

**PASANTÍA ACADÉMICA EN LOS LABORATORIO DE INGENIERÍA CIVIL DE LA UNIVERSIDAD LA GRAN  
COLOMBIA**

**PRÁCTICAS DE MECANICA DE SUELOS, MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN Y PAVIMENTOS**

Yeimi Andrea Romero Mosquera



**UNIVERSIDAD**  
**La Gran Colombia**

Vigilada MINEDUCACIÓN

Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería Civil

Universidad La Gran Colombia

Bogotá D.C

2023

**Pasantía académica en los Laboratorios de Ingeniería Civil de la Universidad la Gran Colombia**

**Yeimi Andrea Romero Mosquera**

**Trabajo de Grado Presentado como Requisito para Optar al Título de Ingeniera Civil.**

**Harol León Zambrano Urbano (Director de pasantía)**

**Deisy Carolina Valderrama (Jefe inmediato)**



**UNIVERSIDAD**  
**La Gran Colombia**

Vigilada MINEDUCACIÓN

**Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería Civil**

**Universidad la Gran Colombia**

**Bogotá D.C.**

**2023**

### **PASANTÍA ACADÉMICA EN LOS LABORATORIO DE INGENIERÍA CIVIL**

La pasantía académica como Auxiliar de Ingeniería en Laboratorios se realizó en los laboratorios de la facultad de Ingenierías de la Universidad la Gran Colombia en el área de Materiales de Construcción, con una duración de 6 meses, radicado desde el 12 de abril 2023 hasta el 12 de octubre del 2023, se realizaron las funciones de la pasantía estipuladas en las cuales debe elaborar guías de ensayos de laboratorio, corrección y finalización de los entregables.

Para la realización de las funciones de la pasantía se contó con la coordinación y apoyo del docente Harol León Zambrano como Director de la Pasantía y la laboratorista Deisy Carolina Valderrama como Jefe Inmediato, los cuales en el proceso acompañaron y asesoraron las labores proporcionadas los instrumentos requeridos de manera eficiente y dieron su autorización para el empleo en calidad de material de laboratorio.

Los objetivos de la pasantía académica fueron con base a la elaboración de guías de laboratorio las cuales fueron adaptadas por la normativa del Instituto Nacional de Vías (INVIAS); extrayendo información relevante, analizando técnicas que permitan a los docentes, estudiantes y personal de laboratorio ejecutar de manera práctica, receptiva el aprendizaje y formación de la comunidad académica, para la realización de ensayos se tiene en cuenta los objetivos de este, materiales, preparación de la muestra, equipo y herramientas, procedimiento, cálculos, preguntas a socializar sobre el ensayo, formato para la toma de datos y anexos los cuales proporcionan a los estudiantes información sobre los ensayos, además se entrega video de cada ensayo de laboratorio mostrando de manera concisa y clara el procedimiento de forma pedagógica e interactiva a realizar con las medidas de seguridad requeridas y uso adecuado de cada instrumento, además si el ensayo se realiza con un equipo se llevó a cabo el manual de uso y la ficha técnica con las especificaciones del equipo. Para la pasantía académica se desarrollaron las guías:

**Materiales de construcción**

- LM-27 Degaste en Micro-Deval E-238-13
- LM-22 Equivalente de Arena E-133-13
- LM-23 Índice de Alargamiento y Aplanamiento E-230-13
- LM-25 Determinación de Caras Fracturadas E-22-13
- LM-28 Determinación del Valor 10% de Finos E-224-13
- LM-30 Determinación del Contenido de Vacíos de los Agregados Finos no Compactados E-239
- LM-38 Determinación del % de Terrones de Arcilla y Partículas Deleznables en los Agregados E-211-13
- LM-31 Punto de Ablandamiento (Anillo y Bola) en Materiales Bituminosos E-712
- LM-32 Penetración en Materiales Bituminosos E-706
- LM-33 Ductilidad en Materiales Bituminosos E-702
- LM-34 Viscosidad Rotacional E-717
- LM-35 Viscosidad Saybolt Furol E-714

Adjunto a esto se adaptaron en códigos QR en la figura 1, cada carpeta con el material de apoyo, los cuales serán impresos y ubicados en cada equipo o herramientas.

Todo esto mencionado anteriormente con el fin de presentar en las aulas una adaptación de la normativa en la cual tengan mayor comprensión de los ensayos adquiriendo conocimientos y evaluación crítica la cual les permita identificar el objetivo, parámetros, funcionalidad y finalidad de este, ya que, esto es de suma importancia para las áreas de materiales, suelos, vías y transporte en su aplicación durante su formación práctica y la etapa laboral en la Ingeniería Civil.

A manera de conclusión durante la pasantía se aplicó los conceptos teóricos aprendidos en el programa académico en situaciones prácticas relacionadas con la Ingeniería Civil, se desarrollaron habilidades técnicas en áreas como el análisis de materiales, ensayos, pruebas de laboratorio y control de calidad, experiencia en el uso de los equipos y herramientas que amplía el conjunto de habilidades adquiriendo la resolución de problemáticas

	<b>Formato para Elaborar Guías de Asignaturas Teórico – Prácticas</b>	<b>CÓDIGO:</b>
		<b>VERSIÓN</b>
		<b>FECHA</b>

<b>PROGRAMA:</b> INGENIERÍA CIVIL		<b>FECHA:</b>	
<b>ASIGNATURA:</b> Materiales de Construcción y Pavimentos	<b>NOMBRE DE LA PRÁCTICA:</b> Determinación de la resistencia del agregado fino y grueso a la degradación por abrasión, utilizando el aparato de Micro-Deval	<b>PRÁCTICA No:</b> <b>DURACIÓN APROX:</b> 2 horas	<b>VERSIÓN:</b>

## 1. INTRODUCCIÓN

Esta guía práctica ofrece una descripción del procedimiento para determinar la resistencia a la abrasividad y durabilidad de los agregados pétreos correspondiente a la norma I.N.V. E-238-13 y de los agregados finos correspondiente a la norma I.N.V. E-245-13. Se calcula la granulometría de la muestra a ensayar para determinar el tipo de gradación del agregado y tomar la muestra representativa del ensayo, anotando su masa inicial; de acuerdo a esto, se asigna una carga abrasiva con una cantidad determinada de esferas, agua, tiempo del ensayo y número de revoluciones de acuerdo a su gradación, una vez terminado el ensayo se anota su masa final y se calcula el desgaste del material representando la pérdida de resistencia y durabilidad de un material.

## 2. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN

El ensayo de Micro-Deval se desarrolló en la década de 1960 por la Administración de Carreteras en Estados Unidos (FHWA) para determinar la pérdida de resistencia de agregados gruesos, esta norma fue acogida por el Instituto Nacional de Vías (INVIAS) de Colombia con la norma I.N.V. E-238-13, describiendo las especificaciones técnicas del ensayo Micro-Deval. Este ensayo evalúa el comportamiento de los agregados gruesos de un material cuando está sometido a una carga abrasiva y en estado húmedo ya que los materiales en presencia de agua generan una reducción en sus propiedades en contraste a ensayos como Máquina de los Ángeles donde el material es sometido a la prueba in-situ en estado seco; esta reducción en sus propiedades permite conocer las pérdidas de un material al pasar por un proceso de tamizado, abrasividad y predecir su vida útil en condiciones específicas.

## 3. OBJETIVO(S) ESPECÍFICO(S)

Determinar la pérdida de resistencia y la durabilidad de los agregados pétreos y finos como el resultado de una carga abrasiva, trituración o fatiga por medio de esferas con presencia de agua.

## 4. MARCO TEÓRICO

A. **Máquina de abrasión Micro-Deval (Imagen 1):** Consta de un tambor de acero con revestimiento de goma, tiene un peso de 86 kg y una potencia de 550w, con capacidad aproximada de 5 litros,

	<b>Formato para Elaborar Guías de Asignaturas Teórico – Prácticas</b>	<b>CÓDIGO:</b>
		<b>VERSIÓN</b>
		<b>FECHA</b>

para agregados pétreos. En su interior se coloca la muestra a ensayar y esferas inoxidable de 5000 g de 9.5 mm  $\pm$  5 mm de diámetro, cuenta con un sistema y contador automático el cual da los tiempos de inicio y fin de la maquina despues de un número preestablecido de revoluciones, el tambor rota con una velocidad de 100  $\pm$  5 rpm hasta por dos horas; en caso de realizar el ensayo para agregados finos se utilizan 0.75 litros de agua y una carga abrasiva de 1250 g de esferas inoxidables de 9.5 mm de diámetro, la muestra a ensayar y el tambor tendrá una rotación de 100 rpm durante 15 minutos.

- B. **Desgaste:** Se puede definir como la pérdida de volumen, textura o forma ocasionado por diferentes tipos de fuerzas como la fricción, abrasión, corrosión, fatiga; esto genera un impacto en la duración y vida útil de un material
- C. **Agregados pétreos:** Son materiales granulares inertes como la arena, piedra triturada y grava; se utilizan para la fabricación de asfalto, hormigón y otros materiales de construcción; estos materiales se clasifican en dos categorías principales como lo son los agregados gruesos que tienen un tamaño de partícula mayor de 4,75 mm a diferencia de los agregados finos tiene un tamaño de partícula menor a 4,75 mm
- D. **Abrasión:** Es el desgaste a la fricción cuando dos materiales se frotan entre sí, esta se genera con ciclos repetidos de carga y descarga de los agregados pétreos.
- E. **Agregados finos:** Son materiales granulares que están compuestos por partículas pequeñas menores a 5 milímetros, pueden ser de diferentes tipos como arena natural, arcilla expandida, polvo de piedra, entre otros. Se utilizan para llenar los espacios entre partículas del agregado grueso mejorando la trabajabilidad y resistencia de un material.

### Imagen 1.

*Dispositivo Micro-Deval*



*Nota.* La figura representa la imagen del equipo de abrasión Micro-Deval. "Elaboración propia", equipo de laboratorio Facultad de Ingenierías, Universidad la Gran Colombia

## 5. RECURSOS UTILIZADOS

- A. Máquina de abrasión Micro-Deval: Velocidad de rotación regular de 100  $\pm$  5 rpm

	<b>Formato para Elaborar Guías de Asignaturas Teórico – Prácticas</b>	<b>CÓDIGO:</b>
		<b>VERSIÓN</b>
		<b>FECHA</b>

- B. Recipientes
- C. Probetas con capacidad de 1000 ml
- D. Carga abrasiva: Esferas magnéticas de acero inoxidable de  $9.5 \pm 0.5$  mm de diámetro,
- E. Balanza
- F. Horno: Temperatura constante  $110 \pm 5^\circ\text{C}$  ( $230 \pm 9^\circ\text{F}$ )
- G. Tamices

**Tabla 1.**  
*Abertura de Tamices para Agregados Pétreos y Finos*

Agregados pétreos		Agregados finos	
Tamiz	Abertura (mm)	Tamiz	Abertura (mm)
( $\frac{3}{4}$ "	19.0	( $\frac{1}{4}$ "	6.3
( $\frac{5}{8}$ "	16.0	0.265"	6.7
( $\frac{1}{2}$ "	12.5	No.4	4.75
( $\frac{3}{8}$ "	9.5	No. 16	1.18
(0.265")	6.7	No. 30	0.6
( $\frac{1}{4}$ "	6.3	No. 50	0.3
N°4	4.75	No. 100	0.1
N°16	1.18	No. 200	0.075

*Nota.* La tabla representa la abertura de tamices para agregados pétreos y finos. Tomada de "Determinación de la resistencia del agregado grueso a la degradación por abrasión, utilizando el aparato de Micro-Deval E-238-13" por Instituto Nacional de Vías: Normas de Ensayo de Materiales para Carreteras, 2013

## 6. MATERIALES

### A. Muestra de laboratorio para agregados pétreos:

- a. Muestra lavada y seca en horno a  $110 \pm 5^\circ\text{C}$  ( $230 \pm 9^\circ\text{F}$ )
- b. Se separa en fracciones individuales de acuerdo con la norma INV E - 213, esta norma menciona que la masa mínima de la muestra del agregado depende del tamaño máximo nominal del agregado como se indica en la siguiente figura como referencia para realizar la granulometría tomando el porcentaje que pasa, porcentaje retenido y el porcentaje de las fracciones de diferentes tamaños, redondeados a 0.1%. Si se ensayo por el método de INV E-214 teniendo en cuenta sólo la fracción fina se debe incluir la masa del material de la muestra seca de  $75 \mu\text{m}$  (No. 200)

	<b>Formato para Elaborar Guías de Asignaturas Teórico – Prácticas</b>	<b>CÓDIGO:</b>
		<b>VERSIÓN</b>
		<b>FECHA</b>

**Figura 1.**

*Muestra entre Tamices de 19 mm y 9.5 mm*

Tamaño máximo nominal tamices con aberturas cuadradas mm (pg)	Masa mínima de la muestra de ensayo Kg (lb)
9.5 ( $\frac{3}{8}$ )	1 (2)
12.5 ( $\frac{1}{2}$ )	2 (4)
19.0 ( $\frac{3}{4}$ )	5 (11)
25.0 (1)	10 (22)
37.5 (1- $\frac{1}{2}$ )	15 (33)
50.0 (2)	20 (44)
63.0 (2- $\frac{1}{2}$ )	35 (77)
75.0 (3)	60 (130)
90.0 (3- $\frac{1}{2}$ )	100 (220)
100.0 (4)	150 (330)
125.0 (5)	300 (660)

*Nota.* La tabla representa la relación entre los tamices y la masa mínima del ensayo. Tomada de "Determinación de la resistencia del agregado grueso a la degradación por abrasión, utilizando el aparato de Micro-Deval E-238-13" por Instituto Nacional de Vías: Normas de Ensayo de Materiales para Carreteras, 2013

- c. El agregado del ensayo deberá consistir en material entre los tamices 19 mm ( $\frac{3}{4}$ ") y 9.5 mm ( $\frac{3}{8}$ "), se deberá preparar una muestra secada al horno de  $1500 \pm 5$  g como se muestra en la figura a continuación

**Figura 2.**

*Muestra entre Tamices de 19 mm y 9.5 mm*

Pasa tamiz	Retenido en el tamiz	Masa
19.0 mm	16.0 mm	375 g
16.0 mm	12.5 mm	375 g
12.5 mm	9.5 mm	750 g

*Nota.* La tabla representa la relación entre los tamices y la masa mínima de ensayo. Tomada de "Determinación de la resistencia del agregado grueso a la degradación por abrasión, utilizando el aparato de Micro-Deval E-238-13" por Instituto Nacional de Vías: Normas de Ensayo de Materiales para Carreteras, 2013

- d. Si el tamaño nominal del agregado grueso es 12.5 mm, la masa de  $1500 \pm 5$  g, se debe preparar con la siguiente figura

	<b>Formato para Elaborar Guías de Asignaturas Teórico – Prácticas</b>	<b>CÓDIGO:</b>
		<b>VERSIÓN</b>
		<b>FECHA</b>

**Figura 3.**  
*Tamaño Nominal de 12.5 mm*

Pasa tamiz	Retenido en el tamiz	Masa
12.5 mm	9.5 mm	750 g
9.5 mm	6.3 mm	375 g
6.3 mm	4.75 mm	375 g

*Nota.* La tabla representa la relación del tamaño nominal del agregado grueso. Tomada de "Determinación de la resistencia del agregado grueso a la degradación por abrasión, utilizando el aparato de Micro-Deval E-238-13" por Instituto Nacional de Vías: Normas de Ensayo de Materiales para Carreteras, 2013

- e. Si el tamaño máximo nominal del agregado grueso es 9.5 mm o menos, la masa de 1500 ± 5 g, se deberá preparar de acuerdo a la siguiente figura

**Figura 4.**  
*Tamaño Nominal de 9.5 mm o menor*

Pasa tamiz	Retenido en el tamiz	Masa
9.5 mm	6.3 mm	750 g
6.3 mm	4.75 mm	750 g

*Nota.* La tabla representa la relación del tamaño nominal de 9.5 mm o menor. Tomada de "Determinación de la resistencia del agregado grueso a la degradación por abrasión, utilizando el aparato de Micro-Deval E-238-13" por Instituto Nacional de Vías: Normas de Ensayo de Materiales para Carreteras, 2013

#### **B. Muestra de laboratorio para agregados finos:**

- La muestra de ensayo se debe lavar sobre el tamiz de 75 µm (No. 200)
- Luego se seca en el horno a 110 ± 5° C (230 ± 9° F) y separa las fracciones
- El material debe estar entre los tamices de 4.75 mm (No.4) y de 75 µm (No.200) con un módulo de finura de 2.8 y preparar una muestra de 500 ± 5 g seca al horno como se muestra en la siguiente figura:

**Figura 5.**  
*Tamaño entre 4.75 mm y 0.075 mm*

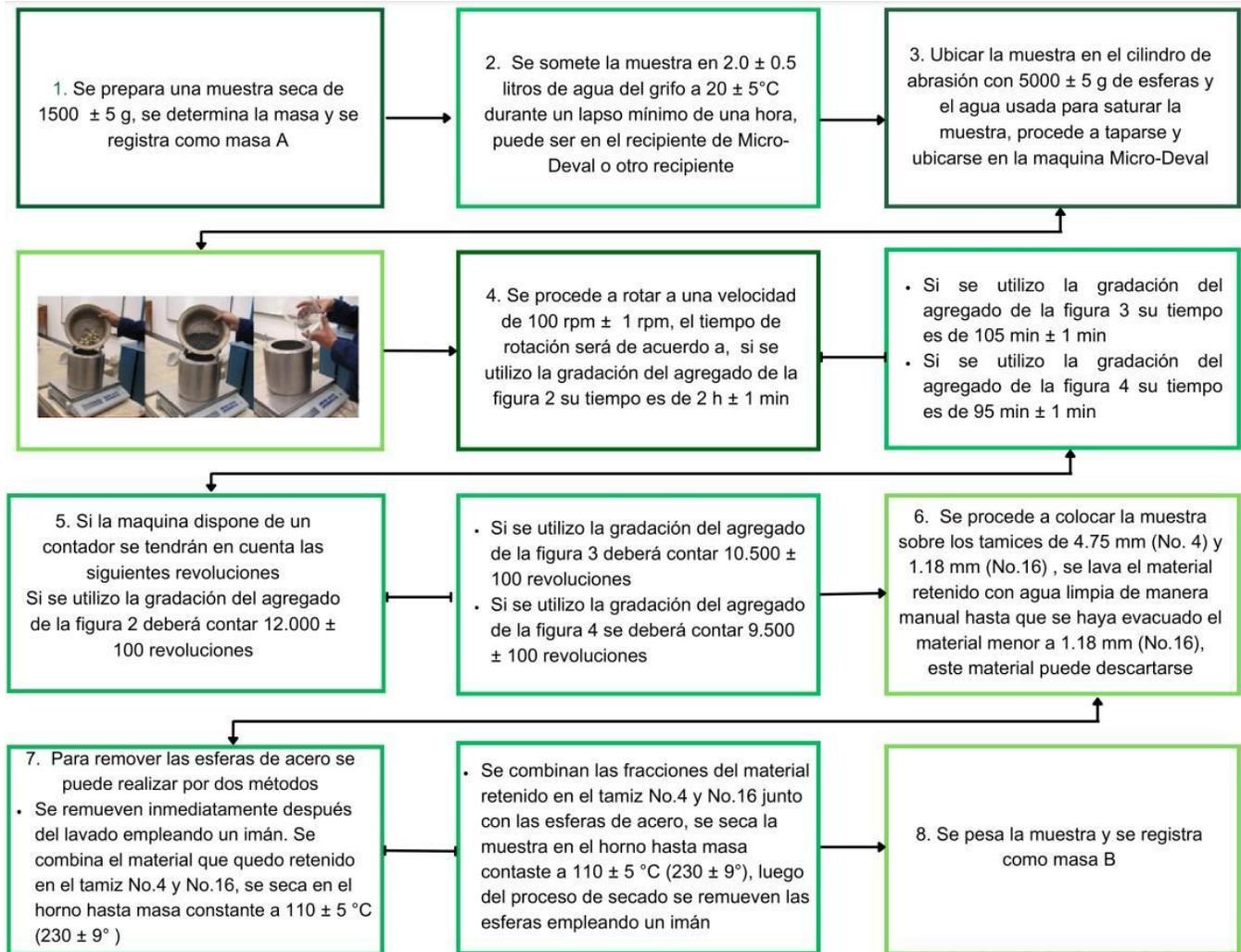
Pasa tamiz	Retenido en el tamiz	Masa
4.75 mm	2.36 mm	50 g
2.36 mm	1.18 mm	125 g
1.18 mm	600 µm	125 g
600 µm	300 µm	100 g
300 µm	150 µm	75 g
150 µm	75 µm	25 g

*Nota.* La tabla representa la relación de tamaños entre 4.75 mm y 0.075 mm. Tomada de "Determinación de la resistencia del agregado grueso a la degradación por abrasión, utilizando el aparato de Micro-Deval E-238-13" por Instituto Nacional de Vías: Normas de Ensayo de Materiales para Carreteras, 2013

	<b>Formato para Elaborar Guías de Asignaturas Teórico – Prácticas</b>	<b>CÓDIGO:</b>
		<b>VERSIÓN</b>
		<b>FECHA</b>

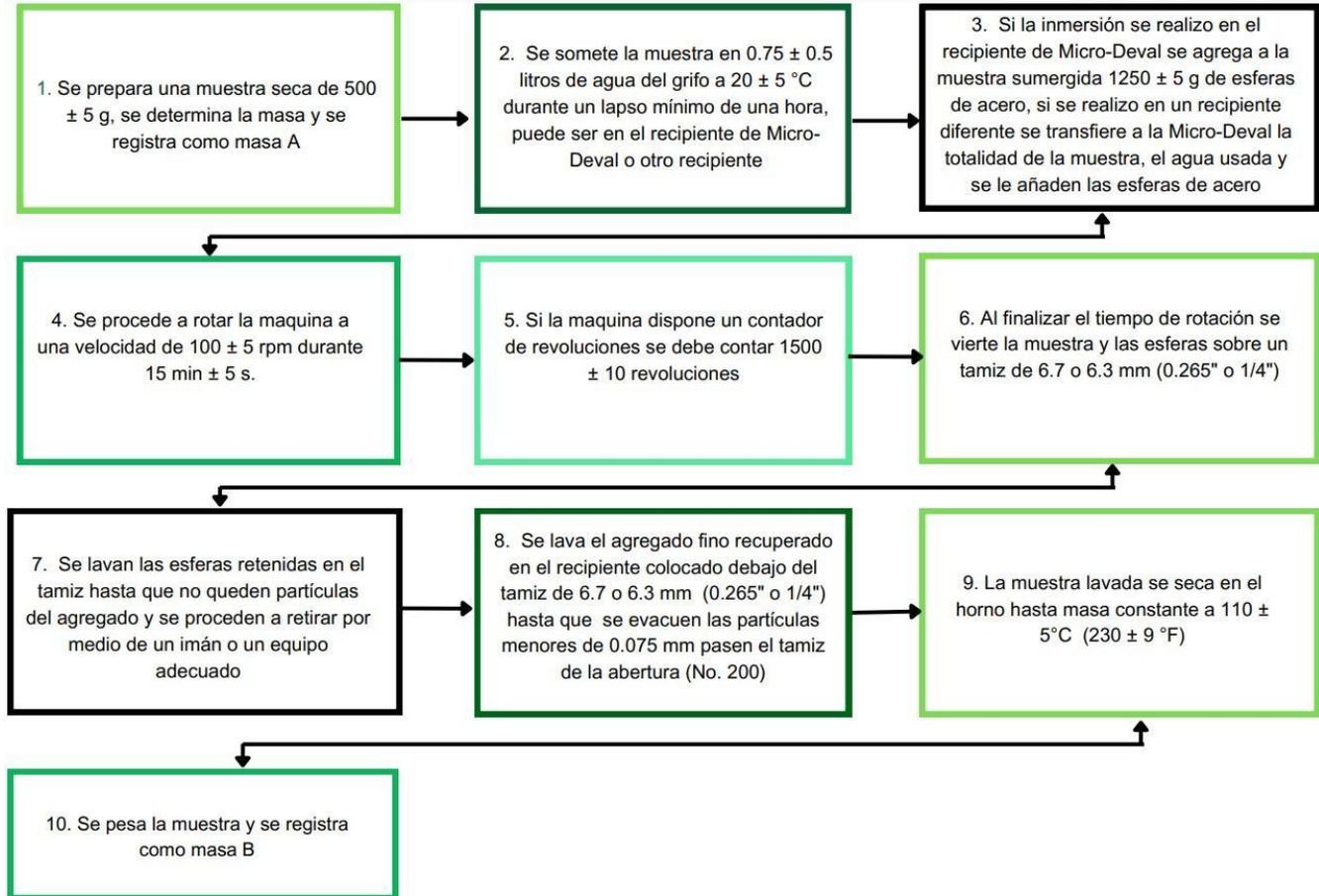
## 7. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

- Procedimiento agregados pétreos



	<b>Formato para Elaborar Guías de Asignaturas Teórico – Prácticas</b>	<b>CÓDIGO:</b>
		<b>VERSIÓN</b>
		<b>FECHA</b>

● Procedimiento agregados finos



## 8. TOMA DE DATOS

Tabla de captura de datos en Anexo A, al final de la guía.

Tablas gráficas a obtener en Anexo B, al final de la guía

Tabla interpretación de datos en agregados pétreos Anexo C, al final de la guía.

Tabla interpretación de datos en agregados finos Anexo D, al final de la guía.

	<b>Formato para Elaborar Guías de Asignaturas Teórico – Prácticas</b>	<b>CÓDIGO:</b>
		<b>VERSIÓN</b>
		<b>FECHA</b>

## 9. CÁLCULOS

A. Se calcula la pérdida de abrasión por Micro-Deval, redondeada 0.1% utilizando la siguiente ecuación:

**Porcentaje de pérdidas:**

$$\%Pérdidas = \frac{A-B}{A} * 100$$

**ec. 1**

donde:

*A*= Masa original de la muestra seca antes del ensayo.

*B*= Masa final de la muestra ensayada, seca después del ensayo.

**Nota 1 (Agregados pétreos):** se debe tener en cuenta un agregado de calibración definido entre una pérdida de 15 -20%, se toman 10 muestras al azar y se ensayan, si el material de referencia es de Brechin Quarry No.2 el material debe establecerse entre valores de 17.5 y 20.7% el 95% de las veces. Cada 10 muestras o si se realiza el ensayo cada semana se debe ensayar también el material de calibración, una vez ensayada 20 muestras y muestran los rangos mencionados anteriormente de manera satisfactoria se podrá reducir la frecuencia del ensayo de calibración.

**Nota 2 (Agregados finos):** debe definir un agregado de calibración entre 10 y 25%, se toman 10 muestras al azar teniendo como referencia el material de "Standard Sutherland Micro-Deval Fine Aggregate" donde el material debe encontrar una aceptación continua entre 15.2 % y 18.4 % el 95 % de las veces. Cada 10 muestras o si se realiza el ensayo cada semana se debe ensayar también el material de calibración, una vez ensayada 20 muestras y muestran los rangos mencionados anteriormente de manera satisfactoria se podrá reducir la frecuencia del ensayo de calibración

## 10. PREGUNTAS GUÍA PARA EL INFORME TÉCNICO

- ¿Qué significa el porcentaje de pérdida de un material?
- ¿Qué diferencias tiene el ensayo de Micro-Deval para agregados pétreos y finos?
- ¿Por qué se sumerge el material a ensayar en agua?
- ¿Con base a que se calcula la cantidad de esferas metálicas usadas en el ensayo?

## 11. BIBLIOGRAFÍA RECOMENDADA

Norma INV E. 738-13: "Determinación de la resistencia del agregado grueso a la degradación por abrasión, utilizando el aparato Micro-Deval" INVIAS, Bogotá D.C.2013

Norma INV E. 245-13: "Determinación de la resistencia del agregado fino a la degradación por abrasión, utilizando el aparato Micro-Deval" INVIAS, Bogotá D.C.2013

Norma Técnica Colombiana. (1997). Método de ensayo para determinar la resistencia del agregado grueso a la degradación por abrasión con el aparato Micro-Deval

	<b>Formato para elaborar Guías de asignaturas teórico – prácticas</b>	CÓDIGO:
		VERSIÓN
		FECHA

### Anexo A

*Tabla de Captura de Datos Agregados Pétreos I.N.V. E-238-13 y Finos I.N.V. E-45-13*

<b>Fecha:</b>	<b>Asignatura:</b>	<b>Práctica N°</b>
<b>Nombre de la práctica:</b>		
<b>Docente:</b>	<b>Téc. Laboratorio:</b>	

#### DATOS ESPECIMEN

Tipo de gradación

Masa de carga de esferas (g)

Tiempo del ensayo (m)

No. de Revoluciones

Masa de la muestra seca antes del ensayo (g)

Masa final de la muestra ensayada, seca después del ensayo (g)

*Nota.* Tabla toma de datos. "Elaboración propia"

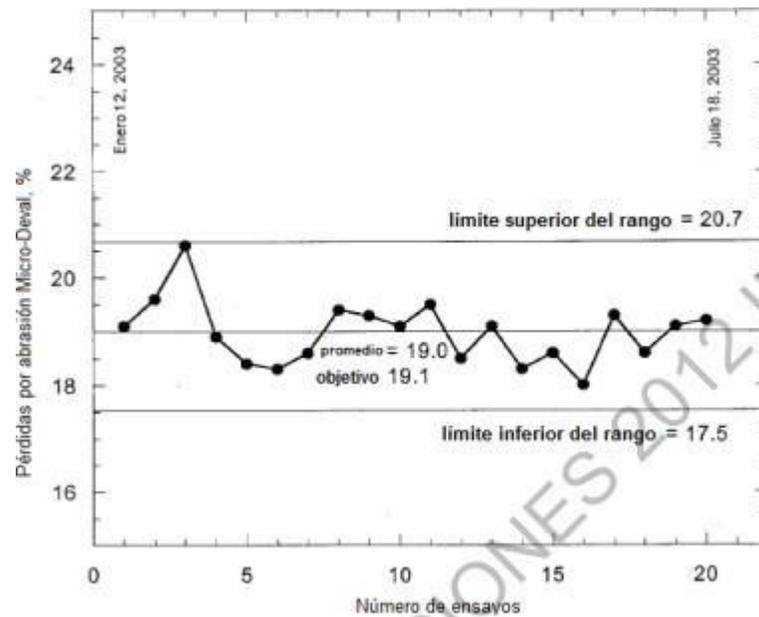
	<b>Formato para elaborar Guías de asignaturas teórico – prácticas</b>	CÓDIGO:
		VERSIÓN
		FECHA

## Anexo B

Ejemplo del gráfico a obtener

### Figura 6.

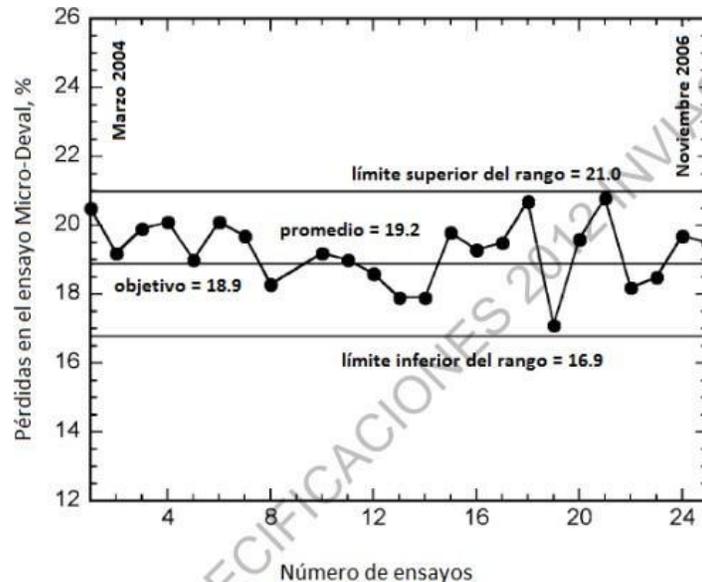
Porcentaje de Pérdidas Agregados Pétreos



*Nota.* La figura representa el porcentaje de pérdidas de las últimas muestras de un agregado de calibración (Brechin Quarry No.2). Tomada de "Determinación de la resistencia del agregado grueso a la degradación por abrasión, utilizando el aparato de Micro-Deval E-238-13" por Instituto Nacional de Vías: Normas de Ensayo de Materiales para Carreteras, 2013

	<b>Formato para elaborar Guías de asignaturas teórico – prácticas</b>	CÓDIGO:
		VERSIÓN
		FECHA

**Figura 7.**  
*Porcentaje de Pérdidas Agregados Finos*



*Nota.* La figura representa el porcentaje de pérdidas de las últimas muestras de un agregado de calibración (Brechin Quarry No.2). Tomada de “Determinación de la resistencia del agregado fino a la degradación por abrasión, utilizando el aparato de Micro-Deval E-245-13” por Instituto Nacional de Vías: Normas de Ensayo de Materiales para Carreteras, 2013

**Anexo C agregados pétreos (Informativo)**  
*Interpretación de resultados*

A continuación, muestra los límites referenciados de Micro-Deval para diferentes aplicaciones de agregados

Aplicación	Máximas pérdidas por abrasión en prueba micro-deval (%)
Subbase granular	30 <sup>A</sup>
Base granular	25 <sup>A</sup>
Base de gradación abierta	17 <sup>A</sup>
Concreto estructural	17 <sup>A</sup> 21 <sup>b</sup>
Pavimento rígido	13 <sup>A</sup>
Base de concreto asfáltico	21 <sup>A</sup>
Capa de rodadura asfáltica en vías secundarias	21 <sup>A</sup>
Capa de rodadura en concreto asfáltico	17 <sup>A</sup> 18 <sup>c</sup>

*Nota.* La tabla representa los límites referenciados de Micro-Deval para diferentes aplicaciones de agregados. Tomada de “Determinación de la resistencia del agregado grueso a la degradación por abrasión, utilizando el aparato de Micro-Deval E-238-13” por Instituto Nacional de Vías: Normas de Ensayo de Materiales para Carreteras, 2013

	<b>Formato para elaborar Guías de asignaturas teórico – prácticas</b>	CÓDIGO:
		VERSIÓN
		FECHA

**Anexo D agregados finos (Informativo)**  
*Interpretación de resultados*

A continuación, muestra los límites referenciados de Micro-Deval para diferentes aplicaciones de agregados

Aplicación	Máximas pérdidas por abrasión en prueba micro-deval (%)
Subbase granular	35 <sup>A,B</sup>
Base granular	30 <sup>A,B</sup>
Base de gradación abierta	25 <sup>A,B</sup>
Concreto estructural	20 <sup>A,B</sup>
Pavimento rígido	20 <sup>A,B</sup>
Base de concreto asfáltico	25 <sup>A,B</sup>
Capa de rodadura asfáltica en vías secundarias	25 <sup>A,B</sup>
Capa de rodadura en concreto asfáltico	15 <sup>C</sup>
Arena para capa de asiento y relleno de juntas en pavimentos de adoquines de concreto para aplicaciones vehiculares con más de 1.5 millones de ejes equivalentes de 11000 kg	8 <sup>D</sup>

*Nota.* La tabla representa los límites referenciados de Micro-Deval para diferentes aplicaciones de agregados. Tomada de “Determinación de la resistencia del agregado fino a la degradación por abrasión, utilizando el aparato de Micro-Deval E-245-13” por Instituto Nacional de Vías: Normas de Ensayo de Materiales para Carreteras, 2013

	<b>Formato para Elaborar Guías de Asignaturas Teórico – Prácticas</b>	CÓDIGO:
		VERSIÓN
		FECHA

<b>PROGRAMA:</b> INGENIERÍA CIVIL		<b>FECHA:</b>	
<b>ASIGNATURA:</b> Materiales de Construcción y Pavimentos	<b>NOMBRE DE LA PRÁCTICA:</b> Equivalente de arena de suelos y agregados finos	<b>PRÁCTICA No:</b> <b>DURACIÓN APROX:</b> 2 horas	<b>VERSIÓN:</b>

## 1. INTRODUCCIÓN

Esta guía práctica ofrece una descripción del procedimiento para determinar el Equivalente de Arena de suelos y agregados finos el cual corresponde a la norma I.N.V. E-133-13. En la Ingeniería Civil es importante evaluar la calidad de los materiales, por lo tanto, se analiza el material que pase por el tamiz de 4.75 mm (No.4), donde se utiliza una solución floculante la cual suspende y separa los materiales por medio de un proceso de agitación manual, una vez terminado el ensayo se toman las lecturas de la arcilla y la arena con el fin de calcular el equivalente de arena, el cual permite analizar la cantidad permisible de finos arcillosos en un agregado.

## 2. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN

El ensayo de equivalente de arena fue desarrollado por la Asociación Americana de Carreteras (AASHTO), junto con la Administración de Carreteras de los Estados Unidos (FHWA) en la década de 1960, esta norma fue acogida por el Instituto Nacional de Vías (INVIAS) de Colombia con la norma I.N.V. E-133-13, describiendo las especificaciones técnicas del ensayo Equivalente de Arena de Suelos y Agregados Finos. Este ensayo determina la cantidad relativa de material de apariencia arcillosa y finos que estén presentes en suelos o agregados finos de tamaño inferior a 4.75 mm, con lo cual se toma una muestra representativa de agregado fino, pasa por un proceso de tamizado, se vierte en un recipiente graduado junto con una arena de referencia con el fin de tomar la altura del material de la muestra y la altura de la arena de referencia evaluando la calidad de los agregados. Finalmente, si los resultados del ensayo indican un valor alto en su porcentaje, significa una cantidad baja de materiales finos y arcillosos, siendo un material adecuado para la producción y colocación de obras ingenieriles.

## 3. OBJETIVO(S) ESPECÍFICO(S)

Determinar las proporciones de material de apariencia arcillosa o finos en la muestra de agregado de tamaño inferior a 4.75 mm por medio de una solución floculante, un cilindro graduado y un periodo de sedimentación.

## 4. MARCO TEÓRICO

- A. **Solución floculante:** Sustancia química que coagula o aglutina partículas finas en una suspensión, generalmente se utiliza para el tratamiento de aguas residuales para separar las partículas finas y sólidas suspendidas en el agua.
- B. **Suelo:** Partículas sólidas producidas por la desintegración física y alteración química de rocas, puede contener o no material orgánico
- C. **Equivalente de arena:** Medida numérica de la contaminación de limo o arcilla presente en un suelo

- D. **Agregados finos:** Son materiales granulares que están compuestos por partículas pequeñas menores a 5 milímetros, pueden ser de diferentes tipos como arena natural, arcilla expandida, polvo de piedra, entre otros. Se utilizan para llenar los espacios entre partículas del agregado grueso mejorando la trabajabilidad y resistencia de un material.

## 5. RECURSOS UTILIZADOS

- A. Cilindro graduado de plástico transparente (Figura 1)

**Tabla 1.**  
*Medidas Cilindro Graduado*

<b>Diámetro interior</b>	31.75 ± 0.381 mm (1-1/4 ± 0.015")
<b>Altura</b>	430.0 mm (17") graduados en espacios de 2.54 mm (0.1") desde el fondo hasta una altura de 381 mm (15")
<b>Base de plástico</b>	102x102x12.7 mm (4x4x1/2")

*Nota.* La tabla representa las dimensiones del cilindro graduado. Tomada de "Equivalente de arena de suelos y de agregados finos E-133-13" por Instituto Nacional de Vías: Normas de Ensayo de Materiales para Carreteras, 2013

- B. Tubo irrigador (Figura 2): acero inoxidable, de cobre o bronce

**Tabla 2.**  
*Medidas Tubo Irrigador*

<b>Diámetro exterior</b>	6.35 mm (1/4")
<b>Espesor</b>	0.89 mm (0.035")
<b>Longitud</b>	510 mm (20")
<b>Caras laterales del extremo cerrado</b>	2 orificios de 1 mm de diámetro (Calibre No-69)

*Nota.* La tabla representa las dimensiones del tubo irrigador. Tomada de "Equivalente de arena de suelos y de agregados finos E-133-13" por Instituto Nacional de Vías: Normas de Ensayo de Materiales para Carreteras, 2013

- C. Tapon macizo: Caucho o goma que ajuste al molde  
 D. Tubo flexible (Figura 3): Plástico o caucho de 4.7 mm (3/16") de diámetro y de 1.20 m de largo  
 E. Dos botellones: Capacidad de un galón  
 F. Dispositivo para tomar lecturas  
 G. Recipiente para medir el espécimen del ensayo  
 H. Embudo  
 I. Reloj o cronómetro  
 J. Operación manual: capaz de producir un movimiento oscilatorio a una rata de 100 ciclos en 45 ± 5s  
 K. Horno secador  
 L. Elementos misceláneos: Bandeja circular, toalla y palustre.

	<b>Formato para Elaborar Guías de Asignaturas Teórico – Prácticas</b>	<b>CÓDIGO:</b>
		<b>VERSIÓN</b>
		<b>FECHA</b>

**Tabla 3.**  
*Elementos de Equipo de acuerdo a su Montaje*

Montaje	Parte No	Descripción	Material
<b>Conjunto del sifón</b>			
A	1	Tubo del sifón	Tubo de cobre (puede ser niquelado)
	2	Manguera del sifón	
	3	Manguera de purga	Tubo de caucho (puro o equivalente)
	4	Tubo de purga	Tubo de caucho (puro o equivalente)
	5	Tapón con dos agujeros	Tubo de cobre (puede ser niquelado)
	6	Tubo irrigador	Caucho
	7	Abrazadera	
<b>Conjunto de la probeta graduada</b>			
B	8	Tubo	Acrílico transparente
	9	Base	Acrílico transparente
<b>Conjunto para lectura de arena</b>			
C	10	Indicador de lectura de arena	Nylon 101 tipo 66 templado
	11	Base	Bronce (puede ser niquelado)
	12	Pesa	Acero (puede ser niquelado)
	13	Pasador	Metal resistente a la corrosión
	14	Pie	Bronce (puede ser niquelado)
	15	Tapón sólido	Caucho

*Nota.* La tabla representa los elementos necesarios del equipo de acuerdo a su montaje. Tomada de “Equivalente de arena de suelos y de agregados finos E-133-13” por Instituto Nacional de Vías: Normas de Ensayo de Materiales para Carreteras, 2013

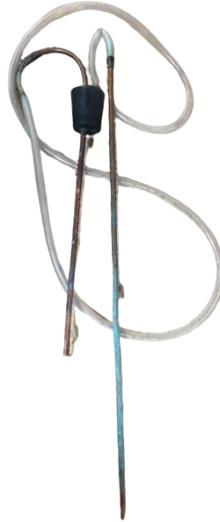
**Figura 1.**  
*Cilindro graduado de plástico*



*Nota.* La figura representa la imagen del cilindro graduado de plástico el cual hace parte del equipo Equivalente de Arena. “Elaboración propia”, equipo de laboratorio Facultad de Ingenierías, Universidad La Gran Colombia

	<b>Formato para Elaborar Guías de Asignaturas Teórico – Prácticas</b>	CÓDIGO:
		VERSIÓN
		FECHA

**Figura 2.**  
*Tubo irrigador*



*Nota.* La figura representa la imagen del tubo irrigador el cual hace parte del equipo Equivalente de Arena. “Elaboración propia”, equipo de laboratorio Facultad de Ingenierías, Universidad la Gran Colombia

**Figura 3.**  
*Tubo flexible*



*Nota.* La figura representa la imagen del tubo flexible el cual hace parte del equipo Equivalente de Arena. “Elaboración propia”, equipo de laboratorio Facultad de Ingenierías, Universidad la Gran Colombia

	<b>Formato para Elaborar Guías de Asignaturas Teórico – Prácticas</b>	<b>CÓDIGO:</b>
		<b>VERSIÓN</b>
		<b>FECHA</b>

## 6. REACTIVOS Y MATERIALES

### A. Solución stock con formaldehído:

**Tabla 4.**  
*Reactivos y Preparación de la Solución Stock con Formaldehído*

Reactivos	Preparación de la solución
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reactivos Cloruro de calcio anhidro, 454 g (1.0 lb)</li> <li>• glicerina USP, 2050 g (1640 ml)</li> <li>• Formaldehído (solución al 40% por volumen), 47 g (45 ml)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se disuelven 454 g de cloruro de calcio en 1.89 litros (1/2) de agua destilada. Se deja enfriar y filtrar con un papel de filtración rápida, se procede a añadir 2050 g de glicerina y 47 g de formaldehído a la solución filtrada, se mezcla y se diluye a 3.78 litros (1 galón)</li> </ul>

*Nota.* La tabla representa los reactivos y preparación de la solución Stock con Formaldehído. Tomada de "Equivalente de arena de suelos y de agregados finos E-133-13" por Instituto Nacional de Vías: Normas de Ensayo de Materiales para Carreteras, 2013

### B. Solución stock con glutaraldehído

**Tabla 5.**  
*Reactivos y Preparación de la Solución Stock con Glutaraldehído:*

Reactivos	Preparación de la solución
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cloruro de calcio dihidratado, 577 g (1.27 lb) de grado A.C.S</li> <li>• Glicerina USP, 2050 g (1640 ml)</li> <li>• 1.5 Pentanodiol (glutaraldehído), solución de 50% en agua, 59 g (53 ml)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se disuelven 577 g de cloruro de calcio dihidratado en 1.89 litros (1/2 galón) de agua destilada. Se deja enfriar y se agregan 2050 g de glicerina y 59 g de glutaraldehído a la solución, se mezcla y diluye a 3.78 litros (1 galón)</li> </ul>

*Nota.* La tabla representa los reactivos y preparación de la solución Stock con Glutaraldehído. Tomada de "Equivalente de arena de suelos y de agregados finos E-133-13" por Instituto Nacional de Vías: Normas de Ensayo de Materiales para Carreteras, 2013

### C. Solución stock con Kathon CG/ICP:

**Tabla 6.**  
*Reactivos y Preparación de la Solución Stock con Kathon CG/ICP*

Reactivos	Preparación de la solución
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cloruro de calcio dihidratado, 577 g (1.27 lb) de grado A.C.S</li> <li>• Glicerina USP, 2050 g (1640 ml)</li> <li>• Kathon CG/ICP, 63 g (53 ml)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se diluyen 577 g de cloruro de calcio dihidratado en 1.89 litros (1/2 galón) de agua destilada. Se deja enfriar y se añaden 2050 g de glicerina y 63 g de Kathon CG/ICP a solución, se mezcla y diluye a 3.78 litros (1 galón)</li> </ul>

*Nota.* La tabla representa los reactivos y preparación de la solución Stock con Kathon CG/ICP. Tomada de "Equivalente de arena de suelos y de agregados finos E-133-13" por Instituto Nacional de Vías: Normas de Ensayo de Materiales para Carreteras, 2013

- D. **Solución de trabajo de cloruro de calcio:** Se diluye en agua a un volumen igual al recipiente para medir el espécimen de ensayo ( $85 \pm 5$  ml), de solución de cloruro de calcio hasta completar 3.78 litros (1 galón). Se recomienda usar agua destilada o desmineralizada para su preparación, en caso de usar agua potable local debe ser de tal pureza que no afecte los resultados de la prueba.

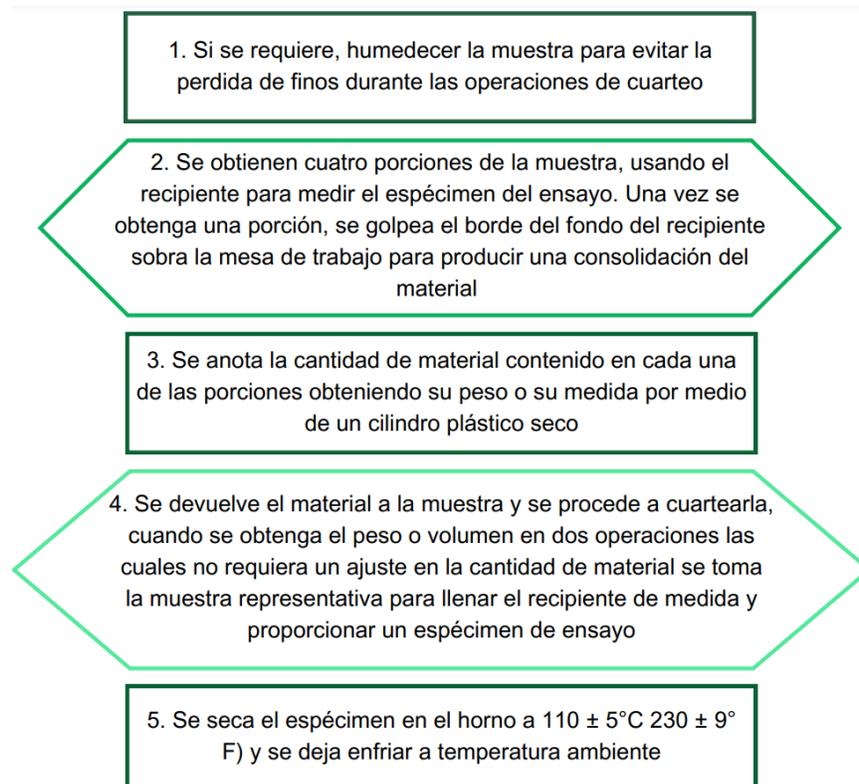
**Nota.** De acuerdo a la norma I.N.V. E-133-13 menciona 4 tipos de soluciones que se pueden utilizar en el ensayo, sin embargo, el laboratorio provee a los estudiantes la solución de acuerdo a las especificaciones de la norma.

## 7. PREPARACIÓN DE MUESTRA Y EQUIPO

### A. Preparación de muestra

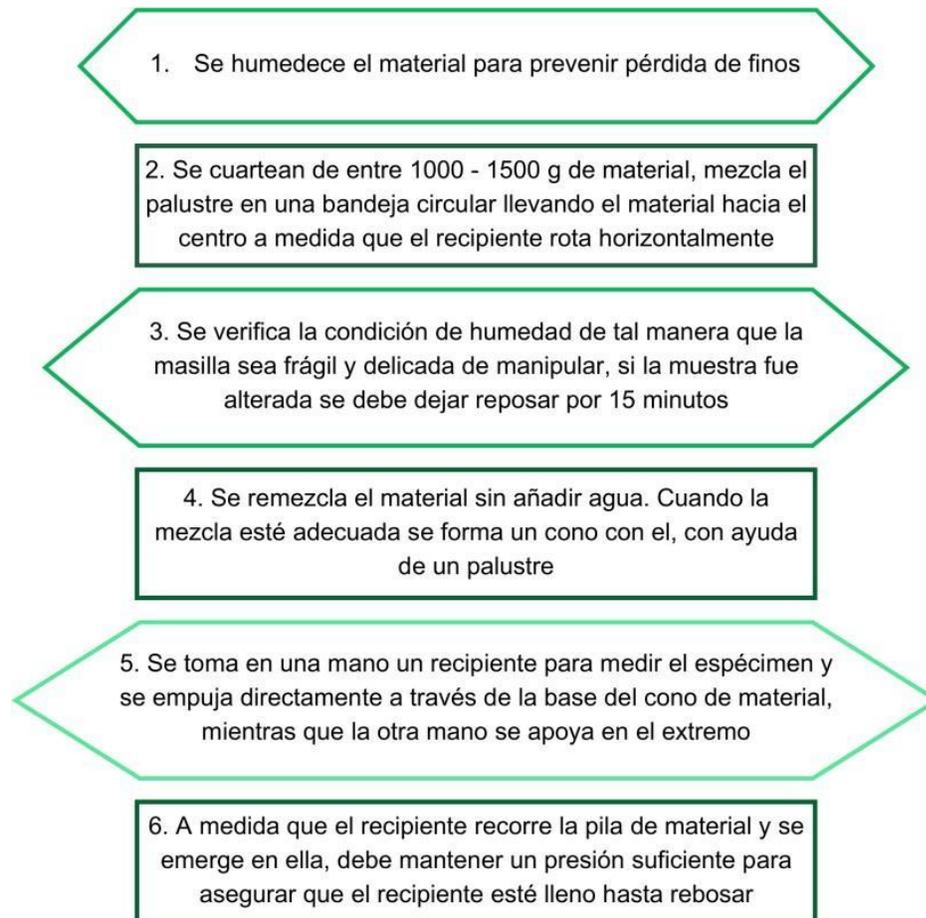
1. Se debe obtener al menos 1500 g de material que pase por el tamiz de 4.75 mm (No. 4)
  - a. Se prepara la muestra sobre el tamiz 4.75 mm (No.4) con continuo movimiento de manera lateral y vertical.
  - b. Se desmenuzan los terrones que pasen por el tamiz 4.75 mm (No.4)
  - c. Se remueven las capas de finos adheridas al agregado grueso, secando las partículas superficialmente y frotandolas entre las manos sobre una bandeja plana
  - d. Se junta el material pasante del tamiz de 4.75 mm (No.4) del ítem b, con el obtenido en el paso c.
2. Las muestras de ensayo se preparan con el material que pasa por el tamiz 4.75 mm (No.4), empleando alguno de los siguientes procedimientos

**Figura 1.**  
*Procedimiento A*



	<b>Formato para Elaborar Guías de Asignaturas Teórico – Prácticas</b>	CÓDIGO:
		VERSIÓN
		FECHA

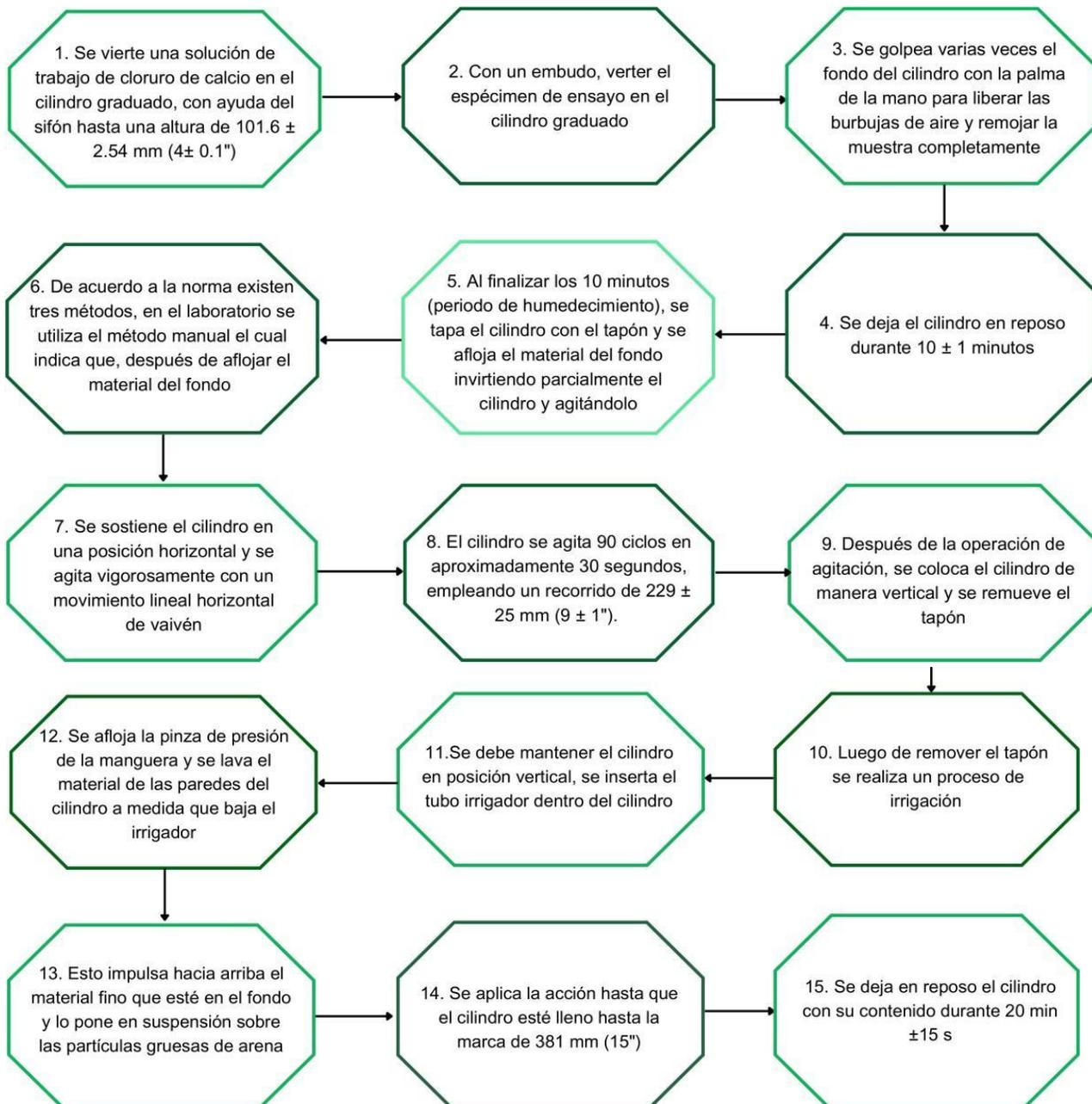
**Figura 2.**  
*Procedimiento B*



**B. Preparación de muestra:** Se ajusta el montaje del sifón a un botellón con 3.78, mm (1 galón) de la solución de cloruro de calcio y se coloca el botellón en un estante situado a  $90 \pm 5$  cm ( $36 \pm 2$ "

## 8. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

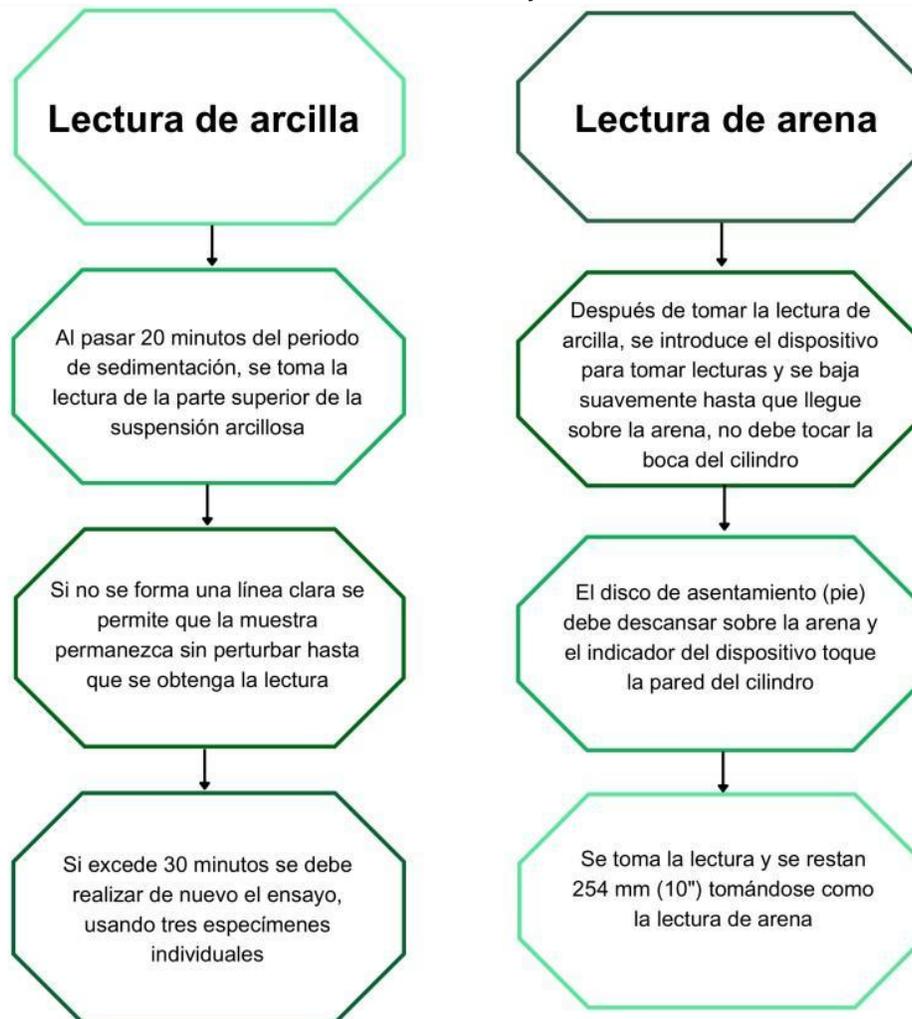
Figura 3. Procedimiento Equivalente de Arena de suelos y Agregados finos



	<b>Formato para Elaborar Guías de Asignaturas Teórico – Prácticas</b>	<b>CÓDIGO:</b>
		<b>VERSIÓN</b>
		<b>FECHA</b>

**Nota punto 8.** El operario mueve únicamente los antebrazos, manteniendo el cuerpo y los hombros en posición de descanso.

**Figura 4.**  
*Procedimiento toma de Lecturas Arcilla y Arena*



	<b>Formato para Elaborar Guías de Asignaturas Teórico – Prácticas</b>	CÓDIGO:
		VERSIÓN
		FECHA

## 9. TOMA DE DATOS

Tabla de captura de datos en Anexo A, al final de la guía.

## 10. CÁLCULOS

- A. Se calcula el equivalente de arena (EA), redondeada 0.1% utilizando la siguiente ecuación:

$$EA = \frac{\text{Lectura de Arena}}{\text{Lectura de Arcilla}} * 100$$

**Nota 1 (Redondear):** Si el valor obtenido de equivalente de arena no es un número entero se debe redondear al número entero superior, es decir, si el resultado de equivalente de arena es 41.2 se redondeará a 42

**Nota 2 (Promedio):** Si se desea obtener un promedio de valores de equivalente de arena se promedian y si el resultado del promedio es 42.3 se redondea al entero superior, igual a 43

## 11. PREGUNTAS GUÍA PARA EL INFORME TÉCNICO

- ¿Qué significa el porcentaje de equivalente de arena?
- ¿Qué indica un valor de Equivalente de Arena (EA) bajo y alto?
- ¿Por qué se realiza un proceso de irrigación a la muestra?
- ¿Cuál es el método que se utiliza para el proceso de agitación en el laboratorio?

## 12. BIBLIOGRAFÍA RECOMENDADA

Norma I.N.V. E. 133-13: "Equivalente de arena de suelos y agregados finos" INVIAS, Bogotá D.C.2013  
 ASTM D-2419-09: "Método de prueba para el valor de arena equivalente en suelos y agregado fino"  
 Sociedad Estadounidense para Pruebas de Materiales, 2009

	<b>Formato para elaborar Guías de asignaturas teórico – prácticas</b>	<b>CÓDIGO:</b>
		<b>VERSIÓN</b>
		<b>FECHA</b>

**Anexo A**

*Tabla de Captura de Datos Equivalente de Arena I.N.V. E-133-13*

<b>Fecha:</b>	<b>Asignatura:</b>	<b>Práctica N°</b>
<b>Nombre de la práctica:</b>		
<b>Docente:</b>		<b>Téc. Laboratorio:</b>

DATOS ESPECIMEN			
N° Ensayo	1	2	3
Tamaño Máximo (pasa malla N°4)			
Primer ciclo de reposo	Tiempo inicial	_____	_____
	Tiempo final	_____	_____
Segundo ciclo de reposo	Tiempo inicial	_____	_____
	Tiempo final	_____	_____
Lecturas	Arena	_____	_____
	Arcilla	_____	_____
Equivalente de arena (%)	Resultado	_____	_____
	Redondeado	_____	_____

Promedio \_\_\_\_\_

*Nota.* Tabla toma de datos. "Elaboración propia"

	<b>Formato para Elaborar Guías de Asignaturas Teórico – Prácticas</b>	<b>CÓDIGO:</b>
		<b>VERSIÓN</b>
		<b>FECHA</b>

<b>PROGRAMA:</b> INGENIERÍA CIVIL		<b>FECHA:</b>	
<b>ASIGNATURA:</b> Materiales de Construcción y Pavimentos	<b>NOMBRE DE LA PRÁCTICA:</b> Índices de Alargamiento y de Aplanamiento de los Agregados para Carreteras	<b>PRÁCTICA No:</b> <b>DURACIÓN APROX:</b> 2 horas	<b>VERSIÓN:</b>

## 1. INTRODUCCIÓN

Esta guía práctica ofrece una descripción del procedimiento para determinar el índice de aplanamiento y alargamiento correspondiente a la norma I.N.V. E-230-13 y la porción de partículas planas, alargadas o planas y alargadas en agregados gruesos correspondiente a la norma I.N.V. E-240-13. Se calcula por medio de calibradores de espesores y longitudes de acuerdo a determinadas fracciones de agregado grueso previamente tamizados, con la finalidad de determinar el índice de aplanamiento y alargamiento por fracciones y globales en una muestra. Además se miden las partículas individuales de la fracción y se determinan las relaciones de ancho/espesor, largo/ancho o largo/espesor.

## 2. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN

Este ensayo se lleva a cabo por el Instituto Nacional de Vías (INVIAS) de Colombia con la norma I.N.V. E-230-13, describiendo las especificaciones técnicas del ensayo de Índice de aplanamiento y alargamiento. Evalúa las características físicas de los materiales gruesos determinando la calidad e idoneidad de los agregados, debido a que las partículas planas y alargadas no son trabajables en una construcción y pueden producir rotura, desintegración y efectos no deseables en una obra ingenieril, es por esto que, es un método el cual evalúa la forma y textura de los agregados. Finalmente si el índice de aplanamiento y alargamiento es alto se requiere ajustes en la mezcla de un material o en la selección de los agregados.

## 3. OBJETIVO(S) ESPECÍFICO(S)

- Determinar el índice de alargamiento y aplanamiento de los materiales gruesos por medio de un calibrador de espesores y longitudes.
- Determinar por el método A o B el cual compare las dimensiones máxima y mínima de las partículas

## 4. MARCO TEÓRICO

- Forma de las partículas:** La forma de las partículas puede variar desde cúbica, hasta plana o alargada, esto es de gran importancia en la Ingeniería Civil, debido a que influye en las propiedades físicas y mecánicas para los materiales de construcción.
- Partícula plana:** Partícula la cual su dimensión mínima es inferior a 3/5 de la dimensión media de la fracción
- Partículas larga:** Partícula cuya dimensión máxima (largo) es superior a 9/5 de la dimensión media de la fracción

	<b>Formato para Elaborar Guías de Asignaturas Teórico – Prácticas</b>	<b>CÓDIGO:</b>
		<b>VERSIÓN</b>
		<b>FECHA</b>

- D. **Tamaño máximo nominal:** Es la abertura del tamiz inmediatamente superior al tamiz que retenga 15% o más del material
- E. **Fracción granulométrica di/Di:** Fracción de un agregado comprendida entre los tamices de abertura Di (mayor) di (menor)
- F. **Largo:** Máxima dimensión de la partícula
- G. **Ancho:** Dimensión intermedia de la partícula. Es la máxima dimensión en un plano perpendicular al largo y al espesor
- H. **Espesor:** Dimensión mínima de la partícula

## 5. RECURSOS UTILIZADO

- A. Tamices (Figura 1): Siete tamices formados por barras cilíndricas paralelas y con separaciones, 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 deberá ser entre 55 y 65 mm. El diámetro de las barras debe ser entre 5 y 15 mm dependiendo del ancho de la ranura.

**Tabla 1.**  
*Fracciones de Tamices*

Fracción granulométrica di/Di		Ancho de la ranura del tamiz de barras
mm	pg	mm
50/63	2/2(1/2)	33.9 ± 0.3
37.5/50	1(1/2)/2	26.3 ± 0.3
25/37.5	1/1(1/2)	18.8 ± 0.3
19/25	(3/4)/1	13.2 ± 0.15
12.5/19	(1/2)/(3/4)	9.5 ± 0.15
9.5/12.5	3/8 / 1/2	6.6 ± 0.1
4.75/9.5	(No 4) / (3/8)	4.7 ± 0.1

*Nota.* La tabla representa las fracciones de los tamices. Tomada de "Índices de Alargamiento y de Aplanamiento de los Agregados para Carreteras E-230-13" por Instituto Nacional de Vías: Normas de Ensayo de Materiales para Carreteras, 2013

- B. Calibradores metálicos (Figuras 2, 3 y 4): Tres calibradores metálicos, calibradores de espesores y calibradores de longitudes, el cual está especificado en la siguiente tabla.

**Tabla 2.**  
*Fracciones de Calibradores Metálicos*

Fracción granulométrica di/DI		Dimensiones del calibrador	
mm	pg	Aplanamiento	Alargamiento
		(Ancho de la ranura)	(Separación entre barras)
		mm	mm

	<b>Formato para Elaborar Guías de Asignaturas Teórico – Prácticas</b>	<b>CÓDIGO:</b>
		<b>VERSIÓN</b>
		<b>FECHA</b>

50/63	2/2(1/2)	33.9 ± 0.3	-
37.5/50	1(1/2)/2	26.3 ± 0.3	78.8 ± 0.3
25/37.5	1/1(1/2)	18.8 ± 0.3	56.3 ± 0.3
19/25	(3/4)/1	13.2 ± 0.15	39.6 ± 0.3
12.5/19	(1/2)/(3/4)	9.5 ± 0.15	28.4 ± 0.3
9.5/12.5	3/8 / 1/2	6.6 ± 0.1	19.8 ± 0.2
4.75/9.5	(No. 4) / (3/8)	4.7 ± 0.1	14.2 ± 0.2

*Nota.* La tabla representa las fracciones de los calibradores metálicos. Tomada de “Índices de Alargamiento y de Aplanamiento de los Agregados para Carreteras E-230-13” por Instituto Nacional de Vías: Normas de Ensayo de Materiales para Carreteras, 2013

### C. Tamices

**Tabla 3.**  
*Abertura de Tamices*

Tamiz	Abertura (mm)
(No 4)	4.75
(3/8")	9.5
(1/2")	12.5
(3/4")	19
(1")	25
(1 1/2")	37.5
(2")	50
(2 1/2")	63

*Nota.* La tabla representa la abertura de los tamices. Tomada de “Determinación de la resistencia del agregado grueso a la degradación por abrasión, utilizando el aparato de Micro-Deval E-238-13” por Instituto Nacional de Vías: Normas de Ensayo de Materiales para Carreteras, 2013

- D. Balanza
- E. Horno: Temperatura constante 110 ± 5°C (230 ± 9°F)
- F. Equipo misceláneo: Bandejas, toalla y palustre

	<b>Formato para Elaborar Guías de Asignaturas Teórico – Prácticas</b>	<b>CÓDIGO:</b>
		<b>VERSIÓN</b>
		<b>FECHA</b>

**Figura 1.**  
*Tamices*



*Nota.* La figura representa la imagen de los tamices los cuales hacen parte del equipo Índices de forma.. "Elaboración propia", equipo de laboratorio Facultad de Ingenierías, Universidad la Gran Colombia

**Figura 2.**  
*Calibrador Partículas Planas y Alargadas*



*Nota.* La figura representa la imagen del calibrador de partículas planas y alargadas el cual hace parte del equipo de Índices de forma. "Elaboración propia", equipo de laboratorio Facultad de Ingenierías, Universidad la Gran Colombia

**Figura 3.**  
*Calibrador de Espesores (partículas aplanadas)*



	<b>Formato para Elaborar Guías de Asignaturas Teórico – Prácticas</b>	<b>CÓDIGO:</b>
		<b>VERSIÓN</b>
		<b>FECHA</b>

*Nota.* La figura representa la imagen del calibrador de espesores el cual hace parte del equipo Índices de forma. "Elaboración propia", equipo de laboratorio Facultad de Ingenierías, Universidad la Gran Colombia

**Figura 4.**  
*Calibrador de Longitudes (partículas alargadas)*



*Nota.* La figura representa la imagen del calibrador de longitudes el cual hace parte del equipo Índices de forma. "Elaboración propia", equipo de laboratorio Facultad de Ingenierías, Universidad la Gran Colombia

## 6. MATERIALES

### Preparación de la muestra I.N.V E-230-13:

- a. El material recibido en el laboratorio, se reduce por cuarteo hasta obtener una muestra representativa de ensayo teniendo en cuenta el tamaño máximo nominal de acuerdo a la siguiente figura, se deberán rechazar tanto las partículas consideradas sobretamaños como las menores a 6.3 mm (1/4")

**Tabla 4.**  
*Relación entre el Tamaño Máximo Nominal y la Masa Mínima de la Muestra I.N.V E-230-13*

Tamaño máximo nominal tamices con aberturas cuadradas mm (pg)	Masa mínima de la muestra de ensayo kg (lb)
9.5 ( $\frac{3}{8}$ )	1 (2)
12.5 ( $\frac{1}{2}$ )	2 (4)
19.0 ( $\frac{3}{4}$ )	5 (11)
25.0 (1)	10 (22)
37.5 (1 $\frac{1}{2}$ )	15 (33)
50.0 (2)	20 (44)
63.0 (2 $\frac{1}{2}$ )	35 (77)
75.0 (3)	60 (130)
90.0 (3 $\frac{1}{2}$ )	100 (220)
100.0 (4)	150 (330)
125.0 (5)	300 (660)

	<b>Formato para Elaborar Guías de Asignaturas Teórico – Prácticas</b>	<b>CÓDIGO:</b>
		<b>VERSIÓN</b>
		<b>FECHA</b>

*Nota.* La tabla representa la relación entre el tamaño máximo nominal y la masa mínima. Tomada de “Índices de Alargamiento y de Aplanamiento de los Agregados para Carreteras E-230-13” por Instituto Nacional de Vías: Normas de Ensayo de Materiales para Carreteras, 2013

- b. Se seca la muestra a  $110 \pm 5$  °C ( $230 \pm 9$ ° F) hasta obtener una masa constante
- c. Para el ensayo de índice de aplanamiento se descartan las partículas retenidas en el tamiz de 63 mm (2-1/2") y las que pasan por el tamiz 6.3 mm (1/4"). Para el ensayo de índice de alargamiento se descartan las partículas retenidas en el tamiz de 50 mm (2") y las que pasan por el tamiz 6.3 mm (1/4")
- d. Se pesan cada una de las fracciones retenidas entre tamices ( $R_i$ ) y se colocan en una bandeja separada. La suma de las masas de las diferentes fracciones para el ensayo de índice de aplanamiento se llamará M1 y la suma para el índice de alargamiento se llamará M11.
- e. Se calcula el porcentaje individual retenido entre cada par de tamices, si alguna de las fracciones ( $R_i$ ) representa menos del 5% de M1 o M11, se deberá descartar. La masa total se reducirá a un valor de M2 o M12.
- f. Se calculan y anotan los porcentajes que representan los valores de ( $R_i$ ) en relación con la masa total de la muestra para el índice de aplanamiento y alargamiento

**Nota 1:** El Laboratorio de Ingenierías, no cuenta con el tamiz de 6.3 mm (1/4") debido a esto, para la realización del ensayo se utiliza el tamiz 4.75 mm (No.4)

**Tabla 5.**  
*Masa Mínima de la Muestra Después del Rechazo de Partículas Grandes y Pequeñas*

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 1/2")	15	15
25 mm (1")	5	5
19 mm (3/4")	2	2
12.5 mm (1/2")	1	1
9.5 mm (3/8")	0.5	0-5

*Nota.* La tabla representa la masa mínima de la muestra después del rechazo de partículas grandes y pequeñas. Tomada de “Índices de Alargamiento y de Aplanamiento de los Agregados para Carreteras E-230-13” por Instituto Nacional de Vías: Normas de Ensayo de Materiales para Carreteras, 2013

**Preparación de la muestra I.N.V E-240-13:**

- a. La masa mínima de la muestra de ensayo deberá ser la siguiente

**Tabla 6.**  
*Relación entre el Tamaño Máximo Nominal y la Masa Mínima de la Muestra I.N.V E-240-13*

Tamaño máximo nominal tamices con aberturas cuadradas mm (pg)	Masa mínima de la muestra de ensayo Kg (lb)
9.5 (3/8)	1 (2)

	<b>Formato para Elaborar Guías de Asignaturas Teórico – Prácticas</b>	<b>CÓDIGO:</b>
		<b>VERSIÓN</b>
		<b>FECHA</b>

12.5 (1/2)	2 (4)
19.0 (3/4)	5 (11)
25.0 (1)	10 (22)
37.5 (1-1/2)	15 (33)
50.0 (2)	20 (44)
63.0 (2-1/2)	35 (77)
75.0 (3)	60 (130)
90.0 (3-1/2)	100 (220)
100.0 (4)	150 (330)
112.0 (4-1/2)	200 (440)
125.0 (5)	300 (660)
150 (6)	500 (1100)

*Nota.* La tabla representa la relación entre el tamaño máximo nominal y la masa mínima de la muestra. Tomada de "Proporción de partículas planas, alargadas o planas y alargadas en agregados gruesos E-240-13" por Instituto Nacional de Vías: Normas de Ensayo de Materiales para Carreteras, 2013

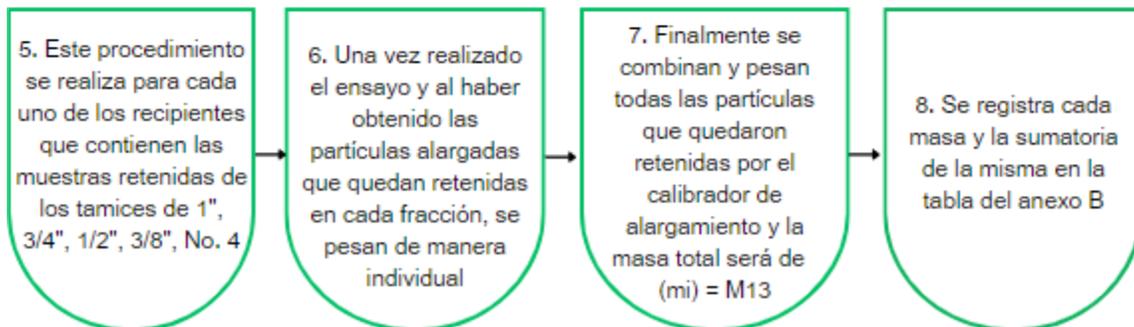
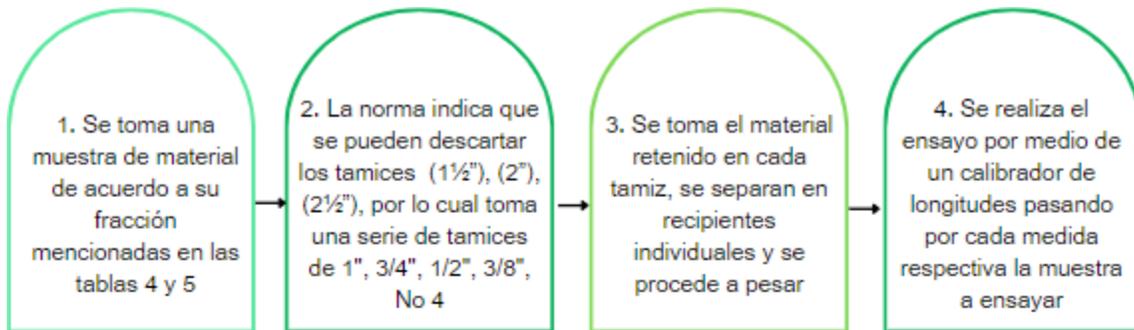
## 7. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

- Procedimiento índice de aplanamiento I.N.V E-230-13



	<b>Formato para Elaborar Guías de Asignaturas Teórico – Prácticas</b>	<b>CÓDIGO:</b>
		<b>VERSIÓN</b>
		<b>FECHA</b>

- Procedimiento índice de alargamiento I.N.V E-230-13



	<b>Formato para Elaborar Guías de Asignaturas Teórico – Prácticas</b>	<b>CÓDIGO:</b>
		<b>VERSIÓN</b>
		<b>FECHA</b>

- Procedimiento proporción de partículas planas, alargadas o planas y alargadas en agregados gruesos I.N.V E-240-13





## Metodo A

Se prueban una a una de las partículas de cada fracción y se colocan en uno de cuatro grupos

1. Planas
2. Alargadas
3. Partículas que satisfacen los criterios de los grupos 1 y 2
4. Partículas que no son planas ni alargadas

Se usa el calibrador proporcional posicionado en la relacion apropiada

**Ensayo de partículas planas:** Se ajusta la abertura más grande del dispositivo al ancho máximo de la partícula. La partícula es plana si al ser colocada por su espesor máximo atraviesa la abertura más pequeña.

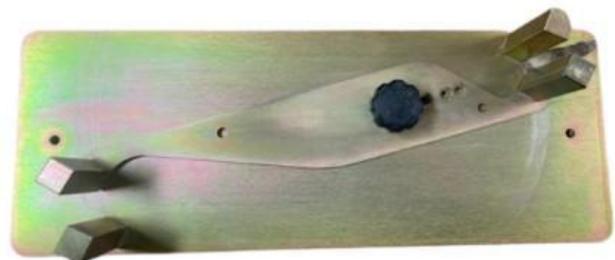
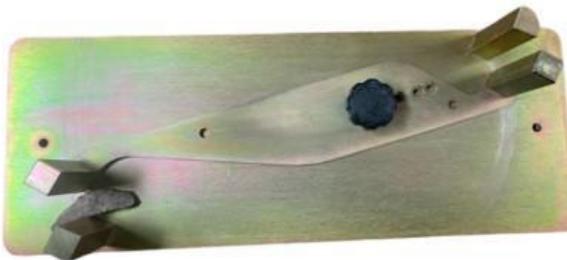
Se ajusta el calibrador al ancho máximo de la partícula

Espesor

Ancho

Se verifica si la partícula atraviesa por su espesor máximo

Ensayo para partículas planas



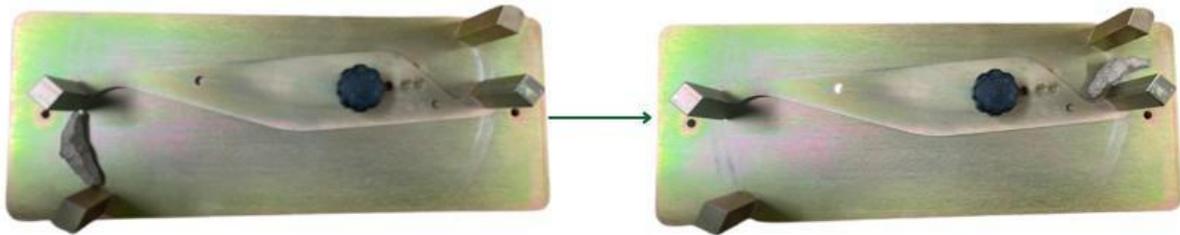
	<b>Formato para Elaborar Guías de Asignaturas Teórico – Prácticas</b>	CÓDIGO:
		VERSIÓN
		FECHA

## Metodo A

**Ensayo de partículas alargadas:** Se ajusta la abertura más grande a la longitud de la partícula. La partícula es alargada si al ser colocada por su ancho máximo atraviesa la abertura más pequeña



**Ensayo para partículas alargadas**



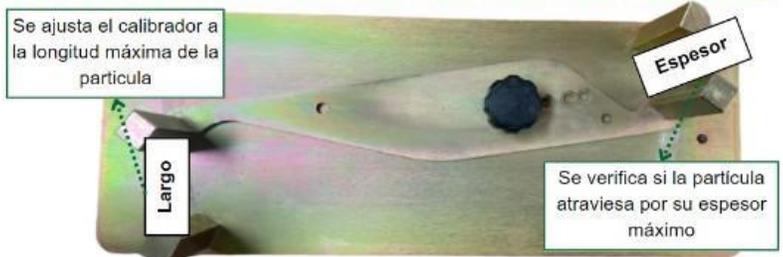
Después de haber sido clasificadas, se determina la proporción de cada grupo en la muestra, sea por masa o conteo.

	<b>Formato para Elaborar Guías de Asignaturas Teórico – Prácticas</b>	CÓDIGO:
		VERSIÓN
		FECHA

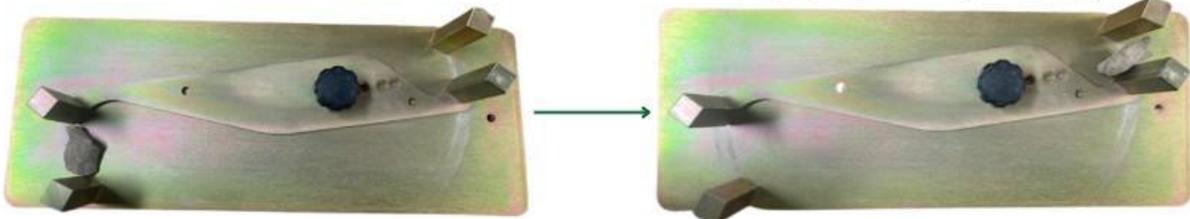
## Método B



**Ensayo de partículas planas y alargadas:** Se ajusta la abertura más grande del dispositivo a la longitud máxima de la partícula, se considera que la partícula es plana y alargada si al ser colocada por su espesor máximo atraviesa la abertura más pequeña.



Ensayo para partículas planas y alargadas



Después de haber sido clasificadas, se determina la proporción de cada grupo en la muestra, sea por masa o conteo.

## 8. TOMA DE DATOS

Tabla de captura de datos en Anexo A, B y C, al final de la guía.

Tabla ejemplo cálculo para el índice de aplanamiento en Anexo D, al final de la guía.

Tabla ejemplo cálculo para el índice de alargamiento en Anexo E, al final de la guía.

	<b>Formato para Elaborar Guías de Asignaturas Teórico – Prácticas</b>	<b>CÓDIGO:</b>
		<b>VERSIÓN</b>
		<b>FECHA</b>

## 9. CÁLCULOS

A. Índice de aplanamiento I.N.V E-230-13:

### Índice de aplanamiento en cada fracción

$$IAi = \frac{MI}{RI} * 100$$

**ec. 1**

donde:

$MI$ = Masa de la fracción sin ensayar.  
 $RI$ = Masa de la fracción ensayada (partículas planas).

### Índice de aplanamiento global

$$IA = \frac{M3}{M1 \text{ o } M2} * 100$$

**ec. 2**

donde:

$M1 \text{ o } M2$ = Masa total de la muestra sin ensayar  
 $M3$ = Masa total de las partículas planas

**Nota 2:** El valor de IA (índice de aplanamiento) se deberá redondear al entero más cercano

B. Índice de alargamiento I.N.V E-230-13:

### Índice de alargamiento en cada fracción

$$ILi = \frac{Ni}{RI} * 100$$

**ec. 3**

donde:

$Ni$ = Masa de la fracción sin ensayar.  
 $RI$ = Masa de la fracción ensayada (partículas alargadas).

### Índice de alargamiento global

$$IL = \frac{M13}{M11 \text{ o } M12} * 100$$

**ec. 4**

donde:

$M11 \text{ o } M12$ = Masa total de la muestra sin ensayar  
 $M13$ = Masa total de las partículas alargadas

	<b>Formato para Elaborar Guías de Asignaturas Teórico – Prácticas</b>	<b>CÓDIGO:</b>
		<b>VERSIÓN</b>
		<b>FECHA</b>

**Nota 3:** El valor de IL (índice de alargamiento) se deberá redondear al entero más cercano

C. Proporción de partículas planas, alargadas o planas y alargadas en agregados gruesos I.N.V E-240-13

**Porcentaje de partículas de cada grupo**

Se calcula el porcentaje de partículas de cada grupo, redondeado al 1% más cercano, para cada tamaño mayor que 9.5 mm (3/8") o 4,75 mm (No. 4), según se haya requerido

**10. PREGUNTAS GUÍA PARA EL INFORME TÉCNICO**

- A. ¿En el campo de la Ingeniería Civil para que se usa el índice de aplanamiento y alargamiento?
- B. ¿Qué equipo se debe tener en cuenta al momento de realizar la práctica?
- C. ¿En caso de secar la muestra a ensayar en el horno a que temperatura debe realizar para la norma I.N.V E-230?
- D. ¿Al momento de leer la norma que tamices pueden descartar al momento de realizar el ensayo I.N.V E-230-13?

**11. BIBLIOGRAFÍA RECOMENDADA**

Norma I.N.V. E. 230-13: "Índices de Alargamiento y de Aplanamiento de los agregados para carreteras" INVIAS, Bogotá D.C.2013

Norma I.N.V. E. 240-13: "Proporción de partículas planas, alargadas o planas y alargadas en agregados gruesos" INVIAS, Bogotá D.C.2013

	<b>Formato para elaborar Guías de asignaturas teórico – prácticas</b>	CÓDIGO:
		VERSIÓN
		FECHA

**Anexo A**

*Tabla de Captura de Datos Índice de Aplanamiento I.N.V E-230-13*

<b>Fecha:</b>	<b>Asignatura:</b>	<b>Práctica N°</b>
<b>Nombre de la práctica:</b>		
<b>Docente:</b>		<b>Téc. Laboratorio:</b>

Tamices (pg)	Masa de la muestra sin ensayar (g)	Masa de la muestra ensayada pasante (g)
1"		
( <sup>3</sup> / <sub>4</sub> )		
( <sup>1</sup> / <sub>2</sub> )		
( <sup>3</sup> / <sub>8</sub> )		
(No. 4)		
	$\Sigma m1$ o $\Sigma m2 =$	$\Sigma m3 =$

*Nota.* Tabla toma de datos. "Elaboración propia"

	<b>Formato para elaborar Guías de asignaturas teórico – prácticas</b>	CÓDIGO:
		VERSIÓN
		FECHA

**Anexo B**

*Tabla de Captura de Datos Índice de Alargamiento I.N.V E-230-13*

<b>Fecha:</b>	<b>Asignatura:</b>	<b>Práctica N°</b>
<b>Nombre de la práctica:</b>		
<b>Docente:</b>	<b>Téc. Laboratorio:</b>	

Tamices (pg)	Masa de la muestra sin ensayar (g)	Masa de la muestra ensayada retenida (g)
1"		
( <sup>3</sup> / <sub>4</sub> )		
( <sup>1</sup> / <sub>2</sub> )		
( <sup>3</sup> / <sub>8</sub> )		
(No. 4)		
$\Sigma m_{11}$ o $\Sigma m_{12} =$		$\Sigma m_{13} =$

*Nota.* Tabla toma de datos. "Elaboración propia"

	<b>Formato para elaborar Guías de asignaturas teórico – prácticas</b>	<b>CÓDIGO:</b>
		<b>VERSIÓN</b>
		<b>FECHA</b>

**Anexo C**

*Tabla de Captura de Datos Proporción de Partículas Planas, Alargadas o Planas y Alargadas en Agregados Gruesos I.N.V E-240-13*

<b>Fecha:</b>	<b>Asignatura:</b>	<b>Práctica N°</b>
<b>Nombre de la práctica:</b>		
<b>Docente:</b>		<b>Téc. Laboratorio:</b>

Tamices	Masa de la muestra retenida		Partículas planas		Partículas alargadas		Partículas planas y alargadas		Partículas que no son planas y alargadas	
(pg)	masa (g)	conteo	masa (g)	conteo	masa (g)	conteo	masa (g)	conteo	masa (g)	conteo
( $\frac{3}{8}$ )										
(No. 4)										

*Nota.* Tabla toma de datos. "Elaboración propia"

	<b>Formato para elaborar Guías de asignaturas teórico – prácticas</b>	<b>CÓDIGO:</b>
		<b>VERSIÓN</b>
		<b>FECHA</b>

### Anexo D ejemplo calculo del indice de aplanamiento (Informativo)

A continuación, muestra un ejemplo para el cálculo del índice de aplanamiento

**Tabla 7.**  
*Cálculo Índice de Aplanamiento*

Tamices		Masa inicial de cada fracción (Ri)	Granulometría (fracción entre tamices)	Granulometría corregida (si hay alguna fracción que represente el menos de 5% del total)	Masa de las partículas planas (Mi)	Índice de aplanamiento por fracción (Mi/Ri)*100
Pasa	Retiene	g	%	%	g	
63 mm (2 ½")	50 mm (2")	-	-		-	-
50 mm (2")	37.5 mm (1 ½")	-	-		-	-
37.5 mm (1 ½")	25 mm (1")	274	5.3		55	20.1
25 mm (1")	19 mm (¾")	1088	21.0		146	13.4
19 mm (¾")	12.5 mm (½")	1742	33.7		181	10.4
12.5 mm (½")	9.5 mm (3/8")	1278	24.7		166	13.0
9.5 mm (3/8")	6.3 (¼")	789	15.3		102	12.9
<b>Totales</b>		<b>Mi = 5171</b>	<b>100</b>		<b>M3 = 650</b>	
$IA = \frac{M3}{M1 \text{ o } M2} * 100 = \frac{650}{5171} * 100 = 13$						

*Nota.* La tabla representa el cálculo para el índice de aplanamiento para materiales gruesos. Tomada de "Índices de Alargamiento y de Aplanamiento de los agregados para carreteras E-230-13" por Instituto Nacional de Vías: Normas de Ensayo de Materiales para Carreteras, 2013

	<b>Formato para elaborar Guías de asignaturas teórico – prácticas</b>	<b>CÓDIGO:</b>
		<b>VERSIÓN</b>
		<b>FECHA</b>

### Anexo E ejemplo calculo del indice de alargamiento (Informativo)

A continuación, muestra un ejemplo para el cálculo del índice de alargamiento

**Tabla 8.**  
*Cálculo Índice de Alargamiento*

Tamices		Masa inicial de cada fracción (Ri)	Granulometría (fracción entre tamices)		Granulometría corregida (si hay alguna fracción que represente el menos de 5% del total)	Masa de las partículas alargadas (Ni)	Indice de por fracción (Mi/Ri)*100
Pasa	Retiene	g	%	%	%	g	
63 mm (2 ½")	50 mm (2")	-	-	-	-	-	-
50 mm (2")	37.5 mm (1 ½")	-	-	-	-	-	-
37.5 mm (1 ½")	25 mm (1")	-	-	-	-	-	-
25 mm (1")	19 mm (¾")	687	32.7	33.9	33.9	216	31.4
19 mm (¾")	12.5 mm (½")	847	40.3	41.7	41.7	125	14.8
12.5 mm (½")	9.5 mm (3/8")	495	23.5	24.4	24.4	108	21.8
9.5 mm (3/8")	6.3 (¼")	73	3.5 <sup>A</sup>	-	-	-	-
<b>Totales</b>		M11 = 2102 M12 = 2029 <sup>B</sup>	100	100	100	M13 = 449	

$$IA = \frac{M13}{M11 \text{ o } M12} * 100 = \frac{449}{2029} * 100 = 22$$

<sup>A</sup> La fracción entre 9.5 mm y 6.3 mm (3.5 %) es inferior a 5.0 % de la muestra original y, por lo tanto se debe descartar para el ensayo

<sup>B</sup> Debido a que la fracción entre 9.5 mm y 6.3 mm debe ser descartada, la nueva masa total tendrá 73 gramos menos

<sup>C</sup> Porcentaje de cada fracción respecto de la nueva masa total M12

*Nota.* La tabla representa el cálculo para el índice de aplanamiento para materiales gruesos. Tomada de "Índices de Alargamiento y de Aplanamiento de los agregados para carreteras E-230-13" por Instituto Nacional de Vías: Normas de Ensayo de Materiales para Carreteras, 2013

	<b>Formato para Elaborar Guías de Asignaturas Teórico – Prácticas</b>	<b>CÓDIGO:</b>
		<b>VERSIÓN</b>
		<b>FECHA</b>

<b>PROGRAMA:</b> INGENIERÍA CIVIL		<b>FECHA:</b>	
<b>ASIGNATURA:</b> Materiales de Construcción y Pavimentos	<b>NOMBRE DE LA PRÁCTICA:</b> Porcentaje de Partículas Fracturadas en un Agregado Grueso	<b>PRÁCTICA No:</b> <b>DURACIÓN APROX:</b> 2 horas	<b>VERSIÓN:</b>

## 1. INTRODUCCIÓN

Esta guía práctica ofrece una descripción del procedimiento para determinar el porcentaje de partículas fracturadas en un agregado grueso correspondiente a la norma I.N.V. E-227-13. Se realiza de acuerdo a la relación del tamaño máximo nominal y la masa mínima a ensayar con el fin de determinar las fracciones a las cuales se les realizará el ensayo por masa o conteo de partículas.

## 2. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN

Este ensayo se lleva a cabo por el Instituto Nacional de Vías (INVIAS) de Colombia con la norma I.N.V. E-227-13, describiendo las especificaciones técnicas del ensayo de porcentaje de partículas fracturadas en un agregado grueso. Determina el porcentaje de caras fracturadas en un agregado; si existe un elevado porcentaje de caras fracturadas respecto a una muestra, quiere decir que, maximiza la resistencia al corte, incrementará la fricción y textura de los agregados a usar para la construcción de capas de rodadura; si las partículas fueran lisas en una capa de rodadura podrían generar un reacomodo a la masa de los agregados, generando deformaciones y daños permanentes a la estructura del pavimento. Finalmente, este ensayo es de gran importancia para analizar la calidad de los agregados y conseguir así la durabilidad para los pavimentos.

## 3. OBJETIVO(S) ESPECÍFICO(S)

Determinar el porcentaje de caras fracturadas en un agregado por medio de masa o conteo de partículas y una relación entre el tamaño máximo nominal y la masa mínima de la muestra.

## 4. MARCO TEÓRICO

- A. Cara fracturada:** Es una superficie angulosa, áspera o quebrada de una partícula de agregado formada por trituración o por medios de remoción de masa
- B. Cara fracturada de una porción:** Es el porcentaje de masa de las partículas que tienen fractura en dicha fracción
- C. Partícula fracturada:** Partícula del agregado que tiene una o dos caras fracturadas
- D. Partícula no fracturada:** Partícula del agregado la cual cuenta con bordes redondeados y superficies lisas

	<b>Formato para Elaborar Guías de Asignaturas Teórico – Prácticas</b>	<b>CÓDIGO:</b>
		<b>VERSIÓN</b>
		<b>FECHA</b>

## 5. RECURSOS UTILIZADO

### A. Tamices

**Tabla 1.**  
*Abertura de Tamices*

Tamiz	Abertura (mm)
(3 ½")	90.0
(3")	75.0
(2½")	63.0
(2")	50.0
(1 ½")	37.5
(1")	25.0
(¾")	19.0
(½")	12.5
(⅜")	9.5
No.4	4.75

*Nota.* La tabla representa la abertura de los tamices. Tomada de "Porcentaje de partículas fracturadas en un agregado grueso E-227-13" por Instituto Nacional de Vías: Normas de Ensayo de Materiales para Carreteras, 2013

- B. Balanza
- C. Espátula o utensilio similar para clasificar las partículas
- D. Cuarteador para la obtención de muestras representativas

## 6. MATERIALES

### Preparación de la muestra:

- a. La muestra se obtiene de acuerdo a la siguiente tabla en la norma I.N.V. E-201

	<b>Formato para Elaborar Guías de Asignaturas Teórico – Prácticas</b>	<b>CÓDIGO:</b>
		<b>VERSIÓN</b>
		<b>FECHA</b>

**Tabla 2.**

*Relación Tamaño del Agregado Grueso y Fino respecto a su Masa Mínima de la Muestra*

Tamaño del agregado	Masa mínima de la muestra de campo kg (lb)
<b>Agregado fino</b>	
2.36 mm (No.8)	10 (22)
4.75 mm (No.4)	10 (22)
<b>Agregado grueso</b>	
9.5 mm ( $\frac{3}{8}$ "	10 (22)
12.5 mm ( $\frac{1}{2}$ "	15 (35)
19.0 mm ( $\frac{3}{4}$ "	25 (55)
25.0 mm (1"	50 (110)
37.5 mm (1 $\frac{1}{2}$ "	75 (165)
50.0 mm (2"	100 (250)
63.0 (2 $\frac{1}{2}$ "	125 (275)
75.0 mm (3"	150 (330)
90.0 mm (3 $\frac{1}{2}$ "	175 (385)

*Nota.* La tabla representa la relación tamaño del agregado grueso y fino respecto a su masa mínima de la muestra. Tomada de "Muestreo de Agregados para Construcción de Carreteras E-201-13" por Instituto Nacional de Vías: Normas de Ensayo de Materiales para Carreteras, 2013

- b. Se seca la muestra para obtener una separación de los agregados gruesos y finos. Se tamiza el material sobre el tamiz de 4.75 mm (No.4), posteriormente se reduce la muestra retenida por cuarteo de acuerdo a la norma I.N.V. E-202.

	<b>Formato para Elaborar Guías de Asignaturas Teórico – Prácticas</b>	<b>CÓDIGO:</b>
		<b>VERSIÓN</b>
		<b>FECHA</b>

**Figura 1.**  
*Reducción de muestras del agregado por cuarteo*



*Nota.* La figura representa la reducción de muestras del agregado por cuarteo. Tomada de "Reducción de Muestras del Agregado por Cuarteo E-202-13" por Instituto Nacional de Vías: Normas de Ensayo de Materiales para Carreteras, 2013

- c. La masa de la muestra de ensayo 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 al menos del tamaño indicado en la siguiente tabla

**Tabla 3.**  
*Relación entre el Tamaño Máximo Nominal y la Masa Mínima de la Muestra*

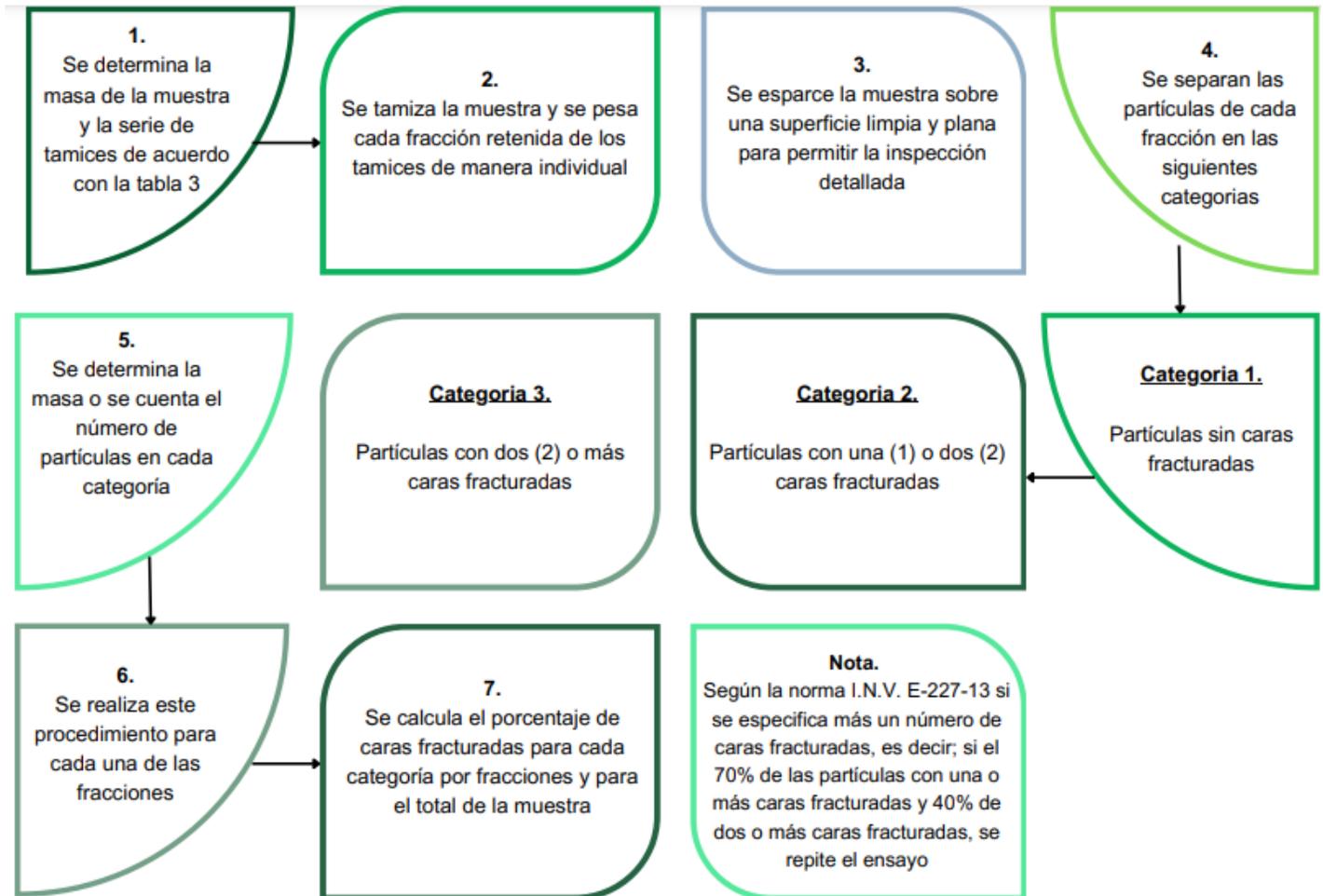
<b>Tamaño máximo nominal tamices con aberturas cuadradas mm (pg)</b>	<b>Masa mínima de la muestra de ensayo kg (lb)</b>
9.5 ( $\frac{3}{8}$ )	200 (0.5)
12.5 ( $\frac{1}{2}$ )	500 (1.0)
19.0 ( $\frac{3}{4}$ )	1500 (3.0)
25.0 (1)	3000 (6.5)
37.5 (1 $\frac{1}{2}$ )	7500 (16.5)
50.0 (2)	15000 (33.0)
63.0 (2 $\frac{1}{2}$ )	30000 (66.0)
75.0 (3)	60000 (132.0)
90.0 (3 $\frac{1}{2}$ )	90000 (198.0)

*Nota.* La tabla representa la relación entre el tamaño máximo nominal y la masa mínima de la muestra Tomada de "Porcentaje de Partículas Fracturadas en un Agregado Grueso E-227-13" por Instituto Nacional de Vías: Normas de Ensayo de Materiales para Carreteras, 2013

	<b>Formato para Elaborar Guías de Asignaturas Teórico – Prácticas</b>	CÓDIGO:
		VERSIÓN
		FECHA

## 7. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

- Procedimiento determinación Caras Fracturadas



## 8. TOMA DE DATOS

Tabla de captura de datos en Anexo A, al final de la guía.

Guía de cálculo para determinar caras fracturadas en Anexo B, al final de la guía.

Figuras representativas para la interpretación de caras fracturadas en Anexo C, al final de la guía.

	<b>Formato para Elaborar Guías de Asignaturas Teórico – Prácticas</b>	<b>CÓDIGO:</b>
		<b>VERSIÓN</b>
		<b>FECHA</b>

## 9. CÁLCULOS

A. Determinación de caras fracturadas:

$$P = \frac{F}{F+N} * 100$$

ec. 1

donde:

*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 con el criterio

## 10. PREGUNTAS GUÍA PARA EL INFORME TÉCNICO

- A. ¿Qué significa un elevado porcentaje de caras fracturadas en un agregado?
- B. ¿En la preparación de la muestra que tamiz se utiliza para reducir la muestra retenida por cuarteo de acuerdo a la norma I.N.V. E-202?
- C. ¿Qué propiedades físicas tiene una partícula no fracturada?
- D. ¿Cuál es la importancia del ensayo de porcentaje de partículas fracturadas en un agregado grueso para la Ingeniería Civil?

## 11. BIBLIOGRAFÍA RECOMENDADA

Norma I.N.V. E. 227-13: "Porcentaje de partículas fracturadas en un agregado grueso" INVIAS, Bogotá D.C.2013

	<b>Formato para elaborar Guías de asignaturas teórico – prácticas</b>	CÓDIGO:
		VERSIÓN
		FECHA

### Anexo A

#### Tabla de Captura de Datos Determinación Caras Fracturadas I.N.V. E.227-13

<b>Fecha:</b>	<b>Asignatura:</b>	<b>Práctica N°</b>
<b>Nombre de la práctica:</b>		
<b>Docente:</b>	<b>Téc. Laboratorio:</b>	

Tamices	Categorías	Valores
Retenido 37.5 mm (1 ½")	N° o masa de partículas sin caras fracturadas	
	N° o masa partículas con una (1) o dos (2) caras fracturadas	
	N° o masa de partículas con dos (2) o más caras fracturadas	
Retenido 25.0 mm (1")	N° o masa de partículas sin caras fracturadas	
	N° o masa partículas con una (1) o dos (2) caras fracturadas	
	N° o masa de partículas con dos (2) o más caras fracturadas	
Retenido 19.0 mm (¾")	N° o masa de partículas sin caras fracturadas	
	N° o masa partículas con una (1) o dos (2) caras fracturadas	
	N° o masa de partículas con dos (2) o más caras fracturadas	
Retenido 12.5 mm (½")	N° o masa de partículas sin caras fracturadas	
	N° o masa partículas con una (1) o	

	<b>Formato para elaborar Guías de asignaturas teórico – prácticas</b>	CÓDIGO:
		VERSIÓN
		FECHA

	dos (2) caras fracturadas
	N° o masa de partículas con dos (2) o más caras fracturadas
	N° o masa de partículas sin caras fracturadas
Retenido 9.5 mm ( $\frac{3}{8}$ " )	N° o masa partículas con una (1) o dos (2) caras fracturadas
	N° o masa de partículas con dos (2) o más caras fracturadas
	N° o masa de partículas sin caras fracturadas
Retenido 4.75 mm (No.4)	N° o masa partículas con una (1) o dos (2) caras fracturadas
	N° o masa de partículas con dos (2) o más caras fracturadas
	N° o masa de partículas sin caras fracturadas
Muestra total	N° o masa partículas con una (1) o dos (2) caras fracturadas
	N° o masa de partículas con dos (2) o más caras fracturadas

N° = Cantidad de partículas (número)

Nota. Tabla toma de datos. "Elaboración propia"

	<b>Formato para elaborar Guías de asignaturas teórico – prácticas</b>	CÓDIGO:
		VERSIÓN
		FECHA

## Anexo B

### Guía para el cálculo de caras fracturadas

- Cálculo muestra retenido tamiz x
  - Partículas con una (1) o dos (2) caras fracturadas

$$P = \frac{F}{F+N} * 100$$

donde:

*P*= Porcentaje de partículas con el número especificado de caras fracturadas  
*F*= Masa o número de partículas fracturadas con una (1) o dos (2) caras fracturadas  
*N*= Masa o número de partículas en la categoría de no fracturadas que no cumplen con el criterio

- Partículas con dos (2) o más caras fracturadas

$$P = \frac{F}{F+N} * 100$$

donde:

*P*= Porcentaje de partículas con el número especificado de caras fracturadas  
*F*= Masa o número de partículas fracturadas con dos (2) o más caras fracturadas  
*N*= Masa o número de partículas en la categoría de no fracturadas que no cumplen con el criterio

**Nota 1.** Como se menciona anteriormente, se realiza el cálculo para cada una de las fracciones de los tamices

- Cálculo total de la muestra
  - Partículas con una (1) o dos (2) caras fracturadas

$$P = \frac{F}{F+N} * 100$$

donde:

*P*= Porcentaje de partículas con el número especificado de caras fracturadas  
*F*= Valor total de la masa o número de partículas fracturadas con una (1) o dos (2) caras fracturadas  
*N*= Valor total de la masa o número de partículas en la categoría de no fracturadas que no cumplen con el criterio

- Partículas con dos (2) o más caras fracturadas

$$P = \frac{F}{F+N} * 100$$

donde:

	<b>Formato para elaborar Guías de asignaturas teórico – prácticas</b>	CÓDIGO:
		VERSIÓN
		FECHA

$P$  = Porcentaje de partículas con el número especificado de caras fracturadas  
 $F$  = Valor total de la masa o número de partículas fracturadas con dos (2) o más caras fracturadas  
 $N$  = Valor total de la masa o número de partículas en la categoría de no fracturadas que no cumplen con el criterio

### Anexo C (Informativo)

#### Figuras para la Interpretación de Caras Fracturadas

---

#### Partículas sin Caras Fracturadas

---




---

#### Partículas con una (1) o dos (2) Caras Fracturadas

---




---

#### Partículas con dos (2) o más Caras Fracturadas

---




---

*Nota.* Anexo informativo para la interpretación de caras fracturadas. "Elaboración propia"

	<b>Formato para Elaborar Guías de Asignaturas Teórico – Prácticas</b>	<b>CÓDIGO:</b>
		<b>VERSIÓN</b>
		<b>FECHA</b>

<b>PROGRAMA:</b> INGENIERÍA CIVIL		<b>FECHA:</b>	
<b>ASIGNATURA:</b> Materiales de Construcción y Pavimentos	<b>NOMBRE DE LA PRÁCTICA:</b> Determinación del Valor del 10% de Finos	<b>PRÁCTICA No:</b> <b>DURACIÓN APROX:</b> 2 horas	<b>VERSIÓN:</b>

## 1. INTRODUCCIÓN

Esta guía práctica ofrece una descripción del procedimiento para determinar el valor de 10% de finos correspondiente a la norma I.N.V. E-224-13. Evalúa el grado de fragmentación de un agregado por medio de un tamiz de 2.36 mm (No. 8), cuando es sometido a compresión de acuerdo a una velocidad y penetración específica.

## 2. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN

Este ensayo se lleva a cabo por el Instituto Nacional de Vías (INVIAS) de Colombia con la norma I.N.V. E-224-13, describiendo las especificaciones técnicas del ensayo del valor 10% de finos. Este ensayo permite evaluar y analizar el comportamiento de un agregado pétreo en estado seco o saturado cuando es sometido a cargas y genera una desintegración; ya que, en el campo de Ingeniería Civil los materiales granulares se ven expuestos a varios fenómenos como la acción de cargas de tránsito o movimientos de remoción en masa, es por esto que, la estructura al ser sometida a grandes esfuerzos se encarga de transmitirlo de tal manera que no colapse la estructura.

## 3. OBJETIVO(S) ESPECÍFICO(S)

Evalúa la resistencia mecánica de un agregado al ser sometido a un esfuerzo de compresión con el fin de establecer la carga la cual produce un 10% de finos en el agregado.

## 4. MARCO TEÓRICO

- A. **Especimen en condición seca:** Muestra de material el cual no contiene presencia de agua u otros líquidos
- B. **Especimen en condición saturada:** Muestra de material el cual tiene sus poros totalmente expandidos por un líquido, esta muestra se usa con el fin de estudiar sus propiedades y comportamiento bajo un estado de saturación
- C. **Penetración:** Se utiliza un equipo o herramienta para medir la resistencia del material al ser penetrado, proporcionando información sobre su dureza
- D. **Esfuerzo a compresión:** Es una medida de resistencia de un material a una fuerza que tiende a comprimirlo, se expresa en unidades de presión como pascal (Pa) o megapascasles (MPa)

	<b>Formato para Elaborar Guías de Asignaturas Teórico – Prácticas</b>	<b>CÓDIGO:</b>
		<b>VERSIÓN</b>
		<b>FECHA</b>

## 5. RECURSOS UTILIZADO

- A. Conjunto de acero (Figura 1): Utilizado para montar la muestra en el dispositivo de compresión, el cual está constituido por:
- Un cilindro de ensayo (Figura 2): Un cilindro de  $154 \pm 0.5$  mm de diámetro interior, 125 a 140 mm de altura y un espesor mínimo de pared de 16 mm
  - Placa base (Figura 3): Placa base cuadrada de 200 a 300 mm de lado y espesor mínimo de 10 mm. La placa debe contar con una muesca o abatimiento de una profundidad de 2.0 mm y del diámetro adecuado para que el cilindro encaje de manera adecuada con ella.
  - Pistón (Figura 4): Un pistón para aplicar esfuerzos de compresión a la muestra, su diámetro deberá ser de  $152 \pm 0.5$  mm de diámetro.

**Tabla 1.**

*Dimensiones Básicas del Conjunto de Acero para el Ensayo del 10 % de Finos (Figura 1)*

Componentes	Dimensiones	Cilindro de diámetro interno nominal de 150 mm	Cilindro de diámetro interno nominal de 75 mm (Anexo B)
		mm	mm
Cilindro	Diámetro interior, A	$154 \pm 0.5$	$78 \pm 0.5$
	Altura interior, B	125 a 140	70 a 85
	Espesor mínimo de pared, C	16.0	8.0
Piston	Diámetro del pistón, D	$152 \pm 0.5$	$76 \pm 0.5$
	Diámetro del vástago, E	$> 95$ y $\leq D$	$> 45$ y $\leq D$
	Longitud total del pistón más el vástago, F	110 a 115	60 a 80
	Espesor mínimo del pistón, G	$\geq 25$	$\geq 19$
	Diámetro del orificio, H	$20 \pm 0.1$	$20 \pm 0.1$
Placa base	Espesor mínimo, I	10	10
	Lado, J <sup>A</sup>	200 a 230	110 a 115

*Nota.* La tabla representa las dimensiones básicas del conjunto de acero para el ensayo. Tomada de "Determinación del Valor 10% de Finos E-224-13" por Instituto Nacional de Vías: Normas de Ensayo de Materiales para Carreteras, 2013

- Varilla para compactación (Figura 5): Varilla cilíndrica de sección circular recta de  $16 \pm 1$  mm de diámetro y de  $600 \pm 5$  mm de longitud, con un extremo semiesférico
- Recipiente cilíndrico de medida: diámetro interior de  $115 \pm 1$  mm,  $180 \pm 1$  mm de altura, el cual tendrá como función proporcionar una medida para la muestra del ensayo
- Balanza: Precisión de 1.0 g y una capacidad no menor de 3 kg
- Tamices

	<b>Formato para Elaborar Guías de Asignaturas Teórico – Prácticas</b>	<b>CÓDIGO:</b>
		<b>VERSIÓN</b>
		<b>FECHA</b>

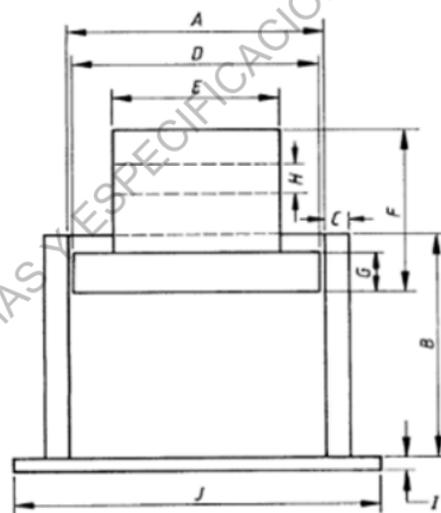
**Tabla 2.**  
*Abertura de Tamices*

Tamiz	Abertura (mm)
(1/2")	12.7
(3/8")	9.5
(No.8)	2.36

*Nota.* La tabla representa la abertura de los tamices. Tomada de "Determinación del Valor 10% de Finos E-224-13" por Instituto Nacional de Vías: Normas de Ensayo de Materiales para Carreteras, 2013

- F. Bandeja metálica: Para manejar 3 kg de agregados
- G. Pala: pala de cabo corto
- H. Maquina para aplicar esfuerzos: Sistema de carga o prensa, con capacidad para aplicar cargas hasta de 500 kN, con una de sus bases articulada y garantiza la transmisión de cargas de una manera uniforme para alcanzar la carga máxima de ensayo en 10 minutos
- I. Horno: Mantener una temperatura constante de  $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$  ( $230 \pm 9^{\circ}\text{F}$ )
- J. Canastas de tela de alambre: Con aberturas no mayores de 6.35 mm (1/4") o con un recipiente perforado de tamaño adecuado y con una manija que permite su suspensión
- K. Recipiente impermeable: Dentro del cual se sumergen las canastas
- L. Elementos misceláneos

**Figura 1.**  
*Conjunto de Acero*



*Nota.* La figura representa el conjunto de acero. Tomada de "Determinación del valor de 10% finos E-224-13" por Instituto Nacional de Vías: Normas de Ensayo de Materiales para Carreteras, 2013

	<b>Formato para Elaborar Guías de Asignaturas Teórico – Prácticas</b>	<b>CÓDIGO:</b>
		<b>VERSIÓN</b>
		<b>FECHA</b>

**Figura 2.**  
*Cilindro de ensayo*



*Nota.* La figura representa el cilindro de ensayo el cual hace parte del equipo Valor 10% de finos. "Elaboración propia", equipo de laboratorio Facultad de Ingenierías, Universidad la Gran Colombia

**Figura 3.**  
*Placa base*



*Nota.* La figura representa la placa base de ensayo el cual hace parte del equipo Valor 10% de finos. "Elaboración propia", equipo de laboratorio Facultad de Ingenierías, Universidad la Gran Colombia

**Figura 4.**  
*Piston*



*Nota.* La figura representa el pistón de ensayo el cual hace parte del equipo Valor 10% de finos. "Elaboración propia", equipo de laboratorio Facultad de Ingenierías, Universidad la Gran Colombia

	<b>Formato para Elaborar Guías de Asignaturas Teórico – Prácticas</b>	<b>CÓDIGO:</b>
		<b>VERSIÓN</b>
		<b>FECHA</b>

**Figura 5.**  
*Varilla de compactación*



*Nota.* La figura representa la varilla de compactación el cual hace parte del equipo Valor 10% de finos. "Elaboración propia", equipo de laboratorio Facultad de Ingenierías, Universidad la Gran Colombia.

## 6. MATERIALES

### Proporción de la muestra:

- a. La muestra se obtiene de acuerdo a la siguiente tabla en la norma I.N.V. E-201-13

**Tabla 3.**  
*Relación Tamaño del Agregado Grueso y Fino respecto a su Masa Mínima de la Muestra*

Tamaño del agregado	Masa mínima de la muestra de campo kg (lb)
<b>Agregado fino</b>	
2.36 mm (No.8)	10 (22)
4.75 mm (No.4)	10 (22)
<b>Agregado grueso</b>	
9.5 mm ( $\frac{3}{8}$ "	10 (22)
12.5 mm ( $\frac{1}{2}$ "	15 (35)
19.0 mm ( $\frac{3}{4}$ "	25 (55)
25.0 mm (1"	50 (110)
37.5 mm (1 $\frac{1}{2}$ "	75 (165)
50.0 mm (2"	100 (250)
63.0 (2 $\frac{1}{2}$ "	125 (275)
75.0 mm (3"	150 (330)
90.0 mm (3 $\frac{1}{2}$ "	175 (385)

*Nota.* La tabla representa la relación tamaño del agregado grueso y fino respecto a su masa mínima de la muestra. Tomada de "Muestreo de agregados para construcción de Carreteras E-201-13" por Instituto Nacional de Vías: Normas de Ensayo de Materiales para Carreteras, 2013

- b. Y se reduce la fracción requerida para el ensayo de acuerdo a la norma I.N.V E-202-13, deberá ser suficiente para producir tres especímenes de ensayo con la fracción comprendida entre 12.7 mm ( $\frac{1}{2}$ " y 9.5 mm ( $\frac{3}{8}$ "

	<b>Formato para Elaborar Guías de Asignaturas Teórico – Prácticas</b>	<b>CÓDIGO:</b>
		<b>VERSIÓN</b>
		<b>FECHA</b>

**Figura 9.**  
*Reducción de muestras del agregado por cuarteo*



*Nota.* La figura representa la reducción de muestras del agregado por cuarteo. Tomada de "Reducción de muestras del agregado por cuarteo E-202-13" por Instituto Nacional de Vías: Normas de Ensayo de Materiales para Carreteras, 2013

**Tabla 4.**  
*Masa Mínima de las Muestras Requeridas para el Ensayo del 10% de Finos*

Granulometría	Masa mínima de la muestra, kg <sup>A</sup>
Agregado todo uno, tamaño máximo 40 mm	60
Agregado todo uno, tamaño máximo 20 mm	45
Agregado gradado, 37.5 mm a 4.75 mm ( 1 ½" a No.4)	40
Agregado gradado, 19.0 mm a 4.75 mm (¾" a No.4)	25
Agregado gradado, 12.5 mm a 4.75 mm (½" a No.4)	15

*Nota.* La tabla representa la masa mínima de las muestras requerida para el ensayo 10% de finos. Tomada de "Determinación del valor de 10% finos E-224-13" por Instituto Nacional de Vías: Normas de Ensayo de Materiales para Carreteras, 2013

**Tabla 5.**  
*Especímenes del Ensayo en Condición Seca y Saturada*

Condición seca	Condición saturada
<ul style="list-style-type: none"> <li>La muestra se seca al aire y se tamiza por las mallas de 12.7 mm (1/2") y 9.5 mm (3/8"). Se utiliza exclusivamente el material comprendido entre estos tamices. El material seleccionado se divide de manera de formar tres</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>La porción no se somete a secado en el horno. Cada espécimen se coloca en una canasta de alambre y se sumerge en agua en el recipiente destinado a ello, de manera que exista una lámina de agua de 50 mm por encima del borde superior de la canasta</li> </ul>

	<b>Formato para Elaborar Guías de Asignaturas Teórico – Prácticas</b>	<b>CÓDIGO:</b>
		<b>VERSIÓN</b>
		<b>FECHA</b>

especímenes. cada uno con una masa tal que ocupe de altura 100 mm en el cilindro luego de ser comparado con la varilla golpeando cada una 25 veces desde una altura de 25 mm con el extremo rodeando de la varilla de compactación.

- Se secan los especímenes en el horno a  $110 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$  ( $230 \pm 9^\circ\text{F}$ ) durante un lapso no mayor a 4 horas, se pesan los especímenes y se anotan sus masas.

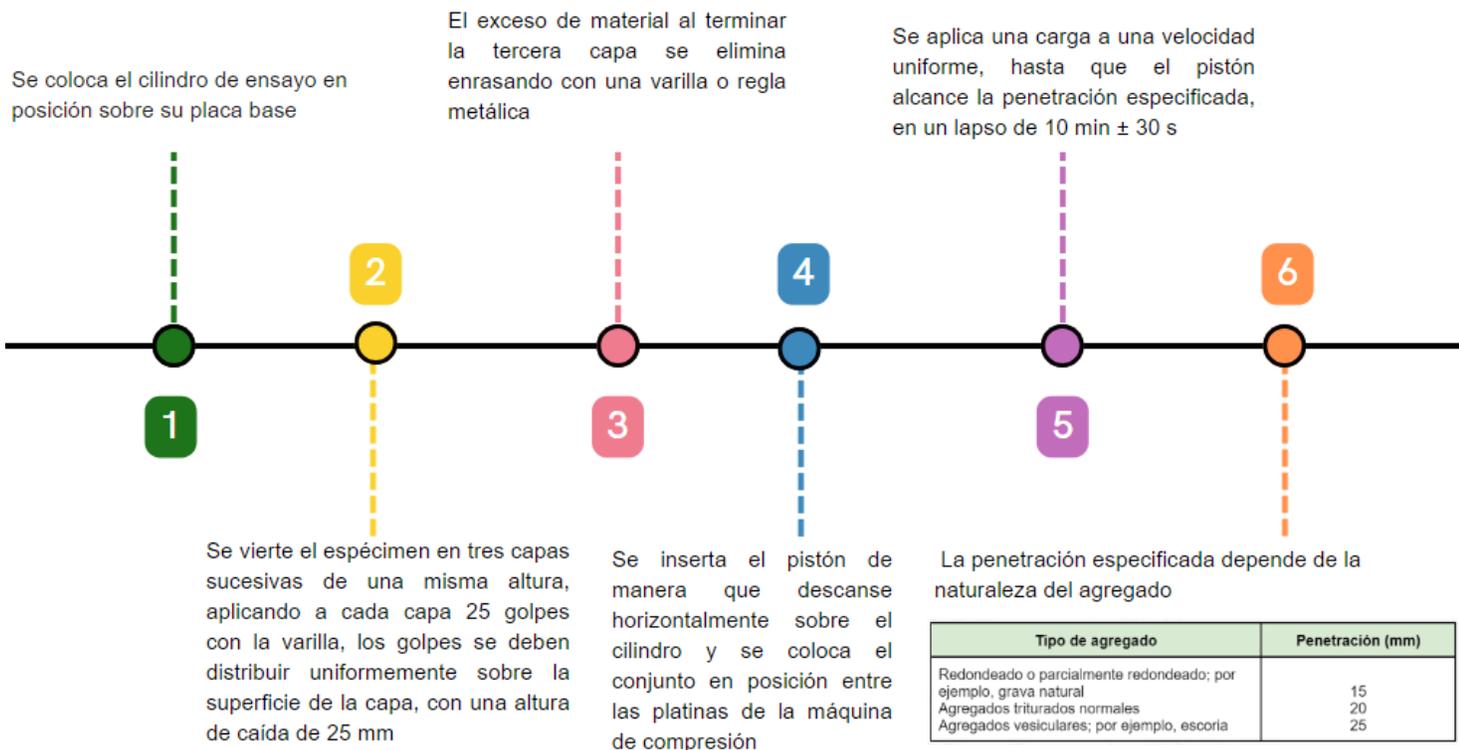
- Se remueve el aire atrapado levantando la canata 25 mm por encima del fondo del recipiente y dejándola caer 25 veces a razón de una vez por segundo. Se deben encontrar sumergidos durante esta operación durante  $24 \pm 2$  horas, por lo cual el agua se debe mantener a  $20 \pm 5^\circ \text{C}$ .

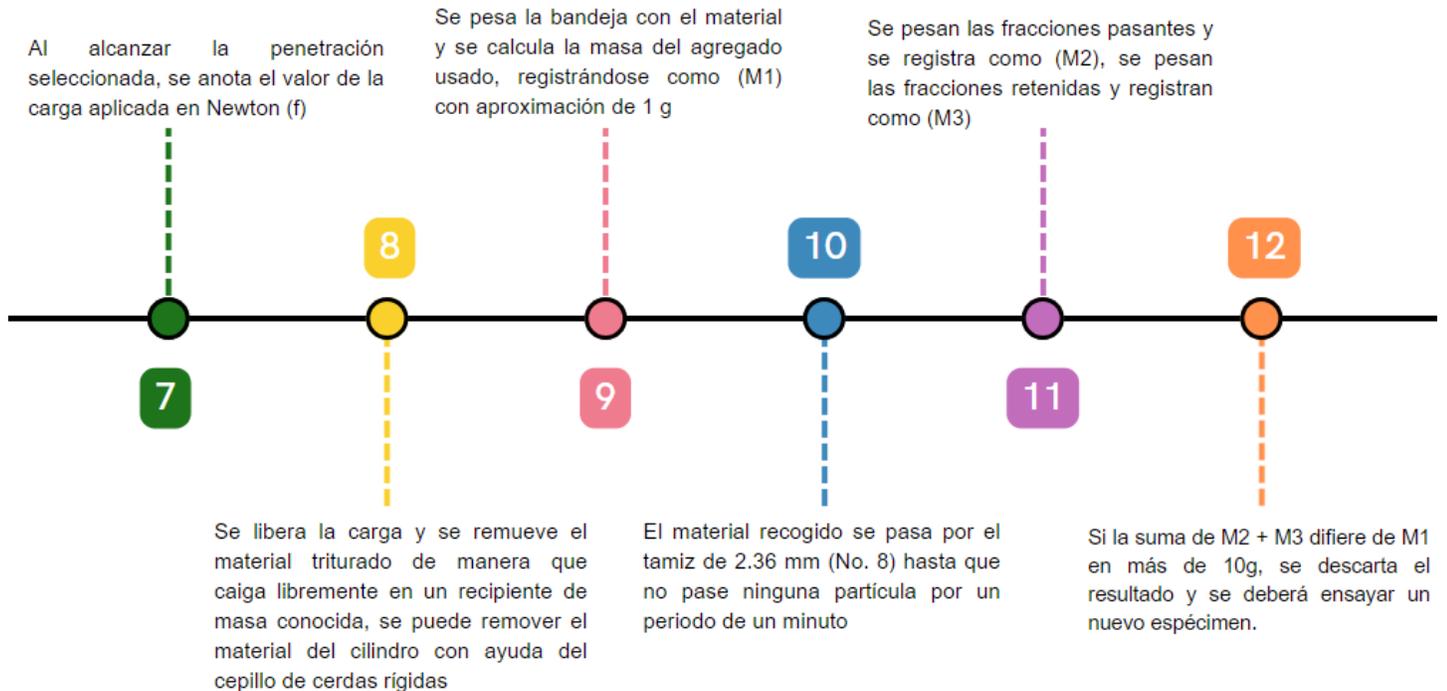
- Finalmente al terminar el periodo de saturación, se retira el agregado de la canasta y con una toalla absorber el agua libre de la superficie de las partículas

*Nota.* La tabla representa los espécimen de ensayo en condición seca y saturada requerida para el ensayo 10% de finos. Tomada de "Determinación del valor de 10% finos E-224-13" por Instituto Nacional de Vías: Normas de Ensayo de Materiales para Carreteras, 2013

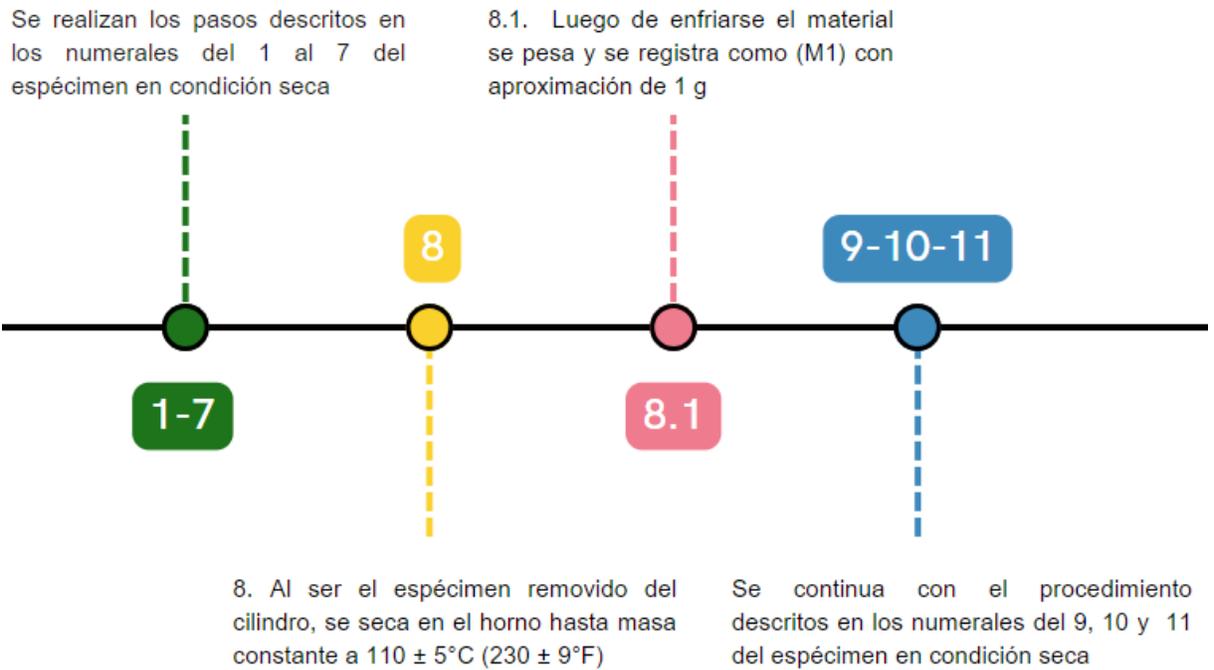
## 7. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

- Procedimiento Espécimen en Condición Seca:





• **Procedimiento Espécimen en Condición Saturada:**



	<b>Formato para Elaborar Guías de Asignaturas Teórico – Prácticas</b>	<b>CÓDIGO:</b>
		<b>VERSIÓN</b>
		<b>FECHA</b>

**Nota 1.** Si la relación M2/M1 en porcentaje no cae entre 7.5% y 12.5% se deberá ensayar un nuevo espécimen ajustando la máxima carga de ensayo

## 8. TOMA DE DATOS

Tabla de captura de datos en Anexo A, al final de la guía.  
Precisión del valor 10% de finos en Anexo B, al final de la guía.

## 9. CÁLCULOS

- A. Se calcula la fuerza  $F$  (en kN), redondeada al entero, requerida para producir 10% de finos en cada espécimen cuyo pasante por el tamiz de 2.36 mm (No. 8) se haya encontrado entre 7.5% y 12.5% con la expresión:

$$F = \frac{14+f}{m+4} * 100$$

**ec. 1**

donde:

$F$ = Máxima fuerza, kN

$N$ = Porcentaje de material que pasa el tamiz de 2.36 mm a la máxima fuerza, ( $m = 100M2/M1$ )

## 10. PREGUNTAS GUÍA PARA EL INFORME TÉCNICO

- ¿Qué valores de tolerancia debe tener la relación entre M2/M1?
- ¿El valor de la carga aplicada al espécimen en qué unidades se registra?
- ¿Que diferencia tiene el procedimiento entre el espécimen en condición seca y saturado?
- ¿Cuál es la importancia de determinar el valor 10% de finos en la Ingeniería Civil?

## 11. BIBLIOGRAFÍA RECOMENDADA

Norma I.N.V. E. 224-13: "Determinación del valor del 10% de finos" INVIAS, Bogotá D.C.2013

	<b>Formato para elaborar Guías de asignaturas teórico – prácticas</b>	CÓDIGO:
		VERSIÓN
		FECHA

### Anexo A

*Tabla de Captura de Datos Determinación del Valor 10% de Finos I.N.V E-224*

<b>Fecha:</b>	<b>Asignatura:</b>	<b>Práctica N°</b>
<b>Nombre de la práctica:</b>		
<b>Docente:</b>	<b>Téc. Laboratorio:</b>	

#### DATOS ESPECIMEN

Velocidad (mm/min)

Penetración (mm)

Masa del agregado usado (M1)

Masa fracciones que pasan tamiz (No. 8) (M2)

Masa fracciones que pasan por el retenidas tamiz (No. 8)  
(M3)

*Nota.* Tabla toma de datos. "Elaboración propia"

	<b>Formato para elaborar Guías de asignaturas teórico – prácticas</b>	CÓDIGO:
		VERSIÓN
		FECHA

## Anexo B

*Precisión del valor 10% de finos*

**Tabla 6.**

*Valores de precisión para la determinación del 10 % de finos usando agregados en condición seca*

Material	Valor promedio del 10% de finos	Repetibilidad	Varianza	Reproducibilidad	Varianza
Caliza arcillosa	118	18	6	40	13
Escoria de alto horno	104	15	5	38	12
Caliza carbonífera	219	13	5	42	14
Rocas ígneas	263	20	7	59	20
Grava mixta	192	16	6	42	13

*Nota.* La tabla representa los valores de precisión para la determinación de 10% de finos en condición seca. Tomada de "Determinación del valor de 10% finos E-224-13" por Instituto Nacional de Vías: Normas de Ensayo de Materiales para Carreteras, 2013

**Tabla 7.**

*Valores de precisión para la determinación del 10 % de finos usando agregados en condición saturada*

Material	Valor promedio del 10% de finos	Repetibilidad	Varianza	Reproducibilidad	Varianza
Caliza arcillosa	39	3	1	21	7
Escoria de alto horno	89	10	3	12	3
Caliza carbonífera	214	13	5	52	18
Rocas ígneas	195	18	6	57	19
Grava mixta	172	10	4	32	11

*Nota.* La tabla representa los valores de precisión para la determinación de 10% de finos en condición saturada. Tomada de "Determinación del valor de 10% finos E-224-13" por Instituto Nacional de Vías: Normas de Ensayo de Materiales para Carreteras, 2013

	<b>Formato para Elaborar Guías de Asignaturas Teórico – Prácticas</b>	<b>CÓDIGO:</b>
		<b>VERSIÓN</b>
		<b>FECHA</b>

<b>PROGRAMA:</b> INGENIERÍA CIVIL		<b>FECHA:</b>	
<b>ASIGNATURA:</b> Materiales de Construcción y Pavimentos	<b>NOMBRE DE LA PRÁCTICA:</b> Determinación del Contenido de Vacíos en Agregados Finos no Compactados (Influenciado por la Forma de las Partículas, la Textura Superficial y la Granulometría)	<b>PRÁCTICA No:</b> <b>DURACIÓN APROX:</b> 2 horas	<b>VERSIÓN:</b>

## 1. INTRODUCCIÓN

Esta guía práctica ofrece una descripción del procedimiento para determinar el contenido de vacíos de los agregados finos no compactados correspondiente a la norma I.N.V. E - 239-13. Se evalúa el contenido de vacíos en relación al tipo de muestra siendo partículas de tamaños menores de 4.75 mm (No. 4)

## 2. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN

Este ensayo se lleva a cabo por el Instituto Nacional de Vías (INVIAS) de Colombia con la norma I.N.V. E-239-13, describiendo las especificaciones técnicas del ensayo de determinación del contenido de vacíos de los agregados finos no compactados. En el campo de la Ingeniería Civil es de gran importancia conocer el contenido de agregados finos no compactados de la porción menor a 4.75 mm (No. 4), es útil para indicar propiedades como la demanda de agua en la mezcla de agregados, factores de fluidez y cohesión en una muestra, su manejabilidad cuando se formulan lechadas o morteros.

## 3. OBJETIVO(S) ESPECÍFICO(S)

Determinar el contenido de vacíos de un material suelo no compacto de una muestra de agregado fino

## 4. MARCO TEÓRICO

- A. Contenido de vacíos en una muestra:** Es una medida que compara la densidad del agregado con la densidad del agua a una temperatura especificada, la gravedad específica del agregado es variable de acuerdo al tipo del agregado utilizado y de su composición.
- B. Densidad relativa (gravedad específica del agregado):** Medida la cual indica el volumen de espacios vacíos o poros presentes en una muestra de suelo, roca u otro material, esto es un factor importante para la Ingeniería Civil ya que afecta varias propiedades y el comportamiento de los agregados como la permeabilidad, compresibilidad y resistencia.
- C. Agregados finos:** Son materiales granulares que están compuestos por partículas pequeñas menores a 4.75 milímetros, pueden ser de diferentes tipos como arena natural, arcilla expandida, polvo de piedra, entre otros. Se utilizan para llenar los espacios entre partículas del agregado grueso mejorando la trabajabilidad y resistencia de un material.

	<b>Formato para Elaborar Guías de Asignaturas Teórico – Prácticas</b>	<b>CÓDIGO:</b>
		<b>VERSIÓN</b>
		<b>FECHA</b>

## 5. RECURSOS UTILIZADOS

- A. Recipiente cilíndrico (Figura 1): Cilindro recto de unos 100 ml de capacidad, diámetro interno de aproximadamente 39 mm y una altura interna de 86 mm, hecho de tubo de agua de cobre tensado en frío. El fondo del recipiente deberá ser de metal, de al menos 6 mm de espesor, sellado con el tubo y disponer de los medios para alinear el eje del cilindro con el eje del embudo.
- B. Embudo (Figura 2): La superficie lateral de un tronco de cono con una pendiente de  $60 \pm 4^\circ$  con respecto a la horizontal, con una abertura de  $12.7 \pm 0.6$  mm de diámetro. Deberá ser una pieza de metal, lisa por dentro, 38 mm de alto, debe tener un volumen no menor de 200 ml o dispones de un complemento de vidrio o de metal para suministrar el volumen requerido
- C. Soporte del embudo (Figura 3): soporte de 3 o 4 patas, capaz de sostener el embudo, la abertura del embudo deberá estar  $115 \pm 2$  mm sobre el borde superior del cilindro
- D. Placa de vidrio: Placa cuadrada de vidrio, medidas de 60 mm por 60 mm, con un espesor mínimo de 4 mm, usada para calibrar el medidor cilíndrico
- E. Bandeja: Bandeja de metal o plástico, debe contener el soporte del embudo y prevenir la pérdida del material.
- F. Espátula de metal: Con una hoja aproximadamente 100 mm de largo y al menos 20 mm de ancho, con bordes rectos.
- G. Balanza:  $\pm 0.1$  g, de exactitud de lectura

**Figura 1.**  
*Recipiente Cilindrico*



*Nota.* La figura representa la imagen del recipiente cilíndrico el cual hace parte del equipo para determinar el contenido de vacíos de los agregados finos no compactados. "Elaboración propia", equipo de laboratorio Facultad de Ingenierías, Universidad la Gran Colombia

**Figura 2.**  
*Embudo*



	<b>Formato para Elaborar Guías de Asignaturas Teórico – Prácticas</b>	<b>CÓDIGO:</b>
		<b>VERSIÓN</b>
		<b>FECHA</b>

*Nota.* La figura representa la imagen del embudo el cual hace parte del equipo para determinar el contenido de vacíos de los agregados finos no compactados. “Elaboración propia”, equipo de laboratorio Facultad de Ingenierías, Universidad la Gran Colombia

**Figura 3.**  
*Soporte del Embudo*



*Nota.* La figura representa la imagen del soporte del embudo el cual hace parte del equipo para determinar el contenido de vacíos de los agregados finos no compactados. “Elaboración propia”, equipo de laboratorio Facultad de Ingenierías, Universidad la Gran Colombia

## 6. MATERIALES

- A. **Método prueba A** - Muestra gradada estándar, se pesan y se combinan las cantidades de agregado fino, secado y tamizado. La tolerancia de está cantidad es de  $\pm 0.2$  g

**Tabla 1.**  
*Relación entre la Fracción de Tamaño Individual y la Masa*

Fracción de tamaño individual	Masa, g
2.36 mm (No.8) a 1.18 mm (No.16)	44
1.18 mm (No.16) a 600 $\mu\text{m}$ (No.30)	57
600 $\mu\text{m}$ (No.30) a 300 $\mu\text{m}$ (No.50)	72
300 $\mu\text{m}$ (No.50) a 150 $\mu\text{m}$ (No.100)	17
<b>Total</b>	<b>190</b>

*Nota.* La tabla representa la relación entre la fracción de tamaño individual y su masa. Tomada de “Determinación del contenido de vacíos en agregados finos no compactados (Influenciado por la forma de las partículas, la textura superficial y la granulometría) E-239-13” por Instituto Nacional de Vías: Normas de Ensayo de Materiales para Carreteras, 2013

- B. **Método de prueba B** - fracciones de tamaño individual, se prepara una muestra separada de agregado fino de 190 g, las porciones no se deben mezclar. Cada tamaño se ensaya por separado.

	<b>Formato para Elaborar Guías de Asignaturas Teórico – Prácticas</b>	<b>CÓDIGO:</b>
		<b>VERSIÓN</b>
		<b>FECHA</b>

**Tabla 2.**

*Relación entre la Fracción de Tamaño Individual y la Masa*

Fracción de tamaño individual	Masa, g
2.36 mm (No.8) a 1.18 mm (No.16)	190
1.18 mm (No.16) a 600 µm (No.30)	190
600 µm (No.30) a 300 µm (No.50)	190

*Nota.* La tabla representa la relación entre la fracción de tamaño individual y su masa. Tomada de “Determinación del contenido de vacíos en agregados finos no compactados (Influenciado por la forma de las partículas, la textura superficial y la granulometría) E-239-13” por Instituto Nacional de Vías: Normas de Ensayo de Materiales para Carreteras, 2013

- C. **Método prueba C** - Gradación como se recibe, se pesa la muestra a través del tamiz de 4.75 mm (No. 4) y se obtiene una porción de  $190 \pm 1$  g del material que pasa dicho tamiz para el ensayo.
- D. **Densidad relativa (gravedad específica del agregado)**. Si la densidad relativa seca del agregado fino de la fuente es desconocida, se determina sobre el material que pasa el tamiz de 4.75 mm (No. 4), de acuerdo con la norma de ensayo I.N.V. E-222.

	<b>Formato para Elaborar Guías de Asignaturas Teórico – Prácticas</b>	<b>CÓDIGO:</b>
		<b>VERSIÓN</b>
		<b>FECHA</b>

## 7. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

- Procedimiento Determinación del Contenido de Vacíos en los Agregados Finos no Compactados



## 8. TOMA DE DATOS

Tabla de captura de datos en Anexo A, al final de la guía.

## 9. CÁLCULOS

- A. Se calcula el volumen del medidor cilíndrico, como sigue:

	<b>Formato para Elaborar Guías de Asignaturas Teórico – Prácticas</b>	<b>CÓDIGO:</b>
		<b>VERSIÓN</b>
		<b>FECHA</b>

**Volumen del medidor cilíndrico:**

$$V = \frac{1000 * M}{D}$$

**ec. 1**

donde:

M= Masa neta del agua, g.  
D= Densidad del agua, kg/m<sup>3</sup>.

**Nota 1:** El volumen se debe determinar al 0.1 ml más cercano

- B. Se calcula el porcentaje de vacíos del agregado fino sin compactar para cada determinación

**Porcentaje de vacíos en el agregado fino sin compactar:**

$$U = \frac{V - (F/G)}{V} * 100$$

**ec. 2**

donde:

V= Volumen del medidor cilíndrico, ml.  
F= Masa neta del agregado fino en el medidor, g (masa bruta menos la masa del recipiente vacío)  
G= Densidad relativa (gravedad específica) del agregado fino

- C. Para la muestra gradada estándar (Método de prueba A), se calcula el promedio de las dos determinaciones de vacíos del agregado sin compactar y se reporta el resultado como U<sub>s</sub>
- D. Para las fracciones de tamaño individual (Método de prueba B), se calcula como sigue

Primero, el promedio de vacíos del agregado fino hecha sobre cada una de las tres muestras o fracciones de tamaño

**El promedio de vacíos del agregado fino sin compactar (U<sub>m</sub>):**

$$U_m = \frac{U_1 + U_2 + U_3}{3}$$

**ec. 3**

donde:

U1= Vacíos del agregado fino sin compactar 2.36 mm (No.8) a 1.18 mm (No.16), %  
U2= Vacíos del agregado fino sin compactar 1.18 mm (No.16) a 600 μm (No.30), %  
U3= Vacíos del agregado fino sin compactar 600 μm (No.30) a 300 μm (No.50), %

	<b>Formato para Elaborar Guías de Asignaturas Teórico – Prácticas</b>	<b>CÓDIGO:</b>
		<b>VERSIÓN</b>
		<b>FECHA</b>

- E. Para la gradación de la muestra tal como se recibe (Método de prueba C), se calcula el promedio de las dos determinaciones de los vacíos del agregado fino sin compactar y se reporta el resultado como  $U_r$

## 10. PREGUNTAS GUÍA PARA EL INFORME TÉCNICO

- A. ¿Qué diferencias tiene el método de prueba A, B y C?
- B. ¿Cuáles son los equipos y herramientas que se utilizan para este ensayo?
- C. ¿Para realizar este ensayo qué precauciones debe tener en cuenta?
- D. ¿Qué cantidad de muestra es necesaria para realizar el ensayo?

## 11. BIBLIOGRAFÍA RECOMENDADA

Norma I.N.V. E. 239-13: "Determinación del contenido de vacíos en agregados finos no compactados (Influenciado por la forma de las partículas, la textura superficial y la granulometría)" INVIAS, Bogotá D.C.2013

	<b>Formato para elaborar Guías de asignaturas teórico – prácticas</b>	CÓDIGO:
		VERSIÓN
		FECHA

### Anexo A

*Tabla de Captura de Datos Determinación del Contenido de Vacíos de los Agregados Finos no Compactados I.N.V E-239-13*

<b>Fecha:</b>	<b>Asignatura:</b>	<b>Práctica N°</b>
<b>Nombre de la práctica:</b>		
<b>Docente:</b>	<b>Téc. Laboratorio:</b>	

#### DATOS ESPECIMEN

Volumen del medidor cilíndrico (ml)

Densidad relativa (gravedad específica)

Masa del recipiente cilíndrico vacío (g)

Masa del recipiente con su contenido (g)

Masa de la muestra menos la masa del recipiente (g)

*Nota.* Tabla toma de datos. "Elaboración propia"

	<b>Formato para Elaborar Guías de Asignaturas Teórico – Prácticas</b>	<b>CÓDIGO:</b>
		<b>VERSIÓN</b>
		<b>FECHA</b>

S

<b>PROGRAMA:</b> INGENIERÍA CIVIL		<b>FECHA:</b>	
<b>ASIGNATURA:</b> Materiales de Construcción y Pavimentos	<b>NOMBRE DE LA PRÁCTICA:</b> Determinación del Porcentaje de Terrones de Arcilla y Partículas Deleznables en los Agregados	<b>PRÁCTICA No:</b> <b>DURACIÓN APROX:</b> 2 horas	<b>VERSIÓN:</b>

## 1. INTRODUCCIÓN

Esta guía práctica ofrece una descripción del procedimiento para determinar el porcentaje de terrones de arcilla y partículas deleznables correspondiente a la norma I.N.V. E-211-13. Se desarrolla en agregados finos y agregados gruesos de acuerdo a una cantidad determinada y a través de un tamizado húmedo determinar el porcentaje de terrones de arcilla y partículas deleznables.

## 2. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN

Este ensayo se lleva a cabo por el Instituto Nacional de Vías (INVIAS) de Colombia con la norma I.N.V. E-211-13, describiendo las especificaciones técnicas para la determinación del porcentaje de terrones de arcilla y partículas deleznables. Este ensayo brinda información acerca de la resistencia, durabilidad, trabajabilidad y consistencia de los agregados, para la Ingeniería Civil es importante que el porcentaje de terrones de arcilla y partículas deleznables sea bajo en las capas de rodadura de un pavimento, ya que el ensayo determina el impacto en las propiedades del concreto o asfalto y una excesiva presencia de terrones de arcilla y partículas deleznables indica factores negativos en la construcción evidenciando la segregación del concreto y aparición de fisuras. Finalmente, el ensayo aprueba el uso de agregados destinados a la elaboración de concretos hidráulicos

## 3. OBJETIVO(S) ESPECÍFICO(S)

Determinar el porcentaje de terrones de arcilla y partículas deleznables por medio de un tamizado en húmedo.

## 4. MARCO TEÓRICO

- A. Terrones de arcilla:** Pequeñas masas o agregados sólidos de arcilla que pueden formarse naturalmente, la arcilla es un tipo de suelo compuesto por minerales de silicato y aluminio en forma de partículas muy finas. La arcilla al estar húmeda se encuentra dispersa y puede fluir libremente.
- B. Partículas deleznables:** Partículas extremadamente pequeñas que se pueden desintegrar, deshacer o disolver. Ser deleznable significa reducir las partículas muy pequeñas o polvo.
- C. Agregados gruesos:** Son materiales granulares inertes como la arena, piedra triturada y grava; se utilizan para la fabricación de mezclas asfálticas, hormigón y otros materiales de construcción; estos materiales se clasifican en dos categorías principales como lo son los agregados gruesos que tienen un tamaño de partícula mayor de 4,75 mm a diferencia de los agregados finos tiene un tamaño de partícula menor a 4,75 mm

	<b>Formato para Elaborar Guías de Asignaturas Teórico – Prácticas</b>	<b>CÓDIGO:</b>
		<b>VERSIÓN</b>
		<b>FECHA</b>

- D. **Agregados finos:** Son materiales granulares que están compuestos por partículas pequeñas menores a 5 milímetros, pueden ser de diferentes tipos como arena natural, arcilla expandida, polvo de piedra, entre otros. Se utilizan para llenar los espacios entre partículas del agregado grueso mejorando la trabajabilidad y resistencia de un material

## 5. RECURSOS UTILIZADOS

- A. Balanza: Aproximación de lectura del 0.1% de la masa de cualquier porción de la muestra de ensayo
- B. Recipientes: Resistentes a la oxidación, de tamaño y forma que permitan que la muestra se extienda en su fondo.
- C. Horno: Permite libre circulación de aire y que puedan mantener una temperatura de  $110 \pm 5$  °C ( $390 \pm 9$  °F)
- D. Tamices de las siguientes aberturas:

**Tabla 1.**  
*Abertura de Tamices*

Tamiz	Abertura (mm)
(1 ½")	37.5
(¾")	19.0
(⅜")	9.5
(No. 4)	4.75
(No. 16)	1.18
(No. 200)	0.075

*Nota.* La tabla representa la abertura de los tamices. Tomada de "Determinación de terrones de arcilla delezables en los agregados E-211-13" por Instituto Nacional de Vías: Normas de Ensayo de Materiales para Carreteras, 2013

## 6. MATERIALES

### Preparación de la muestra:

- a. 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 I.N.V E-214.
- b. El agregado se deberá secar hasta obtener una masa constante, a una temperatura de  $110 \pm 5$  °C ( $230 \pm 9$  °F)
- c. La muestra de agregado fino debe consistir en partículas más gruesas que el tamiz 1.18 mm (No. 16) y su masa no deberá ser menor de 25 g
- d. Las muestras de agregado grueso para ensayo se deberán separar en diferentes tamaños, empleando los siguientes tamices:

	<b>Formato para Elaborar Guías de Asignaturas Teórico – Prácticas</b>	<b>CÓDIGO:</b>
		<b>VERSIÓN</b>
		<b>FECHA</b>

**Tabla 2.**  
*Relación entre el Tamaño de las Partículas entre Tamices y Masa Mínima de la Muestra de Ensayo*

Tamaño de las Partículas entre los Tamices de	Masa Mínima de la Muestra de Ensayo, g
4.75 - 9.5 mm (No. 4 - $\frac{3}{8}$ " )	1000
9.5 - 19.0 mm ( $\frac{3}{8}$ " - $\frac{3}{4}$ " )	2000
19.0 - 37.5 mm ( $\frac{3}{4}$ " - 1 $\frac{1}{2}$ " )	3000
Mayores de 37.5 mm ( 1 $\frac{1}{2}$ " )	5000

*Nota.* La tabla representa la relación entre el tamaño de las partículas entre tamices y la masa mínima de la muestra de ensayo. Tomada de "Determinación de terrones de arcilla deleznales en los agregados E-211-13" por Instituto Nacional de Vías: Normas de Ensayo de Materiales para Carreteras, 2013

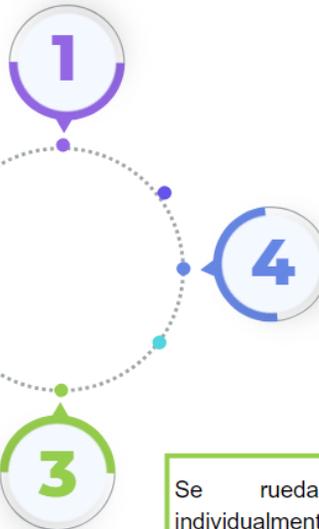
## 7. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

- Procedimiento Determinación del % de Terrones de Arcilla y Partículas Deleznales

Se coloca cada fracción retenida de manera individual en recipientes individuales, cubriéndolos con agua destilada y dejándolo en remojo durante  $24 \pm 4$  horas



Se determina la masa de cada fracción de la muestra en la balanza de acuerdo a la tabla 2



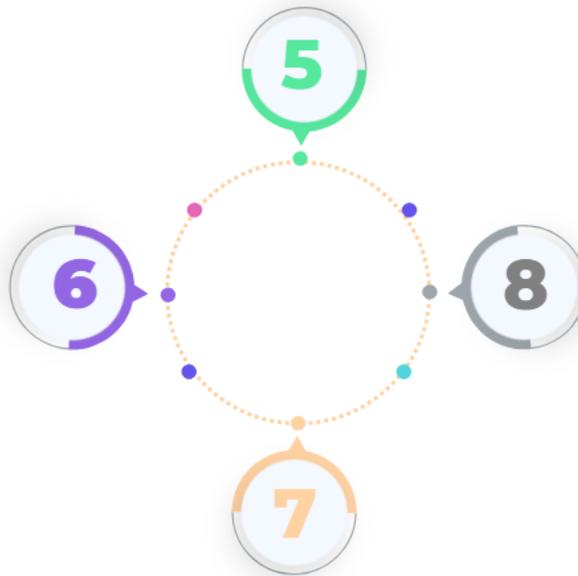
No debe emplear las uñas para romper las partículas, ni presionarlas una contra otra o contra una superficie dura.

Se ruedan y aprietan individualmente las partículas de cada fracción, entre el pulgar y el índice, tratar de romperlas en tamaños más pequeños

	<b>Formato para Elaborar Guías de Asignaturas Teórico – Prácticas</b>	<b>CÓDIGO:</b>
		<b>VERSIÓN</b>
		<b>FECHA</b>

Las partículas que se puedan romper con los dedos convirtiéndolas en finos removibles mediante tamizado en húmedo, se clasificaron como terrones de arcilla o partículas deleznales.

Después de fragmentar todas las partículas identificables como terrones de arcilla y partículas deleznales, se separan los detritos de la parte restante mediante tamizado en húmedo



Finalmente, se remueven cuidadosamente las partículas retenidas de cada fracción, se secan hasta masa constante a una temperatura de  $110 \pm 5$  °C ( $230 \pm 9$ °F), se dejan enfriar y se determina la masa de cada fracción.

Se efectúa el tamizado en húmedo haciendo circular el agua sobre la muestra a través del tamiz, se remueve todo el material más pequeño

Usando el tamiz que indica el siguiente cuadro

Intervalos de tamaños de las partículas que forman la muestra	Tamaño del tamiz para remover el residuo de terrones de arcilla y partículas deleznales
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 (N.8 )
9.5 - 19.0 mm (3/8" - 3/4")	4.75 mm (No. 4)
19.0 - 37.5 mm (3/4" - 1 1/2")	4.75 mm (No. 4)
Mayor de 37.5 mm (1 1/2")	4.75 mm (No. 4)

## 8. TOMA DE DATOS

Tabla de captura de datos en Anexo A, al final de la guía.

	<b>Formato para Elaborar Guías de Asignaturas Teórico – Prácticas</b>	<b>CÓDIGO:</b>
		<b>VERSIÓN</b>
		<b>FECHA</b>

## 9. CÁLCULOS

- A. Se calcula el porcentaje de terrones de arcilla y partículas deleznales en los agregados finos o en los tamaños individuales de los agregados gruesos, de la siguiente manera

### Porcentaje de terrones de arcilla y partículas deleznales

$$P = \frac{M-R}{M} * 100$$

ec. 1

donde:

M= Masa de la muestra de ensayo.

R= Masa de las partículas retenidas sobre el tamiz designado para remover el residuo.

**Nota 1:** Para los agregados finos, corresponde a la masa de la porción más gruesa que el tamiz de 1.18 mm (No. 16)

**Nota 2:** Para los agregados gruesos, deberá ser un promedio basado en el porcentaje de terrones de arcilla y de partículas deleznales en cada fracción.

## 10. PREGUNTAS GUÍA PARA EL INFORME TÉCNICO

- ¿Qué tamices se utilizan para realizar el ensayo?
- ¿Cuánto tiempo se debe dejar cada fracción de la muestra en agua destilada?
- ¿A qué temperatura constante se debe secar la muestra una vez ensayada?
- ¿Qué cantidad mínima de agregado fino se necesita para realizar el ensayo ?

## 11. BIBLIOGRAFÍA RECOMENDADA

Norma I.N.V. E. 211-13: "Determinación de terrones de arcilla y partículas deleznales en los agregados"  
INVIAS, Bogotá D.C.2013

	<b>Formato para elaborar Guías de asignaturas teórico – prácticas</b>	CÓDIGO:
		VERSIÓN
		FECHA

### Anexo A

*Tabla de Captura de Datos Determinación del % de Terrones de Arcilla y Partículas Deleznables I.N.V. E. 211-13*

<b>Fecha:</b>	<b>Asignatura:</b>	<b>Práctica N°</b>
<b>Nombre de la práctica:</b>		
<b>Docente:</b>	<b>Téc. Laboratorio:</b>	

Pasa tamiz	Retiene tamiz	Masa de la muestra de ensayo (M)	Masa después del ensayo (R)
(1 1/2")	(3/4")		
(3/4")	(3/8")		
(3/8")	(No. 4)		
(No. 4)	(No. 16)		

*Nota.* Tabla toma de datos. "Elaboración propia"

	<b>Formato para Elaborar Guías de Asignaturas Teórico – Prácticas</b>	<b>CÓDIGO:</b>
		<b>VERSIÓN</b>
		<b>FECHA</b>

<b>PROGRAMA:</b> INGENIERÍA CIVIL		<b>FECHA:</b>	
<b>ASIGNATURA:</b> Materiales de Construcción y Pavimentos	<b>NOMBRE DE LA PRÁCTICA:</b> Punto de Ablandamiento de Materiales Bituminosos (Aparato de Anillo y Bola)	<b>PRÁCTICA No:</b> <b>DURACIÓN APROX:</b> 2 horas	<b>VERSIÓN:</b>

## 1. INTRODUCCIÓN

Esta guía práctica ofrece una descripción del procedimiento para determinar el punto de ablandamiento (Anillo y Bola) correspondiente a la norma I.N.V. E-712-13. Se realiza en materiales bituminosos con el fin de determinar el punto de ablandamiento en el que el ligante se ablanda más allá de un límite establecido, por medio del aparato de anillo y bola.

## 2. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN

Este ensayo se lleva a cabo por el Instituto Nacional de Vías (INVIAS) de Colombia con la norma I.N.V. E-712-13, describiendo las especificaciones técnicas del ensayo punto de ablandamiento (Anillo y Bola). Este ensayo permite caracterizar las propiedades de los materiales bituminosos y evaluar la capacidad del asfalto para resistir deformaciones plásticas y fluir bajo cargas y temperaturas elevadas. Esto es de suma importancia para asegurar que las vías de pavimento flexible sean duraderas y resistentes a condiciones climáticas y de tráfico.

## 3. OBJETIVO(S) ESPECÍFICO(S)

Determinar el punto de ablandamiento de productos bituminosos por medio del aparato de anillo y bola sumergido a una temperatura inicial con el fin de obtener el valor medio de las dos determinaciones realizadas cuando toque el fondo de la placa de referencia

## 4. MARCO TEÓRICO

- A. Productos bituminosos:** Son aquellos relacionados con el bitumen, siendo un material viscoso y pegajoso que se encuentra de manera natural en depósitos subterráneos y se obtiene del petróleo crudo durante un proceso de refinamiento. Si, el asfalto es uno de los productos bituminosos más comunes y ampliamente utilizado, se utiliza en la construcción de carreteras y al mezclarlo con agregados pétreos se crean mezclas asfálticas que son resistentes y duraderas; las emulsiones asfálticas siendo una mezcla de agua y asfalto en forma de pequeñas gotas dispersas en la emulsión y se utilizan para aplicación en sellado para el pavimento
- B. Aparato anillo y bola (Figura 1):** Dispositivo utilizado para determinar la fluidez y la plasticidad de los materiales bituminosos a altas temperaturas
- C. Glicerina USP:** Glicerina que cumple con los estándares establecidos para su uso, la USP es una referencia oficial de normas para medicamentos como guía para la calidad, pureza y seguridad de los

	<b>Formato para Elaborar Guías de Asignaturas Teórico – Prácticas</b>	<b>CÓDIGO:</b>
		<b>VERSIÓN</b>
		<b>FECHA</b>

productos. La glicerina es un compuesto orgánico que es incoloro, se utiliza en contextos donde la pureza y las propiedades de la glicerina son esenciales para un rendimiento adecuado y seguro para un ensayo de laboratorio

- D. Punto de ablandamiento:** Temperatura a la cual un material bituminoso, comienza a ablandar bajo la influencia del calor, mostrando así cierta cantidad de fluidez y plasticidad debido a un aumento de temperatura.

## 5. RECURSOS UTILIZADOS

- A. Anillos (Figura 2): De latón de bordes cuadrados
- B. Placa de base: Plana, hecha de material no absorbente, con espesor suficiente para prevenir la deformación y el tamaño adecuado [50x75 mm (2x3")]
- C. Bolas (Figura 3): Dos esferas de acero de 9.5 mm de diámetro (3/8"), de cada una de ellas con una masa de  $3.5 \pm 0.05$  g
- D. Guías para el centrado de las bolas (Figura 4): Dos guías de latón para centrar las bolas
- E. Baño (Figura 5): Vaso de vidrio que se pueda calentar, con un diámetro interno no menor de 85 mm y una altura no inferior a 120mm
- F. Soporte de los anillos y montaje (Figura 6): Un soporte de latón, diseñado para sostener los dos anillos en posición horizontal
- G. Termómetros: Dos termómetros para punto de ablandamiento, a baja y alta temperatura

**Tabla 1.**  
*Referencia ASTM Termómetros*

Referencia ASTM	Escala (°C)	Graduaciones (°C)	Longitud total (mm)	Error máximo (°C)
15 C	-2 a 80	0.2	397	0.2
16 C	30 a 200	0.5	397	0.3

*Nota.* La tabla representa las referencias ASTM para termómetros. Tomada de "Punto de ablandamiento de materiales bituminosos (aparato de anillo y bola) E-712-13" por Instituto Nacional de Vías: Normas de Ensayo de Materiales para Carreteras, 2013

**Figura 1.**  
*Aparato de anillo y bola*



*Nota.* La figura representa la imagen del equipo de Punto de Ablandamiento (Anillo y Bola).

	<b>Formato para Elaborar Guías de Asignaturas Teórico – Prácticas</b>	<b>CÓDIGO:</b>
		<b>VERSIÓN</b>
		<b>FECHA</b>

“Elaboración propia”, equipo de laboratorio Facultad de Ingenierías, Universidad la Gran Colombia

**Figura 2.**  
*Anillos de latón*



*Nota.* La figura representa la imagen de los anillos de latón los cuales hacen parte del equipo punto de ablandamiento. “Elaboración propia”, equipo de laboratorio Facultad de Ingenierías, Universidad la Gran Colombia

**Figura 3.**  
*Esferas de acero*



*Nota.* La figura representa la imagen de las esferas de acero las cuales hacen parte del equipo punto de ablandamiento. “Elaboración propia”, equipo de laboratorio Facultad de Ingenierías, Universidad la Gran Colombia

**Figura 4.**  
*Guías para el centrado de las esferas*



*Nota.* La figura representa la imagen de las guías para el centrado de las esferas las cuales hacen parte del equipo punto de ablandamiento. “Elaboración propia”, equipo de laboratorio Facultad de Ingenierías, Universidad la Gran Colombia

	<b>Formato para Elaborar Guías de Asignaturas Teórico – Prácticas</b>	<b>CÓDIGO:</b>
		<b>VERSIÓN</b>
		<b>FECHA</b>

**Figura 5.**  
*Baño (Vaso de vidrio)*



*Nota.* La figura representa la imagen de baño (vaso de vidrio) el cual hace parte del equipo punto de ablandamiento. "Elaboración propia", equipo de laboratorio Facultad de Ingenierías, Universidad la Gran Colombia

**Figura 6.**  
*Soporte de anillos y montaje*



*Nota.* La figura representa la imagen del soporte de anillos y montaje el cual hace parte del equipo punto de ablandamiento. "Elaboración propia", equipo de laboratorio Facultad de Ingenierías, Universidad la Gran Colombia

## 6. MATERIALES

### A. Líquido para el baño:

- a. Agua destilada recién hervida: Para evitar la formación de burbujas sobre la superficie del espécimen, las cuales pueden afectar los resultados del ensayo
- b. Glicerina USP: Precaución su punto de inflamación es de 160° C (320° F)
- c. Productos antiadherentes: Grasa, aceite de silicona, dextrina, con el fin de evitar que el producto bituminoso se adhiera a ella cuando se llenan los anillos con el material bituminoso

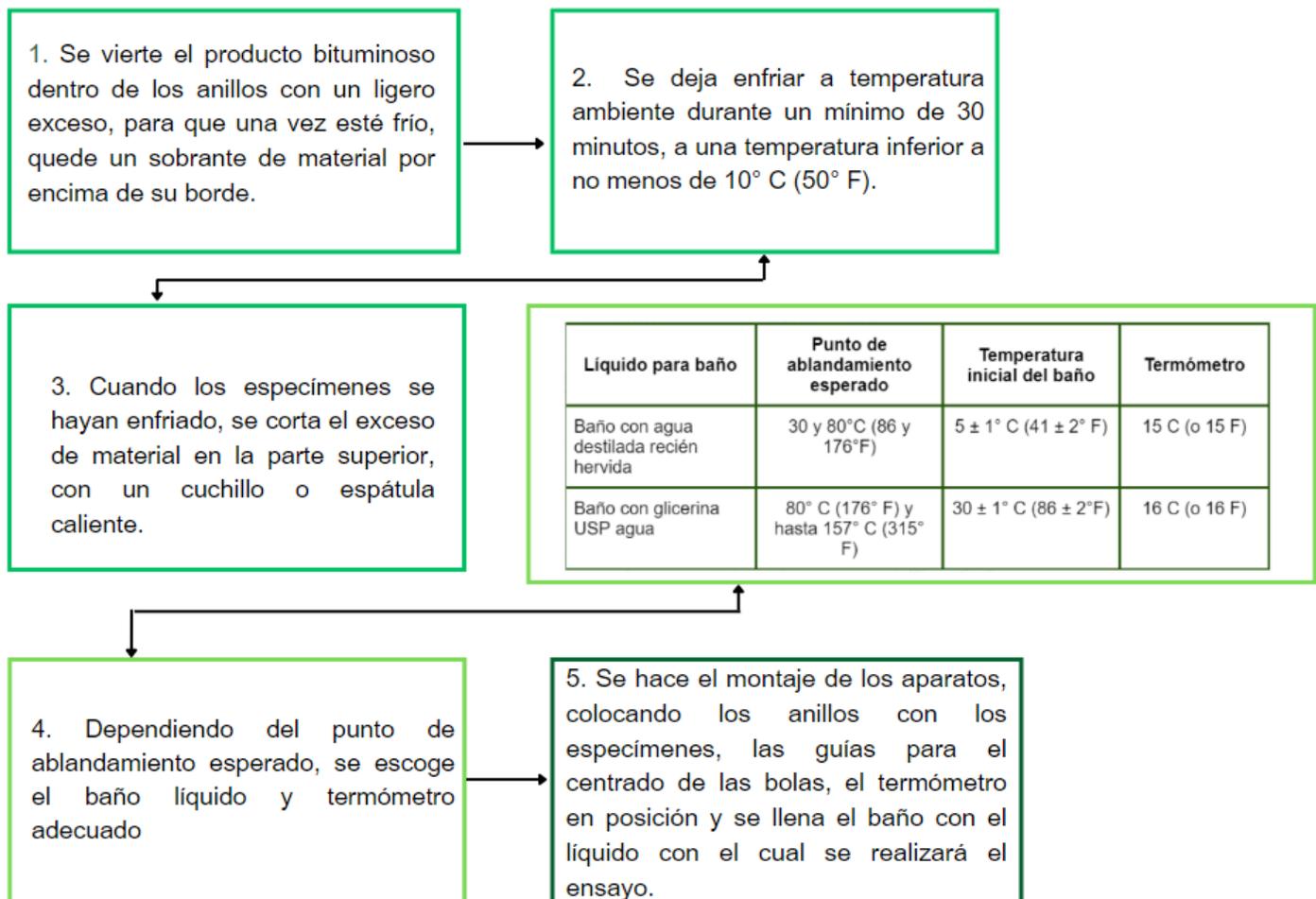
	<b>Formato para Elaborar Guías de Asignaturas Teórico – Prácticas</b>	<b>CÓDIGO:</b>
		<b>VERSIÓN</b>
		<b>FECHA</b>

**B. Muestra de laboratorio:**

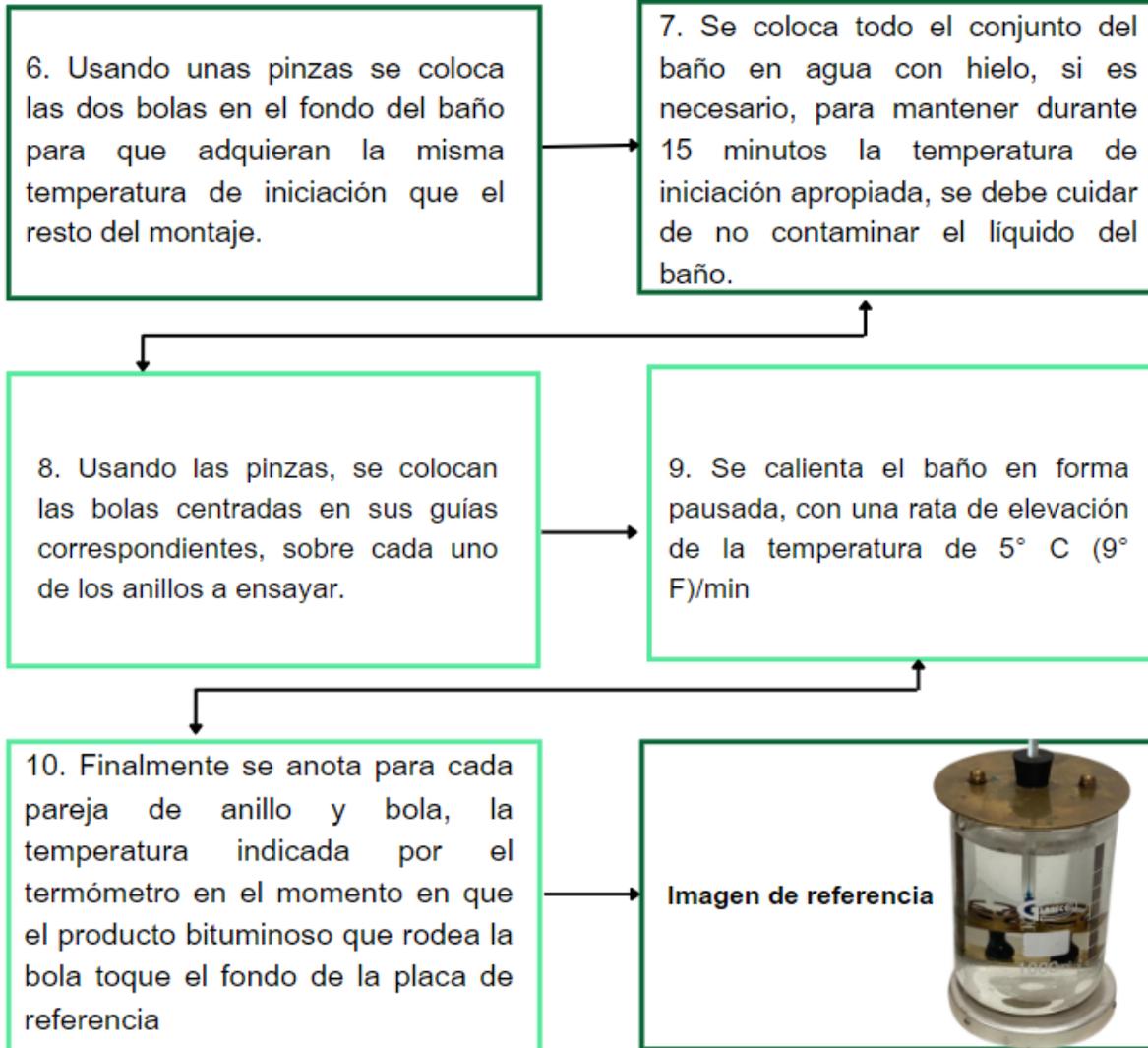
- a. Se debe calentar la muestra de material bituminoso, agitando frecuentemente para evitar sobrecalentamientos localizados, hasta asegurar que esté fluida para poder verter.
- b. El calentamiento de la muestra no debe tomar más de 2 horas y no debe superar una temperatura de 110 °C (200 F°) por encima del punto de ablandamiento esperado
- c. Se calientan los dos anillos de latón sin la placa base

**7. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL**

- Procedimiento punto de ablandamiento



	<b>Formato para Elaborar Guías de Asignaturas Teórico – Prácticas</b>	CÓDIGO:
		VERSIÓN
		FECHA



	<b>Formato para Elaborar Guías de Asignaturas Teórico – Prácticas</b>	<b>CÓDIGO:</b>
		<b>VERSIÓN</b>
		<b>FECHA</b>

## 8. TOMA DE DATOS

Tabla de captura de datos en Anexo A, al final de la guía.

## 9. CÁLCULOS

A. Se calcula el punto de ablandamiento en materiales bituminosos:

### Punto de ablandamiento:

El punto de ablandamiento por el método de anillo y bola se expresa como el valor de la temperatura en la cual el asfalto tiene contacto con la placa de metal y siendo el promedio de las dos determinaciones realizadas.

**Nota 1.** Bajo cualquier circunstancia, si el valor medio de las dos temperaturas determinadas en agua es de 85°C (185.0° F) o mayor, se deberá repetir el ensayo utilizando el baño de glicerina

**Nota 2.** Bajo cualquier circunstancia, si el valor medio de las dos temperaturas determinadas en glicerina es de 80°C (176 ° F) o menor, se deberá repetir el ensayo utilizando el baño de agua

## 10. PREGUNTAS GUÍA PARA EL INFORME TÉCNICO

- A. ¿Qué temperatura inicial debe tener el baño con Glicerina USP o agua?
- B. ¿Qué significa punto de ablandamiento en materiales bituminosos?
- C. ¿Cómo se calcula el punto de ablandamiento?
- D. ¿A qué temperatura se calienta el baño de forma pausada?

## 11. BIBLIOGRAFÍA RECOMENDADA

Norma I.N.V. E. 712-13: "Punto de ablandamiento de materiales bituminosos (aparato de anillo y bola)" INVIAS, Bogotá D.C.2013

	<b>Formato para elaborar Guías de asignaturas teórico – prácticas</b>	CÓDIGO:
		VERSIÓN
		FECHA

### Anexo A

*Tabla de Captura de Datos Punto de Ablandamiento (Anillo y Bola) I.N.V. E-712*

<b>Fecha:</b>	<b>Asignatura:</b>	<b>Práctica N°</b>
<b>Nombre de la práctica:</b>		
<b>Docente:</b>		<b>Téc. Laboratorio:</b>

#### DATOS ESPECIMEN

Baño con glicerina USP   
 Baño con agua destilada recién hervida   
 Baño con agua

Temperatura inicial del baño

Temperatura final especimen 1

Temperatura final especimen 2

Valor medio de las dos determinaciones realizadas

*Nota.* Tabla toma de datos. "Elaboración propia"

	<b>Formato para Elaborar Guías de Asignaturas Teórico – Prácticas</b>	<b>CÓDIGO:</b>
		<b>VERSIÓN</b>
		<b>FECHA</b>

<b>PROGRAMA:</b> INGENIERÍA CIVIL		<b>FECHA:</b>	
<b>ASIGNATURA:</b> Materiales de Construcción y Pavimentos	<b>NOMBRE DE LA PRÁCTICA:</b> Penetración de los Materiales Bituminosos	<b>PRÁCTICA No:</b> <b>DURACIÓN APROX:</b> 2 horas	<b>VERSIÓN:</b>

## 1. INTRODUCCIÓN

Esta guía práctica ofrece una descripción del procedimiento para determinar la penetración de los materiales bituminosos correspondiente a la norma I.N.V. E-706-13. Se realiza de tal manera que el penetrometro tenga una temperatura, carga y tiempo específico para realizar el ensayo a una muestra la cual tuvo un proceso de acondicionamiento

## 2. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN

Este ensayo se lleva a cabo por el Instituto Nacional de Vías (INVIAS) de Colombia con la norma I.N.V. E-706-13, describiendo las especificaciones técnicas del ensayo penetración en materiales bituminosos. Este ensayo determina la dureza de los materiales asfálticos sólidos y semisólidos a través del ensayo de penetración, en la Ingeniería Civil indica la consistencia de los materiales bituminosos, si en la prueba se obtiene valores de penetración altos significan consistencias más blandas, mientras que si obtienen bajos valores de penetración indica consistencias más duras. Finalmente ayuda a establecer su idoneidad para aplicaciones como carreteras, revestimientos, selladores y demás.

## 3. OBJETIVO(S) ESPECÍFICO(S)

Determinar la consistencia de los materiales bituminosos sólidos o semisólidos por medio de un penetrómetro y condiciones de ensayo específicas.

## 4. MARCO TEÓRICO

- A. Productos bituminosos:** Son aquellos relacionados con el bitumen, siendo un material viscoso y pegajoso que se encuentra de manera natural en depósitos subterráneos y se obtiene del petróleo crudo durante un proceso de refinamiento. Si, el asfalto es uno de los productos bituminosos más comunes y ampliamente utilizado, se utiliza en la construcción de carreteras y al mezclarlo con agregados pétreos se crean mezclas asfálticas que son resistentes y duraderas; las emulsiones asfálticas siendo una mezcla de agua y asfalto en forma de pequeñas gotas dispersas en la emulsión y se utilizan para aplicación en sellado para el pavimento.
- B. Penetrómetro:** Dispositivo utilizado para medir la penetración, se utiliza en la Ingeniería Civil, geología y estudio de suelos. Mide la profundidad a la que una aguja penetra una muestra.

	<b>Formato para Elaborar Guías de Asignaturas Teórico – Prácticas</b>	<b>CÓDIGO:</b>
		<b>VERSIÓN</b>
		<b>FECHA</b>

**C. Penetración:** Hace referencia a una propiedad física para caracterizar la consistencia y dureza de los materiales bituminosos, se expresa por medio de la distancia, en décimas de milímetro hasta que penetre verticalmente una aguja bajo condiciones específicas.

## 5. RECURSOS UTILIZADOS

- A. Penetrómetro (Figura 1): Está constituido por un mecanismo que permite el movimiento vertical sin rozamiento apreciable de un vástago o soporte móvil al cual se pueda fijar firmemente por su parte interior, la aguja de penetración. Su masa total es de  $50.0 \pm 0.05$  g y se deberá disponer de pesas individuales suplementarias de  $50.0 \pm 0.05$  g y  $1000.0 \pm 0.05$  g para obtener otras cargas totales de 100 y 200g. El dispositivo indicador de la penetración de la aguja dentro de la muestra deberá permitir una lectura con aproximación a 0.1 mm
- B. Aguja de penetración: Debe ser de acero inoxidable endurecido y templado, su longitud estándar es de 50 mm (2"), el diámetro debe estar entre 1.00 y 1.02 mm (0,039 a 0.040")
- C. Recipiente para la muestra (Figura 2): Los recipientes para las muestras serán de metal o vidrio, de forma cilíndrica, fondo plano y con las siguientes dimensiones

**Tabla 1.**  
*Medidas del Recipiente de Muestra*

Penetración del producto bituminosos (0.1 mm)	Diámetro (mm)	Altura interior (mm)
Menor de 40	33 - 50	8 - 16
Menor de 200	55	35
Entre 200 y 350	55 - 75	45 - 70
Entre 350 y 500	55	70

*Nota.* La tabla representa las medidas del recipiente de muestra. Tomada de "Penetración de los Materiales Bituminosos E-706-13" por Instituto Nacional de Vías: Normas de Ensayo de Materiales para Carreteras, 2013

- D. Baño de agua: Capacidad mínima de 10 litros y capaz de mantener una temperatura de  $25 \pm 0.1^{\circ}\text{C}$  ( $77 \pm 0.2^{\circ}\text{F}$ )
- E. Dispositivo para medir el tiempo: El tiempo del ensayo se deberá medir mediante un reloj eléctrico u cronómetro.

**Figura 1.**  
*Penetrómetro*



	<b>Formato para Elaborar Guías de Asignaturas Teórico – Prácticas</b>	<b>CÓDIGO:</b>
		<b>VERSIÓN</b>
		<b>FECHA</b>

*Nota.* La figura representa la imagen del equipo Penetrómetro.  
"Elaboración propia", equipo de laboratorio Facultad de Ingenierías, Universidad la Gran Colombia

**Figura 2.**  
*Recipiente para la muestra*



*Nota.* La figura representa la imagen del recipiente para la muestra el cual hace parte del equipo de Penetración.  
"Elaboración propia", equipo de laboratorio Facultad de Ingenierías, Universidad la Gran Colombia

## 6. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

- Procedimiento Penetración en Materiales Bituminosos

### Previo al Ensayo

<b>01</b>	<b>02</b>
<p>Se debe calentar la muestra de asfalto agitándose para evitar sobre calentamientos con el fin de que la muestra esté fluida y garantice homogeneidad. El tiempo no debe exceder los 30 min y la temperatura no debe ser mayor a 90°C</p>	<p>Se vierte la muestra dentro del recipiente hasta una altura tal, que cuando se enfríe a la temperatura de ensayo, el espesor de la muestra sea al menos, 120% la profundidad hasta la cual se espera que penetre la aguja</p>
<b>03</b>	<b>04</b>
<p>Se deja enfriar la muestra a una temperatura entre 15°C y 30°C por un periodo de 45 a 90 min, se protege la muestra con otro recipiente</p>	<p>Procedente a esto, se colocan las muestras junto con un recipiente de transferencia si se utiliza en un baño de agua para ser acondicionadas entre 45 y 90 min</p>

	<b>Formato para Elaborar Guías de Asignaturas Teórico – Prácticas</b>	<b>CÓDIGO:</b>
		<b>VERSIÓN</b>
		<b>FECHA</b>

## Durante el Ensayo

**05**

Las condiciones normalizadas del ensayo son de 25°C (77° F) de temperatura, 100 g de carga y 5 segundos de tiempo. Verificar que el vástago soporte la aguja, se encuentre limpio y seco, se deslice en forma suave y sin rozamiento sobre su guía

**06**

Se coloca el peso suplementario de 50 g sobre el vástago, para obtener masa móvil de  $100 \pm 0,1$  g.

**07**

Se coloca el recipiente con la muestra dentro del recipiente de referencia, de tal manera que quede cubierto completamente con agua a la temperatura de ensayo, luego se ubica el recipiente de transferencia sobre la base del penetrómetro

**08**

Se verifica que el penetrómetro esté nivelado, el lector digital o la aguja se encuentren en 0.

**09**

Se aproxima la aguja hasta que toque su imagen reflejada

**10**

Se suelta el mecanismo que libera la aguja durante el tiempo especificado

**11**

Finalmente, se lee y anota la distancia expresada en décimas de milímetro, que haya penetrado.  
**Nota.** Si el recipiente con la muestra se mueve durante la penetración, se anula el resultado.

**12**

Se debe realizar al menos tres penetraciones en cada recipiente, sobre diferentes puntos de la superficie separados, como mínimo 10 mm (3/8") entre sí y de las paredes del recipiente.

	<b>Formato para Elaborar Guías de Asignaturas Teórico – Prácticas</b>	<b>CÓDIGO:</b>
		<b>VERSIÓN</b>
		<b>FECHA</b>

## Consideraciones del Ensayo

13
Después de cada penetración, se desmonta y se saca la aguja y se limpia cuidadosamente con un trapo limpio y seco.

14
Se suelta el mecanismo que libera la aguja durante el tiempo especificado

### 7. TOMA DE DATOS

Tabla de captura de datos en Anexo A, al final de la guía.

### 8. CÁLCULOS

A. Se calcula la penetración en materiales bituminosos:

#### Penetración en Materiales Bituminosos:

El resultado del ensayo será el promedio de tres penetraciones cuyos valores no difieran más de las siguientes cantidades

**Tabla 2.**

*Diferencia Máxima entre los Valores Extremos de Acuerdo a la Penetración*

Penetración (0.1 mm)	0 a 49	50 a 149	50 a 149	250 y 500
Diferencia máxima entre valores extremos	2	4	12	20

*Nota.* La tabla representa los valores de la diferencia máxima entre los valores extremos de acuerdo a la penetración. Tomada de “Penetración de los Materiales Bituminosos E-706-13” por Instituto Nacional de Vías: Normas de Ensayo de Materiales para Carreteras, 2013

**Nota 1.** Si se excede la tolerancia se anulan los resultados obtenidos y se procederá a la realización de un nuevo ensayo

### 9. PREGUNTAS GUÍA PARA EL INFORME TÉCNICO

A. ¿Que indica una alta penetración en materiales bituminosos?

	<b>Formato para Elaborar Guías de Asignaturas Teórico – Prácticas</b>	<b>CÓDIGO:</b>
		<b>VERSIÓN</b>
		<b>FECHA</b>

- B. ¿A qué estado de la muestra de asfalto previa al ensayo se debe calentar?
- C. ¿Cuál es la temperatura, carga y tiempo normalizados en el ensayo?
- D. ¿Qué peso suplementario se coloca en el vástago para obtener la masa móvil?

## 10. BIBLIOGRAFÍA RECOMENDADA

Norma I.N.V. E. 706-13: "Penetración de los Materiales Bituminosos" INVIAS, Bogotá D.C.2013

	<b>Formato para elaborar Guías de asignaturas teórico – prácticas</b>	CÓDIGO:
		VERSIÓN
		FECHA

### Anexo A

*Tabla de Captura de Datos Penetración en Materiales Bituminosos I.N.V. E-706*

<b>Fecha:</b>	<b>Asignatura:</b>	<b>Práctica N°</b>
<b>Nombre de la práctica:</b>		
<b>Docente:</b>	<b>Téc. Laboratorio:</b>	

#### DATOS ESPECIMEN

Penetración 1 (mm)

Penetración 2 (mm)

Penetración 3 (mm)

*Nota.* Tabla toma de datos. "Elaboración propia"

	<b>Formato para Elaborar Guías de Asignaturas Teórico – Prácticas</b>	<b>CÓDIGO:</b>
		<b>VERSIÓN</b>
		<b>FECHA</b>

<b>PROGRAMA:</b> INGENIERÍA CIVIL		<b>FECHA:</b>	
<b>ASIGNATURA:</b> Materiales de Construcción y Pavimentos	<b>NOMBRE DE LA PRÁCTICA:</b> Ductilidad de los Materiales Asfálticos	<b>PRÁCTICA No:</b> <b>DURACIÓN APROX:</b> 2 horas	<b>VERSIÓN:</b>

## 1. INTRODUCCIÓN

Esta guía práctica ofrece una descripción del procedimiento para determinar la ductilidad de los materiales asfálticos correspondiente a la norma I.N.V. E-702-13. Se utiliza la máquina de ensayo Ductilómetro y una muestra de material con el fin de analizar las propiedades del asfalto cuando está sometido a tensión.

## 2. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN

Este ensayo se lleva a cabo por el Instituto Nacional de Vías (INVIAS) de Colombia con la norma I.N.V. E-702-13, describiendo las especificaciones técnicas del ensayo ductilidad en materiales bituminosos. Evalúa la plasticidad y resistencia a la deformación de los materiales asfálticos a diferentes temperaturas, es importante conocer la ductilidad ya que, los materiales deben ser lo suficientemente dúctiles para resistir las tensiones causadas por la contracción y expansión de acuerdo a la temperatura de un lugar, además en la construcción; el asfalto debe permitir ser moldeado y conformado de forma adecuada para la obra ingenieril y que no presente rotura. Finalmente una alta ductilidad indica mayor capacidad de resistir la deformación de grietas y fisuras en campo.

## 3. OBJETIVO(S) ESPECÍFICO(S)

Determinar la ductilidad de los materiales asfálticos, de acuerdo a una velocidad y temperatura especificada por la norma con el fin de obtener la distancia hasta la cual se elonga la muestra y presenta rotura.

## 4. MARCO TEÓRICO

- A. Productos bituminosos:** Son aquellos relacionados con el bitumen, siendo un material viscoso y pegajoso que se encuentra de manera natural en depósitos subterráneos y se obtiene del petróleo crudo durante un proceso de refinamiento. Si, el asfalto es uno de los productos bituminosos más comunes y ampliamente utilizado, se utiliza en la construcción de carreteras y al mezclarlo con agregados pétreos se crean mezclas asfálticas que son resistentes y duraderas; las emulsiones asfálticas siendo una mezcla de agua y asfalto en forma de pequeñas gotas dispersas en la emulsión y se utilizan para aplicación en sellado para el pavimento
- B. Ductilidad:** Propiedad mecánica de los materiales siendo la capacidad de deformarse plásticamente, los materiales dúctiles pueden sufrir una deformación considerable antes de llegar a un punto de rotura y cuando se someten a una fuerza de tracción a medida que se aplica la fuerza, se elonga en la dirección de la carga. Conocer esta propiedad es fundamental para la construcción ya que analiza el

	<b>Formato para Elaborar Guías de Asignaturas Teórico – Prácticas</b>	<b>CÓDIGO:</b>
		<b>VERSIÓN</b>
		<b>FECHA</b>

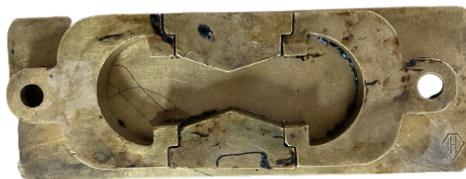
comportamiento y funcionamiento de los materiales ya que en aplicaciones como carreteras pueden generar deformaciones sin embargo es indispensable que no tenga una ruptura súbita.

- C. Ductilómetro:** Dispositivo utilizado para medir la ductilidad de materiales, está presente en el campo de la construcción y materiales. Evalúa la capacidad de deformarse plásticamente sin romperse.

## 5. RECURSOS UTILIZADOS

- A. Moldes (Figura 1): Moldes para fabricar las probetas deberán ser de bronce o latón se compone de pinzas denominadas como b y b' y las pinzas laterales se denominan como a y a'.
- B. Placa base: Para el llenado de los moldes, debe ser de bronce o latón.
- C. Baño de agua: Que pueda mantener la temperatura de ensayo con una variación máxima de 0.5° C (0.9°F).
- D. Ductilómetro (Figura 2): Debe mantener la probeta continuamente sumergida en agua, mientras que las dos pinzas son separadas a una velocidad específica, sin que ocurran vibraciones. La máquina debe disponer de un medidor en cm.
- E. Termómetros.
- F. Agente desmoldante: Mezcla como glicerina y dextrina, talco o caolín con el fin de cubrir el fondo y los lados del molde previniendo que la probeta se adhiera a él,
- G. Horno: Capaz de mantener en la temperatura de calentamiento requerida por la muestra de asfalto para poder fluir
- H. Espátula: Bordes rectos y de mayor anchura
- I. Tamiz: De 300 µm de abertura (No. 50)
- J. Aditivo para regular la densidad relativa: Se emplea una sustancia como cloruro de sodio o alcohol etílico de manera que ajuste la densidad relativa del agua y evite que la muestra suba hasta la superficie o descienda hasta tocar el fondo del baño

**Figura 1.**  
*Moldes para fabricar las probetas*



*Nota.* La figura representa la imagen de los moldes para el ensamblaje del ensayo de ductilidad. "Elaboración propia", equipo de laboratorio Facultad de Ingenierías, Universidad la Gran Colombia

**Figura 2.**  
*Equipo Ductilómetro*



	<b>Formato para Elaborar Guías de Asignaturas Teórico – Prácticas</b>	<b>CÓDIGO:</b>
		<b>VERSIÓN</b>
		<b>FECHA</b>

*Nota.* La figura representa la imagen del equipo Ductilómetro.  
“Elaboración propia”, equipo de laboratorio Facultad de Ingenierías, Universidad la Gran Colombia

## 6. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

- Procedimiento Ductilidad de los Materiales Asfálticos

Se utiliza el agente de desprendimiento y se aplica sobre la placa de bronce <b>1</b>	Se ensambla el molde sobre la placa de bronce, las superficies interiores de las piezas laterales del molde se cubren con una capa delgada de agente de desprendimiento <b>2</b>	Se calienta cuidadosamente el material asfáltico, agitándolo en cuanto su consistencia lo permita, se realiza hasta que se encuentre fluido para verterlo en el molde <b>3</b>
El llenado de los moldes se hará de manera cuidadosa, no desordenar el correcto montaje de sus piezas. <b>4</b>	Se vierte el asfalto en el molde en forma de chorro fino en un recorrido alternativo de extremo a extremo <b>5</b>	Realiza el llenado hasta que complete el molde con un ligero exceso, evitando la inclusión de burbujas de aire <b>6</b>
Se deja enfriar el molde con su contenido a temperatura ambiente por 30 a 40 min <b>7</b>	Se sumerge en el molde en el baño de agua a una temperatura de 25°C (77° F) durante 30 a 40 minutos <b>8</b>	Se retira el molde del agua, se calienta una espátula y se enrasa el exceso de material del molde <b>9</b>
Se vuelve a sumergir el montaje en baño de agua a una temperatura de 25° C (77° F) durante 85 y 90 minutos <b>10</b>	Procedente a esto, se desmolda dentro del agua, retira la placa del molde con un movimiento deslizando y se quitan las placas laterales <b>11</b>	Se coloca en el ductilómetro introduciendo cada pareja de clavijas en los sistemas fijos y móvil en los orificios correspondientes de cada pinza <b>12</b>
Se pone a continuación el mecanismo de arrastre del equipo a una velocidad especificada <b>13</b>	Finalmente, hasta que se produzca la rotura o se alcance la longitud total del ductilómetro, se determina la distancia en cm. <b>14</b>	

**Nota 1.** Si al ser estirado durante el ensayo, el material bituminoso llega a la superficie del agua o toca el fondo del ductilómetro, se debe ajustar la densidad relativa del agua usando algún aditivo

	<b>Formato para Elaborar Guías de Asignaturas Teórico – Prácticas</b>	<b>CÓDIGO:</b>
		<b>VERSIÓN</b>
		<b>FECHA</b>

**Nota 2.** Si no se presentó rotura de la probeta debido a la limitación de longitud se informa el resultado de la longitud limitante en cm

## 7. TOMA DE DATOS

Tabla de captura de datos en Anexo A, al final de la guía.

## 8. CÁLCULOS

A. Se calcula la ductilidad en materiales asfálticos:

### Ductilidad en materiales asfálticos:

El resultado de un ensayo normal se reporta como la ductilidad de la muestra en **cm**. Si el ensayo no fue normal se indica que no se realizó la medición bajo las condiciones del ensayo

**Nota 3.** Se considera normal un ensayo cuando el material se rompe cerca del centro del espécimen o alcanza el extremo opuesto de la máquina de ensayo

**Nota 4.** Si no se pudieron realizar 3 ensayos, debe mencionar el número de ensayos.

## 9. PREGUNTAS GUÍA PARA EL INFORME TÉCNICO

- A. ¿A qué temperatura se sumerge el molde en el baño de agua?
- B. ¿Cuánto tiempo debe dejar enfriar el molde después de verter el material asfáltico?
- C. ¿Cuánto tiempo debe estar sumergido el molde después de enrasar el exceso de material?
- D. ¿Qué partes se desmoldan del montaje para iniciar el ensayo en el ductilómetro?

## 10. BIBLIOGRAFÍA RECOMENDADA

Norma I.N.V. E. 702-13: "Ductilidad de los Materiales Asfálticos" INVIAS, Bogotá D.C.2013

	<b>Formato para elaborar Guías de asignaturas teórico – prácticas</b>	CÓDIGO:
		VERSIÓN
		FECHA

**Anexo A**

*Tabla de Captura de Datos Ductilidad de los Materiales Asfálticos I.N.V. E-702*

<b>Fecha:</b>	<b>Asignatura:</b>	<b>Práctica N°</b>
<b>Nombre de la práctica:</b>		
<b>Docente:</b>	<b>Téc. Laboratorio:</b>	

**DATOS ESPECIMEN**

No. de Especímenes Ensayados

Temperatura del baño

Ductilidad de la Muestra (cm)

*Nota.* Tabla toma de datos. "Elaboración propia"

	<b>Formato para Elaborar Guías de Asignaturas Teórico – Prácticas</b>	<b>CÓDIGO:</b>
		<b>VERSIÓN</b>
		<b>FECHA</b>

<b>PROGRAMA:</b> INGENIERÍA CIVIL		<b>FECHA:</b>	
<b>ASIGNATURA:</b> Materiales de Construcción y Pavimentos	<b>NOMBRE DE LA PRÁCTICA:</b> Determinación de la Viscosidad del Asfalto Empleando un Viscosímetro Brookfield (Rotacional)	<b>PRÁCTICA No:</b> <b>DURACIÓN APROX:</b> 2 horas	<b>VERSIÓN:</b>

## 1. INTRODUCCIÓN

Esta guía práctica ofrece una descripción del procedimiento para determinar la viscosidad del asfalto empleando un Viscosímetro Brookfield (rotacional) correspondiente a la norma I.N.V. E-717-13. Se utiliza el equipo Viscosímetro Brookfield (Rotacional) y una muestra asfáltica la cual se estabilice la lectura digital y la temperatura con el fin de determinar la manejabilidad del asfalto.

## 2. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN

Este ensayo se lleva a cabo por el Instituto Nacional de Vías (INVIAS) de Colombia con la norma I.N.V. E-717-13, describiendo las especificaciones técnicas del ensayo de determinación de la viscosidad del asfalto empleando un Viscosímetro Brookfield (Rotacional). Determina la manejabilidad y la facilidad de bombeo en la refinería, plantas asfálticas. Los valores de viscosidad se utilizan para estimar las temperaturas apropiadas de mezclado y compactación durante el diseño de mezclas asfálticas.

## 3. OBJETIVO(S) ESPECÍFICO(S)

Determinar la viscosidad de un ligante asfáltico por medio del Viscosímetro Brookfield (Rotacional) a temperaturas desde 60 hasta más de 200° C.

## 4. MARCO TEÓRICO

- A. Productos bituminosos:** Son aquellos relacionados con el bitumen, siendo un material viscoso y pegajoso que se encuentra de manera natural en depósitos subterráneos y se obtiene del petróleo crudo durante un proceso de refinamiento. Si, el asfalto es uno de los productos bituminosos más comunes y ampliamente utilizado, se utiliza en la construcción de carreteras y al mezclarlo con agregados pétreos se crean mezclas asfálticas que son resistentes y duraderas; las emulsiones asfálticas siendo una mezcla de agua y asfalto en forma de pequeñas gotas dispersas en la emulsión y se utilizan para aplicación en sellado para el pavimento
- B. Viscosidad:** La viscosidad es una propiedad física que describe la resistencia de un fluido, los fluidos con alta viscosidad presentan una mayor resistencia al flujo, en la ingeniería civil la viscosidad del asfalto es crucial porque afecta su comportamiento ante las cargas y temperaturas ya que, a medida que la temperatura aumenta, la viscosidad tiende a disminuir lo cual permite que sea más fluido y maleable.
- C. Viscosidad rotacional:** Es una propiedad física la cual mide la viscosidad de los fluidos a través de la aplicación de fuerzas de corte, se basa en el principio de que un fluido sometido a una fuerza de corte

	<b>Formato para Elaborar Guías de Asignaturas Teórico – Prácticas</b>	<b>CÓDIGO:</b>
		<b>VERSIÓN</b>
		<b>FECHA</b>

experimenta una deformación proporcional a la tasa de corte aplicada. Se expresa en la ley de Newton de la viscosidad como:

$$F = \eta \cdot A \cdot \frac{dy}{dv}$$

**ec. 1**

donde:

F= Fuerza del corte

A = Área de contacto entre las capas del fluido.

$\frac{dy}{dv}$  = Velocidad del corte

$\eta$ = Viscosidad de un fluido.

## 5. RECURSOS UTILIZADOS

- A. Horno: Capaz de mantener cualquier temperatura, desde la ambiente hasta 260° C
- B. Termómetros: Medir temperaturas desde 60 hasta 200°C
- C. Balanza: Capacidad de 2000 g
- D. Vástagos cilíndricos: Varios tamaños, para emplear con asfaltos a diferentes viscosidades
- E. Viscosímetro Brookfield (Rotacional) (Figura 1): Capaz de medir el par de torsión para hacer girar el vástago sumergido en materiales bituminosos a una velocidad constante y temperatura especificada. Debe tener una pantalla digital la cual indique la viscosidad en centipoises (cP)
- F. Unidad de control de temperatura: Capaz de mantener la temperatura en un rango de 60 y 165° C o más
- G. Elementos adicionales: Pinzas de extracción, cápsulas para las muestras, soporte para las cápsulas y demás.
- H. Limpiadores desengrasantes: Varsol, alcohol mineral u otro para limpiar los recipientes, vástagos y accesorios.

**Figura 1.**  
*Viscosímetro Brookfield (Rotacional)*

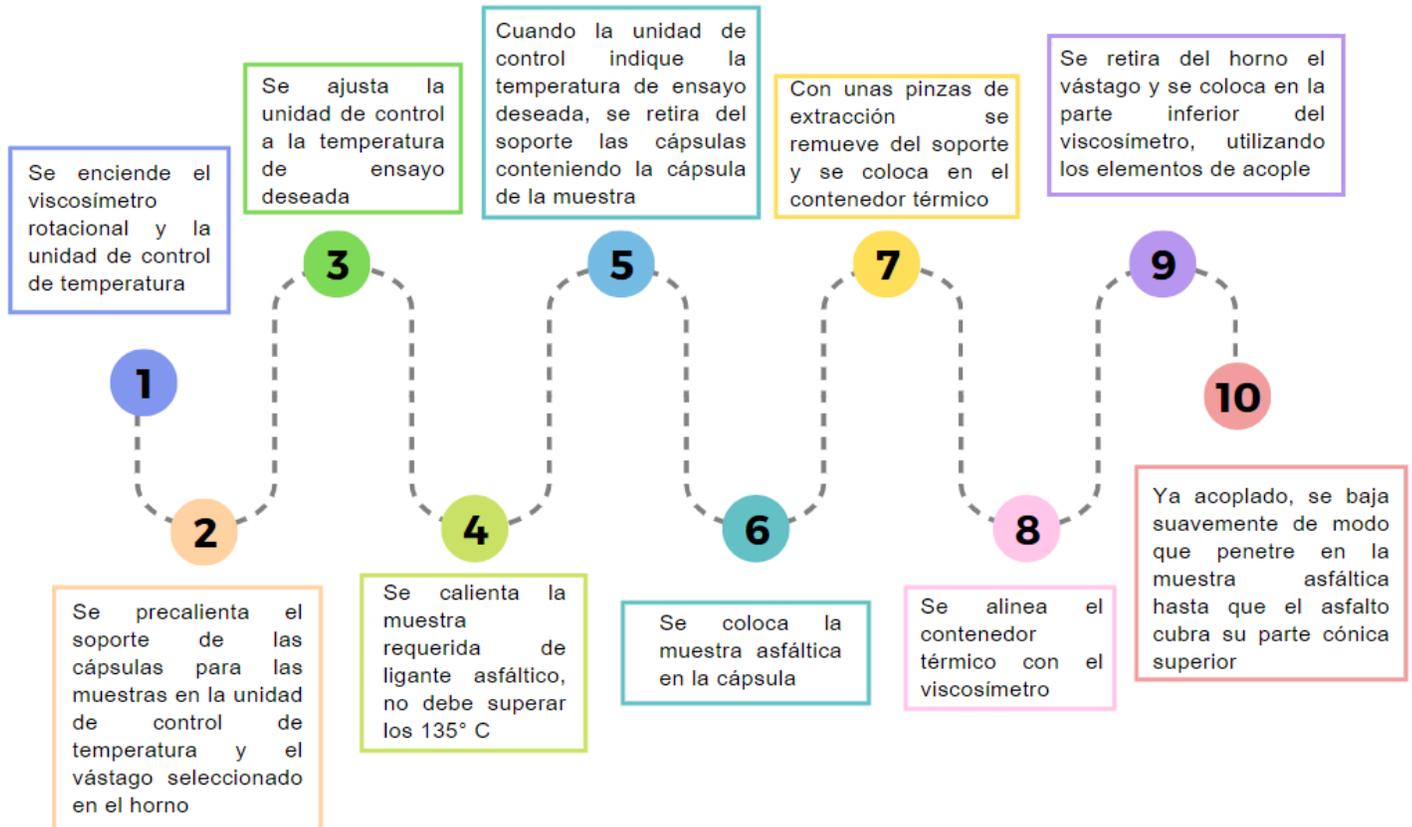


*Nota.* La figura representa la imagen del equipo Viscosímetro Brookfield (Rotacional).  
"Elaboración propia", equipo de laboratorio Facultad de Ingenierías, Universidad la Gran Colombia

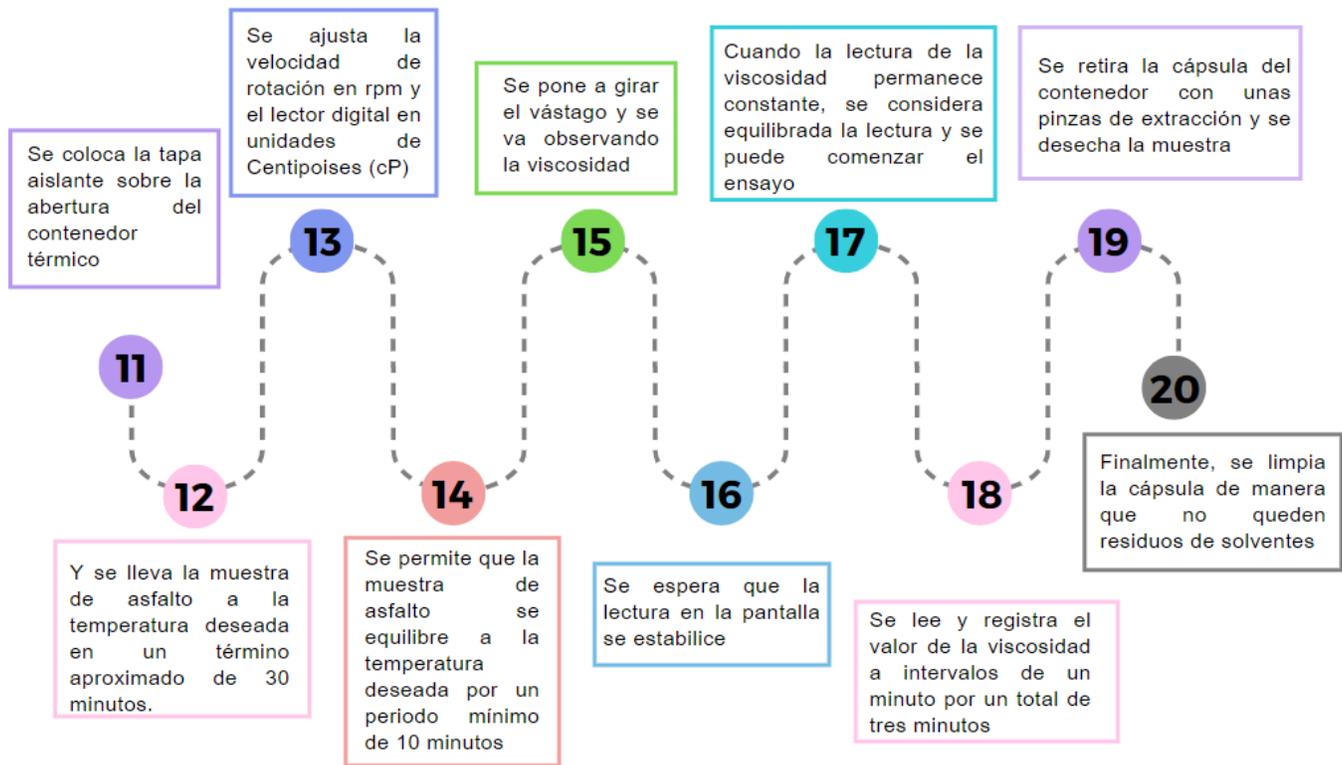
	<b>Formato para Elaborar Guías de Asignaturas Teórico – Prácticas</b>	<b>CÓDIGO:</b>
		<b>VERSIÓN</b>
		<b>FECHA</b>

## 6. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

- Procedimiento Viscosidad Brookfield (Rotacional)



	<b>Formato para Elaborar Guías de Asignaturas Teórico – Prácticas</b>	<b>CÓDIGO:</b>
		<b>VERSIÓN</b>
		<b>FECHA</b>



## 7. TOMA DE DATOS

Tabla de captura de datos en Anexo A, al final de la guía.

## 8. CÁLCULOS

A. Se calcula la Viscosidad Brookfield (Rotacional) en materiales asfálticos:

### Viscosidad Brookfield (Rotacional) en materiales asfálticos:

Se determina la viscosidad como el valor promedio de las tres mediciones realizadas. Debe expresarse en pascales-segundo (Pa\*s)

**Nota 1.** Si el valor de viscosidad que indique la pantalla digital del viscosímetro está expresando en centipoises (cP), se multiplica por 0.001 para obtener viscosidad en pascales-segundos (Pa\*s)

	<b>Formato para Elaborar Guías de Asignaturas Teórico – Prácticas</b>	<b>CÓDIGO:</b>
		<b>VERSIÓN</b>
		<b>FECHA</b>

## 9. PREGUNTAS GUÍA PARA EL INFORME TÉCNICO

- A. ¿Al momento de calentar el ligante asfáltico qué temperatura no debe superar?
- B. ¿En qué unidades debe expresarse la Viscosidad Brookfield (Rotacional)?
- C. ¿Cuántas mediciones deberán realizarse en el ensayo?
- D. ¿Cuál es el intervalo de temperatura en el que se puede realizar el ensayo?

## 10. BIBLIOGRAFÍA RECOMENDADA

Norma I.N.V. E. 717-13: " Determinación de la viscosidad del asfalto empleando un viscosímetro rotacional"  
INVIAS, Bogotá D.C.2013

	<b>Formato para elaborar Guías de asignaturas teórico – prácticas</b>	CÓDIGO:
		VERSIÓN
		FECHA

**Anexo A**

*Tabla de Captura de Datos Viscosidad Rotacional I.N.V. E-717*

<b>Fecha:</b>	<b>Asignatura:</b>	<b>Práctica N°</b>
<b>Nombre de la práctica:</b>		
<b>Docente:</b>	<b>Téc. Laboratorio:</b>	

DATOS ESPECIMEN
No. de lecturas
Temperatura de ensayo °C
Velocidad de giro (rpm)
Viscosidad lectura 1 (P*s)
Viscosidad lectura 2 (P*s)
Viscosidad lectura 3 (P*s)
_____ Promedio

*Nota.* Tabla toma de datos. "Elaboración propia"

	<b>Formato para Elaborar Guías de Asignaturas Teórico – Prácticas</b>	<b>CÓDIGO:</b>
		<b>VERSIÓN</b>
		<b>FECHA</b>

<b>PROGRAMA:</b> INGENIERÍA CIVIL		<b>FECHA:</b>	
<b>ASIGNATURA:</b> Materiales de Construcción y Pavimentos	<b>NOMBRE DE LA PRÁCTICA:</b> Viscosidad Saybolt de Asfaltos	<b>PRÁCTICA No:</b> <b>DURACIÓN APROX:</b> 2 horas	<b>VERSIÓN:</b>

## 1. INTRODUCCIÓN

Esta guía práctica ofrece una descripción del procedimiento para determinar la viscosidad del asfalto empleando un viscosímetro Saybolt Furol correspondiente a la norma I.N.V. E-714-13. Se utiliza el viscosímetro Saybolt Furol con el fin de establecer el tiempo en el que fluyen 60 ml de una emulsión asfáltica por un orificio a una determinada temperatura.

## 2. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN

Este ensayo se lleva a cabo por el Instituto Nacional de Vías (INVIAS) de Colombia con la norma I.N.V. E-714-13, describiendo las especificaciones técnicas del ensayo “Determinación de la Viscosidad Saybolt Furol”. Es útil para caracterizar algunos productos de petróleo ya que es una medida la cual indica la resistencia de un líquido a fluir, en muchos procesos de la Ingeniería Civil se mezclan diferentes tipos de líquidos para obtener la viscosidad deseada para una aplicación específica.

## 3. OBJETIVO(S) ESPECÍFICO(S)

Determinar la Viscosidad Saybolt Universal o Saybolt Furol por medio de un viscosímetro Saybolt Furol de acuerdo a las especificaciones establecidas en la norma.

## 4. MARCO TEÓRICO

- A. Productos bituminosos:** Son aquellos relacionados con el bitumen, siendo un material viscoso y pegajoso que se encuentra de manera natural en depósitos subterráneos y se obtiene del petróleo crudo durante un proceso de refinamiento. Si, el asfalto es uno de los productos bituminosos más comunes y ampliamente utilizado, se utiliza en la construcción de carreteras y al mezclarlo con agregados pétreos se crean mezclas asfálticas que son resistentes y duraderas; las emulsiones asfálticas siendo una mezcla de agua y asfalto en forma de pequeñas gotas dispersas en la emulsión y se utilizan para aplicación en sellado para el pavimento
- B. Viscosidad:** La viscosidad es una propiedad física que describe la resistencia de un fluido, los fluidos con alta viscosidad presentan una mayor resistencia al flujo, en la Ingeniería Civil la viscosidad del asfalto es crucial dado a que afecta su comportamiento ante las cargas y temperaturas ya que, a medida que la temperatura aumenta, la viscosidad tiende a disminuir lo cual permite que sea más fluido y maleable.

	<b>Formato para Elaborar Guías de Asignaturas Teórico – Prácticas</b>	<b>CÓDIGO:</b>
		<b>VERSIÓN</b>
		<b>FECHA</b>

- C. Viscosidad Saybolt Universal:** Es el tiempo corregido, en segundos durante el cual fluyen 60 ml de muestra a través de un orificio universal, su unidad de medición es en segundos (SSU)
- D. Viscosidad Furol:** Es el tiempo corregido, en segundos durante el cual fluyen 60 ml de muestra a través de un orificio furol, su unidad de medición es en segundos (SSF)

## 5. RECURSOS UTILIZADOS

- A. Viscosímetro Saybolt (Figura 1): Deberá ser de metal no corrosivo, la boquilla del orificio furol o universal, se puede fabricar como una parte intercambiable, se debe montar verticalmente en el baño, verificando el alineamiento con el nivel de la burbuja colocado sobre el plano de la galería.
- B. Baño termostático: Funciona para sostener el viscosímetro en posición vertical, de igual manera para alojar el líquido del baño. Debe estar aislado térmicamente.
- C. Pipeta de extracción: Se emplea para varias y enrasar la muestra en la galería del viscosímetro.
- D. Soporte para termómetro
- E. Termómetros: debe cumplir con los requerimientos de la norma ASTM E-1
- F. Embudo de filtración: equipado con tamices intercambiables de 150  $\mu\text{m}$  (No.100) y 75  $\mu\text{m}$  (No. 200)
- G. Matraz receptor (Figura 2): De 60 ml de capacidad
- H. Cronómetro: electrónicos o manuales los cuales garantizan la precisión y la exactitud indicada.

**Figura 1.**  
*Viscosímetro Saybolt*



*Nota.* La figura representa la imagen del equipo Saybolt Furol.  
"Elaboración propia", equipo de laboratorio Facultad de Ingenierías, Universidad la Gran Colombia

**Figura 2.**  
*Matraz receptor*



	<b>Formato para Elaborar Guías de Asignaturas Teórico – Prácticas</b>	<b>CÓDIGO:</b>
		<b>VERSIÓN</b>
		<b>FECHA</b>

*Nota.* La figura representa la imagen del matraz receptor el cual hace parte del equipo Saybolt Furol. "Elaboración propia", equipo de laboratorio Facultad de Ingenierías, Universidad la Gran Colombia

## 6. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

- Procedimiento viscosidad Saybolt Furol

<b>01</b>	<p>Se establece y controla la temperatura del baño:          Viscosidades Saybolt Universal: 21.1, 37.8, 54.4 y 98.9° C (70, 100, 122 y 210° F)          Viscosidades Saybolt Furol: 25.0, 37.8, 50.0 y 98.9° C (77, 100, 122 y 210° F).          Otras temperaturas: 60.0 y 82.2° C (140 y 180° F)</p>	<b>06</b>
<b>02</b>	<p>Se inserta un tapón de corcho en la cámara de aire en la parte inferior del viscosímetro. Debe evitar el escape de aire</p>	<b>07</b>
<b>03</b>	<p>Se agita la emulsión asfáltica con el fin de que esté homogeneizada</p>	<b>08</b>
<b>04</b>	<p>Se puede precalentar la muestra a no más de 1.7 °C (3° F) por encima de la temperatura de ensayo escogida</p>	<b>09</b>
<b>05</b>	<p>Luego de precalentar la muestra se filtra a través del embudo con una malla de alambre de 150 µm (No. 100) directamente dentro del tubo del viscosímetro hasta que el nivel quede por encima del borde de rebose</p>	
	<p>Se agita la muestra dentro del viscosímetro con el termómetro de viscosidad instalado sobre su soporte con un movimiento circular girando entre 30 y 50 vueltas por minuto hasta que la temperatura de la muestra permanezca constante</p>	
	<p>Se saca el termómetro e inmediatamente se introduce la punta del tubo de extracción en la galería y se aplica succión para extraer material</p>	
	<p>Se verifica que el matraz receptor se halle en la posición adecuada; entonces, se remueve rápidamente el corcho del viscosímetro y se pone a funcionar el cronómetro en ese mismo instante</p>	
	<p>Se detiene el cronómetro en el momento en que la parte inferior del menisco del material alcance la marca de graduación del matraz receptor. Se anota el tiempo del flujo en segundos</p>	

	<b>Formato para Elaborar Guías de Asignaturas Teórico – Prácticas</b>	<b>CÓDIGO:</b>
		<b>VERSIÓN</b>
		<b>FECHA</b>

## 7. TOMA DE DATOS

Tabla de captura de datos en Anexo A, al final de la guía.

Tabla de valores aceites de viscosidad normalizada en Anexo B, al final de la guía.

## 8. CÁLCULOS

A. Se calcula la viscosidad Saybolt Furol:

### Viscosidad saybolt de Asfaltos:

Se multiplica el tiempo de flujo por el factor de corrección para el viscosímetro

Si el tiempo del flujo del aceite de viscosidad normalizado deberá ser igual al valor certificado de viscosidad saybolt. Si el tiempo de escurrimiento difiere del valor certificado en más de 0.2%, se debe calcular un factor de corrección F

$$F = V / t$$

ec. 1

donde:

V = Valor certificado de viscosidad Saybolt del aceite normalizado  
t = tiempo de flujo medido a 37.8° C (100° F), s

## 9. PREGUNTAS GUÍA PARA EL INFORME TÉCNICO

- ¿Cual es la diferencia entre Viscosidad Saybolt Furol y Viscosidad Saybolt Universal?
- ¿Qué equipos y herramientas se necesitan para realizar el ensayo?
- ¿En qué unidades se registra el resultado del ensayo?
- ¿Cuál es la importancia de este ensayo en la Ingeniería Civil?

## 10. BIBLIOGRAFÍA RECOMENDADA

Norma I.N.V. E. 714-13: "Viscosidad Saybolt de Asfaltos" INVIAS, Bogotá D.C.2013

	<b>Formato para elaborar Guías de asignaturas teórico – prácticas</b>	CÓDIGO:
		VERSIÓN
		FECHA

**Anexo A**

*Tabla de Captura de Datos Viscosidad Saybolt de Asfaltos I.N.V. E-714*

<b>Fecha:</b>	<b>Asignatura:</b>	<b>Práctica N°</b>
<b>Nombre de la práctica:</b>		
<b>Docente:</b>	<b>Téc. Laboratorio:</b>	

**DATOS ESPECIMEN**

Viscosidades Saybolt Universal: 21.1, 37.8, 54.4 y 98.9° C (70, 100, 122 y 210° F)

Viscosidades Saybolt Furol: 25.0, 37.8, 50.0 y 98.9° C (77, 100, 122 y 210° F)

Otras Temperaturas: 60.0 y 82.2° C (140 y 180° F)

Temperatura de Ensayo °C

Tiempo del Flujo (s)

*Nota.* Tabla toma de datos. "Elaboración propia"

	<b>Formato para elaborar Guías de asignaturas teórico – prácticas</b>	CÓDIGO:
		VERSIÓN
		FECHA

### Anexo B (Informativo)

#### Aceites de Viscosidad Normalizada

Aceite de viscosidad normalizada	A 37.8° C (100° F)		A 98.9° C (210° F)		A 50.0° C (122° F)	
	SSU	mm <sup>2</sup> /s	SSU	mm <sup>2</sup> /s	SSU	mm <sup>2</sup> /s
S3	36	3.0	-	-	-	-
S6	46	6.0	-	-	-	-
S20	100	20	-	-	-	-
N26	130	27	-	-	-	-
N35	170	35	-	-	-	-
N44	220	48	-	-	-	-
S60	280	60	-	-	-	-
N75	380	82	-	-	-	-
N100	500	110	-	-	-	-
N140	720	160	-	-	-	-
N200	925	200	105	20	-	-
N250	1300	280	140	29	-	-
N315	1570	340	160	32	-	-
N415	2180	470	200	41	-	-
S600	-	-	240	50	120	310
S2000	-	-	300	72	-	-

*Nota.* La tabla representa los valores de aceites de viscosidad normalizada. Tomada de “Viscosidad Saybolt de asfaltos I.N.V E-714-13” por Instituto Nacional de Vías: Normas de Ensayo de Materiales para Carreteras, 2013