 0.05 kg (0.1 lb) y se anotan los valores respectivos.

- **SEPTIMO PASO: Calcular la gravedad especifica máxima de la muestro se necesita NORMA INV E 735-13**

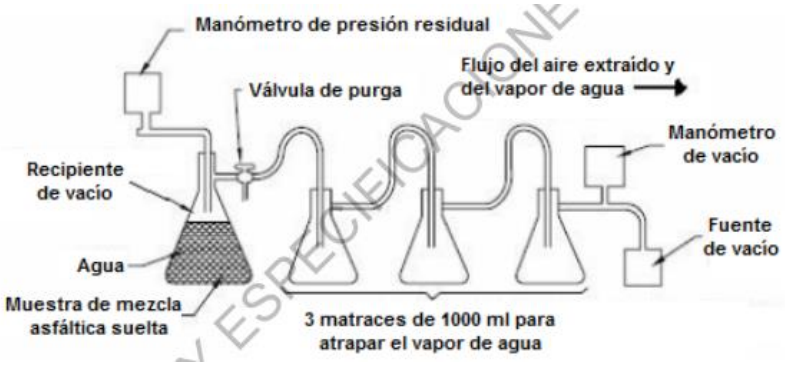
$$\boldsymbol{Gmm = \frac{A}{A - (C - B)}}$$

A: Masa en el aire de la mezcla seca, g
B: Masa del picnómetro sumergido en agua, g
C: Masa del recipiente de la muestra sumergida en agua, g
Gmm: Gravedad especifica máxima de la mezcla

- **MATERIALES Y EQUIPO**
- **Equipo:**
  - Picnómetros de vacío (Figura 735 - 1) – Recipientes de metal o plástico con un diámetro de 180 a 260 mm (7 a 10") y una altura no menor de 160 mm (6"). Deben estar equipados con una tapa transparente asegurada con un empaque de caucho y con una conexión para la aplicación del vacío. El recipiente y la tapa deben ser suficientemente rígidos para soportar el vacío sin deformaciones visibles. La conexión a la manguera debe estar cubierta por un trozo de malla fina, con el fin de minimizar la pérdida de material fino.

  - Matraz para vacío (Figura 735 - 2) – Utilizado para hacer pesadas únicamente en el aire. Debe ser de pared gruesa, con una capacidad aproximada de 4000 ml y con un tapón de caucho con conexión para la aplicación de vacío. La conexión a la manguera debe estar cubierta por un trozo de malla fina, con el fin de minimizar la pérdida de material fino.

- Balanza – Con capacidad amplia y sensibilidad suficiente para que se pueda calcular la gravedad específica de las muestras de mezclas asfálticas sueltas para pavimentos con no menos de cuatro cifras significativas (3 decimales). Si se van a medir masas sumergidas, la balanza deberá estar equipada con un dispositivo para sostener y permitir el pesaje de la muestra mientras se encuentre suspendida bajo del centro de la balanza.
- Bomba de vacío o aspirador de agua – Que pueda evacuar el aire del recipiente de vacío hasta una presión residual de 4.0 kPa (30 mm Hg) o menos.
  Cuando se use una bomba de vacío, se debe instalar entre el recipiente de vacío (picnómetro o matraz) y la fuente de vacío una trampa apropiada, para reducir la cantidad de vapor de agua que pueda entrar en la bomba, la cual hace disminuir su eficiencia (Figura 735 - 3).
- Manómetro de presión residual o celda de presión absoluta calibrada – Se usa para confirmar que se está aplicando la presión al recipiente y debe ser capaz de medir una presión residual de 4 kPa (30 mm Hg) o menos (preferiblemente hasta 0). Debe estar conectado al final de la línea de vacío utilizando un tubo apropiado, ya sea un conector en "T" en la parte superior del frasco o usando una abertura separada (de la línea de vacío) en la parte superior del frasco para conectar la manguera. Para evitar daño del manómetro o de la celda, ellos no se deben situar en la parte superior del recipiente, sino a un lado del mismo.
- Manómetro de vacío – Apropiado para medir el vacío que se está aplicando en la fuente de vacío. Este aparato debe estar conectado directamente a la fuente de vacío o en la línea de vacío, pero muy cerca de la fuente.



- Termómetros – De líquido en vidrio, calibrados, de un rango apropiado para las necesidades del ensayo, con subdivisiones y error máximo de escala de 0.5° C (1° F).
- Baño de agua – Que pueda mantener una temperatura constante de 25 ± 1° C (77 ± 1.8° F). Sus dimensiones deben ser tales, que permita la inmersión del recipiente suspendido con su muestra desaireada.
- Válvula de purga – Colocada junto a la línea de vacío para facilitar el ajuste del vacío que está siendo aplicado al recipiente y la liberación lenta de la presión de vacío.
- Dispositivo de agitación mecánica (Figura 735 - 1) – Capaz de aplicar una agitación suave pero consistente a la muestra. Este dispositivo debe estar equipado con un sistema para asegurar firmemente el recipiente, de forma que éste no se mueva sobre la superficie del dispositivo.
  Nota 5: Si la adherencia del asfalto con el agregado es un problema, el dispositivo de agitación debe estar equipado con un control de velocidad.

- Horno – Capaz de mantener una temperatura de 110 ± 5° C (230 ± 9° F). Este horno es necesario cuando se ensayan muestras diferentes a las preparadas en el laboratorio usando agregados secos al horno.

Muestra:

El tamaño de la muestra debe cumplir los siguientes requisitos:

TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL DEL AGREGADO mm (pg.)	TAMAÑO MÍNIMO DE LA MUESTRA g
37.5 (1 ½) o mayor	5000
19 a 25 (¾ a 1)	2500
12.5 (½) o menor	1500

Las muestras cuyo tamaño sea mayor a los dos tercios del volumen del recipiente se deben ensayar en porciones no menores de 1250 g.

PROCEDIMIENTO:

PASO 1: Si la mezcla asfáltica se ha preparado en el laboratorio empleando agregados secados al horno, se pasa al siguiente paso. Cualquier otra muestra requiere secado hasta masa constante (masa que se repite dentro de un rango de 0.1 % en determinaciones consecutivas de 15 minutos) a 110 ± 5° C (230 ± 10° F).

PASO 2: Una vez que la muestra está seca y mientras aun se encuentre tibia, se separan a mano las partículas de la muestra, teniendo cuidado de no fracturarlas, de tal manera que las partículas de la porción del agregado fino no sean mayores de 6 mm (¼"). Se permite que la muestra se enfríe a temperatura ambiente. Si las partículas separadas se unen unas con otras después de que la muestra se ha enfriado a temperatura ambiente, las partículas de la porción del agregado fino se separan cuidadosamente de manera que no sean mayores de 6 mm (¼"). Se vierte la muestra directamente en el picnómetro o en el matraz previamente tarados. Se pesa el recipiente con la muestra y se designa la masa neta (únicamente la masa de la muestra) como A.

PASO 3: Se agrega agua suficiente a 25° C (77° F) para cubrir la muestra por completo. Se coloca la tapa del picnómetro o el tapón del matraz, según corresponda.

PASO 4: Se coloca el recipiente (picnómetro o matraz) con la muestra y agua sobre un dispositivo de agitación mecánica y se asegura a la superficie de éste. Se pone en marcha la agitación e inmediatamente se comienza a remover el aire atrapado en la muestra aumentando gradualmente la presión de vacío hasta que el manómetro de presión residual marca 3.7 ± 0.3 kPa (27.5 ± 2.5 mm Hg). El vacío se deberá alcanzar en un término de 2 minutos y una vez alcanzado, se continuarán el vacío y la agitación durante 15 ± 2 minutos

PASO 5: Se libera gradualmente la presión de vacío usando la válvula de purga y se procede de acuerdo con alguna de las siguientes determinaciones:

- Pesando en el agua – Se suspende el picnómetro (sin la tapa) con su contenido dentro del baño de agua y se determina su masa después de una inmersión de 10 ± 1 min. Se mide y registra la temperatura del baño. Se designa la masa sumergida del picnómetro con la muestra como C.
- Pesando en el aire (picnómetro) – Se sumerge lentamente el picnómetro con la muestra en el baño a 25 ± 1° C (77 ± 1.8° F) y se mantiene allí durante 10 ± 1 min. La tapa se deberá colocar también dentro del baño de agua al mismo tiempo. Se desliza la tapa sobre el picnómetro sin removerla del agua con el fin de evitar que quede aire atrapado y, entonces, se presiona con firmeza para cerrar el picnómetro. Se remueve el picnómetro del baño y se seca cuidadosamente. Se determina la masa del picnómetro más la muestra más la tapa. Se mide y anota la temperatura del agua en el picnómetro. Se repite el procedimiento una segunda vez, quitándole la tapa al picnómetro y se coloca de nuevo junto con la tapa en el baño de agua. No es necesario esperar los 10 minutos antes de tomar la segunda medida. Si la masa varía en más de 1 g en relación con la determinada la primera vez, se repite el procedimiento hasta obtener dos masas consecutivas dentro del límite de 1 g. Se designa la masa promedio de estas dos lecturas como E (masa del picnómetro con la tapa, el agua y la muestra).
- Pesando en el aire (matraz) – Se llena lentamente el matraz con agua teniendo el cuidado de no introducir aire dentro de la muestra. Se coloca el frasco en el baño de agua por 10 ± 1 min para estabilizar la temperatura, pero sin sumergir la parte superior del frasco. Se mide y anota la temperatura del agua en el frasco. Se retira el termómetro y se llena completamente el frasco utilizando la placa de vidrio, cuidando de que no queden burbujas de aire atrapadas bajo ella. Se deberá utilizar la misma placa empleada durante la calibración del matraz. Se seca cualquier humedad presente en el exterior del matraz y de la placa de vidrio. Se determina la masa del matraz más la placa, más la muestra, más agua. Se designa esta masa como E.

- **OCTAVO PASO: CALCULAR EL GSE NORMA INV E 799:** Se calcula la gravedad específica efectiva del agregado pétreo, empleando la expresión

$$Gse = \frac{Pmm - Pb}{\left(\frac{Pmm}{Gmm}\right) - \left(\frac{Pb}{Gb}\right)}$$

- Gse: Gravedad especifica efectiva del agregado
- Gmm: Gravedad especifica máxima de la mezcla
- Pmm: porcentaje en masa de la mezcla total suelta =100
- Gb: Gravedad especifica del cemento asfaltico
- Pb: Porcentaje de cemento asfaltico en la mezcla

- **NOVENO PASO: calcular el Pba (norma 799.4)**

$$Pba = 100\left(\frac{Gse - Gsb}{Gse * Gsb}\right)Gb$$

Siendo que:

- Gb: Gravedad específica del cemento asfáltico
- Gse: Gravedad específica efectiva del agregado combinado
- Gsb: Gravedad específica bulk del agregado combinado

FORMATOS PARA LABORATORIO

PROCEMIENTO

- **PRIMER PASO: Densidad relativa (Gb gravedad especifica) . NORMA INV E (707)**

REGISTRO DE DATOS		
DENSIDAD DEL LIGANTE 25°C		
A	Masa del picnómetro (incluido el tapón)	
B	Masa del picnómetro lleno de agua	
C	Masa del picnómetro parcialmente lleno de asfalto	
D	Masa del picnómetro con asfalto y con agua	

$$\boldsymbol{Gb = \frac{C - A}{(B - A) - (D - C)}}$$

A: masa del picnómetro (incluido el tapón)
B: masa del picnómetro lleno de agua
C: masa del picnómetro parcialmente lleno con asfalto
D: masa del picnómetro con asfalto y agua

- **SEGUNDO PASO: Db densidad del ligante. NORMA INV E (707)**

$$\boldsymbol{Db = Densidad\ relativa * Wa}$$

Wa: densidad del agua a la temperatura de ensayo en las unidades deseadas

- **TERCER PASO calcular el Pb (NORMA INV 732-13)**

El ligante de la mezcla se extrae con tricloroetileno, bromuro de n-propilo (nPB) o cloruro de metileno, empleando el equipo de extracción aplicable al método particular. El contenido de asfalto se calcula por diferencia a partir de la masa del agregado extraído, del contenido de humedad, y del material mineral en el extracto. El contenido de asfalto se expresa como porcentaje en masa de la mezcla asfáltica libre de humedad.

PASO A: DETERMINACIÓN DE LA GRAVEDAD ESPECÍFICA DE LAS PARTÍCULAS SÓLIDAS DE LOS SUELOS Y DEL LLENANTE MINERAL, EMPLEANDO UN PICNÓMETRO CON AGUA . NORMA INV E (128 13)

REGISTRO DE DATOS		
DETERMINACIÓN DE LA GRAVEDAD ESPECÍFICA DE LAS PARTÍCULAS SÓLIDAS DE LOS SUELOS Y DEL LLENANTE MINERAL		
M_{pwt}	Masa del picnómetro lleno de agua a la temperatura de ensayo, g	
M_p	Masa promedio de calibración del picnómetro seco, g	
V_p	Volumen promedio de calibración del picnómetro seco, cm3	
ρ_{wt}	Densidad del agua a la temperatura de ensayo (Tt), g/cm3	
M_s	Masa de los sólidos del suelo secado en el horno, g	

$$M_{pw,t} = M_p + (V_p \times \rho_{w,t})$$

Se calcula la masa del picnómetro lleno de agua a la temperatura del ensayo, como sigue:

Donde: $M_{pw,\,t,\,t}$: Masa del picnómetro lleno de agua a la temperatura de ensayo, g;

M_p: Masa promedio de calibración del picnómetro seco, g

V_p: Volumen promedio de calibración del picnómetro sec0, cm^3

$\rho_{w,\,t}$: Densidad del agua a la temperatura de ensayo (T_t), g/cm^3 (Tabla 128 - 2).

Se calcula la gravedad específica de las partículas sólidas del suelo a la temperatura de ensayo, G_2, con la expresión:

$$G2 = \frac{Ps}{Pw,t} = \frac{Ms}{(Mpw,t - (Mpws,t - Ms))}$$

Donde: ρ_s: Densidad de las partículas sólidas, g/cm^3;

$\rho_{w,\,t}$: Densidad del agua a la temperatura de ensayo (T_t), g/cm^3;

M_s: Masa de los sólidos del suelo secado en el horno, g;

$M_{pws,\,t}$: Masa del picnómetro con agua y sólidos a la temperatura de ensayo, g

RETOMANDO LA NORMA INV E 732 13: con los datos obtenidos en la norma INV E 128 13

CONTENIDO DE ASFALTO	PRUEBA 1
Fecha de ensayo	
Peso inicial de la muestra seca (g)	
Peso inicial del filtro (g)	
Tiempo inicial para que disolvente desintegre la porción del ensayo (**no más de 1 hora)**	
Tiempo final para que disolvente desintegre la porción del ensayo (**no más de 1 hora)**	
Peso final de la muestra seca después del centrifugado (g)	
Peso final del filtro (g)	

PASO (B.1)

$$V1 = V2 - \left(\frac{M1 - M2}{G1}\right)$$

V1: Volumen de asfalto y de los finos en el extracto
V2: volumen del frasco
M1: masa de los contenidos del frasco
M2: Masa del asfalto y de los finos en el extracto (es la masa de la muestra total, menos la masa del agregad extraído
G1: Gravedad especifica del solvente

PASO (B.2)

$$W4 = G\left(\frac{V1}{V1 - V2}\right)$$

G: Ceniza en alícuota, g
V1: Volumen total, ml
V2: Volumen luego de remover la alícuota en, ml

PASO (B.3)

$$M3 = K(M2 - G3V1)$$

M3: Masa de los finos en el extracto
M2: Masa del asfalto y de los finos en el extracto

PASO (B.4)

$$K = \frac{G2}{G2 - G3}$$

G2: gravedad especifica de los finos
G3: gravedad especifica del asfalto

PASO (B,5)

REGISTRO DE DATOS		
CALCULO DEL CONTENIDO DE ASFALTO		
V1	Volumen total, ml	
V2	Volumen luego de remover la alícuota en, ml	
G2	gravedad especifica de los finos	
G3	gravedad especifica del asfalto	
M2	Masa del asfalto y de los finos en el extracto	
W1	Masa de la porción del ensayo	
W2	Masa del agua en la porción del ensayo	
W3	Masa del agregado mineral extraído	
W4	Masa del material mineral en extracto	

$$Pb = \left(\frac{(W1 - W2) - (W3 + W4)}{(W1 - W2)}\right) * 100$$

W1: Masa de la porción de ensayo
W2: Masa del agua en la porción de ensayo
W3: Masa del agregado mineral extraído
W4: Masa del material mineral en el extracto

- **CUARTO PASO: calcular el Pba (norma 799.4)**

PASO (A)

Para calcular las gravedades especificas bulk de las diferentes fracciones del agregado se sigue el ensayo **DENSIDAD BULK (PESO UNITARIO) Y PORCENTAJE DE VACIOS DE LOS AGREGADOS NORMA INV 217-13**

se requiere una granulometría en los siguientes tamices

REGISTRO DE DATOS						
DENSIDAD BULK DE AGREGADOS						
Abertura del Tamiz		% P RETENIDO	G	T	V	M
Pulg (No.)	mm					
4	4,75					
8	2,36					
16	1,18					
30	0,6					
50	0,3					
100	0,15					
200	0,075					

$$M = \frac{G - T}{V}$$

- G: Masa del agregado más recipiente, kg
- T: masa del recipiente de medida, kg
- V: Volumen de recipiente de medida, m3
- M: densidad bulk del agregado

PASO (B) Para calcular Gsb (norma 799.13)

$$Gsb = \left(\frac{P1 + P2 + \cdots Pn}{\frac{P1}{G1} + \frac{P2}{G2} + \cdots + \frac{Pn}{Gn}} \right)$$

Siendo que:

- Gsb: Gravedad específica bulk del agregado combinado;
- P1, P2, Pn: Porcentajes individuales de los distintos agregados (y llenante) que intervienen en el agregado combinado;
- G1, G2, Gn: Gravedades específicas bulk de las diferentes fracciones del agregado. (INV E-217)

- **PASO C**

Calcular la gravedad especifica máxima de la muestro se necesita NORMA INV E 735-13

REGISTRO DE DATOS		
gravedad especifica máxima de la muestra		
A	Masa en el aire de la mezcla seca, g	
B	Masa del picnómetro sumergido en agua, g	
C	Masa del recipiente de la muestra sumergida en agua	

$$\boldsymbol{Gmm = \frac{A}{A - (C - B)}}$$

A: Masa en el aire de la mezcla seca, g
B: Masa del picnómetro sumergido en agua, g
C: Masa del recipiente de la muestra sumergida en agua, g
Gmm: Gravedad especifica máxima de la mezcla

- **PASO D**

CALCULAR EL GSE NORMA INV E 799: Se calcula la gravedad específica efectiva del agregado pétreo, empleando la expresión

$$Gse = \frac{Pmm - Pb}{\left(\frac{Pmm}{Gmm}\right) - \left(\frac{Pb}{Gb}\right)}$$

- Gse: Gravedad especifica efectiva del agregado

- Gmm: Gravedad especifica máxima de la mezcla
- Pmm: porcentaje en masa de la mezcla total suelta =100
- Gb: Gravedad especifica del cemento asfaltico
- Pb: Porcentaje de cemento asfaltico en la mezcla

❖ **CUARTO PASO: calcular el Pba (norma 799.4)**

REGISTRO DE DATOS		
(Pba) Asfalto absorbido		
Gb	Gravedad específica del cemento asfáltico	
Gse	Gravedad específica efectiva del agregado combinado	
Gsb	Gravedad específica bulk del agregado combinado	

$$Pba = 100\left(\frac{Gse - Gsb}{Gse * Gsb}\right)Gb$$

Siendo que:

- Gb: Gravedad específica del cemento asfáltico
- Gse: Gravedad específica efectiva del agregado combinado
- Gsb: Gravedad específica bulk del agregado combinado

❖ **QUINTO PASO ESPESOR DE LA PELÍCULA DE ASFALTO EN MEZCLAS BITUMINOSAS (741 13)**

REGISTRO DE DATOS		
CALCULO DEL CONTENIDO DE ASFALTO		
Pb (%)	Contenido total de asfalto (% de la masa total de la mezcla)	
Db (g/cm3)	Densidad del ligante a 25°C	
Pba (%)	Asfalto absorbido, como porcentaje de la masa del agregado	

CÁLCULOS

1. Se calcula la superficie específica del agregado combinado incluido en la mezcla, con la expresión:

GRANULOMETRIA		
Abertura del Tamiz		% Pasa
Pulg (No.)	mm	
4	4,75	
8	2,36	
16	1,18	
30	0,6	
50	0,3	
100	0,15	
200	0,075	

$$SE = 0.41 + 0.0041a + 0.0082b + 0.0164c + 0.0287d + 0.0614e + 0.1229f + 0.3277g$$

Donde: SE: Superficie específica del agregado combinado, m^2/kg;

a: Porcentaje pasa el tamiz de 4.75 mm (No. 4);

b: Porcentaje pasa el tamiz de 2.36 mm (No. 8);

c: Porcentaje pasa el tamiz de 1.18 mm (No. 16);

d: Porcentaje pasa el tamiz de 600 µm (No. 30);

e: Porcentaje pasa el tamiz de 300 µm (No. 50);

f: Porcentaje pasa el tamiz de 150 µm (No. 100);

g: Porcentaje pasa el tamiz de 75 µm (No. 200).

1.1 Se determina el volumen total de ligante asfáltico para una masa de 100 g de mezcla ($P_{b\ volumen}$), con la expresión:

$$Pb\ volumen = \frac{Pb}{Db}$$

Donde: P_b: Contenido total de asfalto (% de la masa total de la mezcla);

D_b: Densidad del ligante a 25° C, g/cm^3;

2. Se calcula la proporción de agregado en la mezcla, en tanto por uno

$$Pg = 1 - \left(\frac{Pb}{100}\right)$$

3. Se determina la masa de asfalto absorbido (en gramos) por cada 100 g de mezcla con la fórmula:

$$Pba\ masa = Pba - Pg$$

Donde: P_{ba}: Asfalto absorbido, como porcentaje de la masa del agregado;

$P_{g.}$: Proporción de agregado en la mezcla, en tanto por uno. Se calcula con la fórmula:

a. Se determina y anota el volumen de asfalto absorbido en 100 g de mezcla, con la expresión:

$$Pba\ volumen = \frac{Pba\ masa}{Db}$$

b. Se calcula el volumen de asfalto efectivo ($P_{be\ volumen}$) en 100 g de mezcla, como sigue:

$$Pbe\ volumen = Pb\ volumen - Pba\ volumen$$

c. Se calcula el espesor medio de la película de asfalto, en µm, con la fórmula:

$$H_a = \left[\frac{P_{be\ volumen}}{SE \times P_g}\right] \times 10$$