
 UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS	FORMATO DE PRÁCTICAS ACADÉMICAS	Código: GD-PR-010-FR-008	 SIGUD Sistema Integrado de Gestión
	Macroproceso: Gestión Académica	Versión: 02	
	Proceso: Gestión de Docencia	Fecha de Aprobación: 04/10/2017	



EQUIVALENTE DE ARENA DE SUELOS Y AGREGADOS FINOS

TABLA DE CONTENIDO

1. OBJETO	2
2. EQUIPOS	2
3. SOLUCIONES	7
4. PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS	8
5. PREPARACIÓN DEL EQUIPO	10
6. PROCEDIMIENTO	11
7. CALCULOS	15
8. NORMA DE REFERENCIA	15

Lista de figuras

Figura 1. Irrigador y pesa	4
Figura 2. Equipos para el equivalente de arena	5
Figura 3. Componentes de la pesa y el indicador de lectura	6
Figura 4. Pesa ensamblada con indicador de lectura	7
Figura 5. Cilindro graduado, tubo irrigador, dispositivos para tomar lecturas y sifón	11
Figura 6. Método manual de agitación	12
Figura 7. Procedimiento de irrigación	12
Figura 8. Lectura de arena	14

 UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS	FORMATO DE PRÁCTICAS ACADÉMICAS	Código: GD-PR-010-FR-008	 SIGUD Sistema Integrado de Gestión
	Macroproceso: Gestión Académica	Versión: 02	
	Proceso: Gestión de Docencia	Fecha de Aprobación: 04/10/2017	

EQUIVALENTE DE ARENA DE SUELOS Y AGREGADOS FINOS

1. OBJETO

Este ensayo tiene por objeto determinar, bajo condiciones normalizadas, las proporciones relativas de polvo y material de apariencia arcillosa o finos plásticos presentes en suelos o agregados finos de tamaño inferior a 4.75 mm.

Esta guía de laboratorio corresponde al resumen de la norma de ensayo INVIAS E133-13.

2. EQUIPOS

Cilindro graduado de plástico transparente

Con diámetro interior de 31.75 ± 0.381 mm ($1\frac{1}{4} \pm 0.015$ ") y altura de 430.0 mm (17") aproximadamente, graduado en espacios de 2.54 mm (0.1"), desde el fondo hasta una altura de 381 mm (15").

Tapón macizo

De caucho o goma que ajuste en el cilindro.



Tubo irrigador

De acero inoxidable, de cobre o de bronce, de 6.35 mm ($\frac{1}{4}$ ") de diámetro exterior, y 0.89 mm (0.035") de espesor, con longitud de 510 mm (20"), con uno de sus extremos cerrado formando una arista. Las caras laterales del extremo cerrado tienen dos orificios de 1 mm de diámetro (calibre No.60), cerca a la arista que se forma.

Tubo flexible de plástico o caucho

De 4.7 mm ($\frac{3}{16}$ ") de diámetro y de 1.20 m de largo, aproximadamente, con una pinza de presión que permita cortar el paso del líquido a través del mismo. Este tubo conecta el sifón con el tubo irrigador.

Dos botellones

 UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS	FORMATO DE PRÁCTICAS ACADÉMICAS	Código: GD-PR-010-FR-008	 SIGUD Sistema Integrado de Gestión
	Macroproceso: Gestión Académica	Versión: 02	
	Proceso: Gestión de Docencia	Fecha de Aprobación: 04/10/2017	

De 3.785 litros (1 galón) de capacidad. Uno está destinado al almacenamiento de la solución stock. El otro, para la solución de trabajo, debe tener un tapón con dos orificios, uno para el tubo del sifón y el otro para entrada de aire. El frasco se debe colocar a 915 ± 25 mm (36 ± 1 ") de altura sobre la mesa de trabajo.

Dispositivo para tomar lecturas

Un conjunto formado por un disco de asentamiento (pie), una barra metálica, un indicador y una sobrecarga cilíndrica. Este dispositivo está destinado a la toma de lecturas del nivel de arena y tendrá una masa total de 1 kg. La barra metálica tiene 457 mm (18") de longitud; en su extremo inferior lleva enroscado un disco metálico de cara inferior plana perpendicular al eje de la barra (ver Figura 4).



Recipiente para medir el espécimen de ensayo

De 57 mm (2¼") de diámetro aproximado, con una capacidad de 85 ± 5 ml.

Embudo

De boca ancha, de 100 mm (4") de diámetro en la base, para transferir las muestras al cilindro graduado.

Reloj o cronómetro.

 UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS	FORMATO DE PRÁCTICAS ACADÉMICAS	Código: GD-PR-010-FR-008	 Sistema Integrado de Gestión
	Macroproceso: Gestión Académica	Versión: 02	
	Proceso: Gestión de Docencia	Fecha de Aprobación: 04/10/2017	

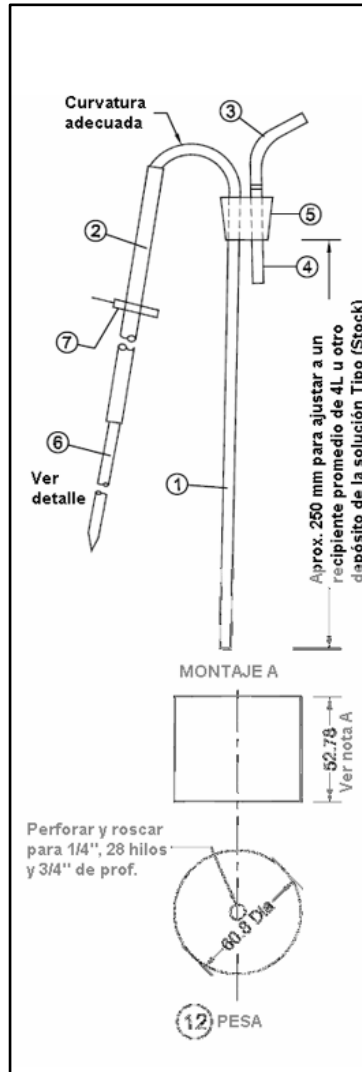


Figura 1. Irrigador y pesa

Fuente: Norma INVIAS E-133-13



UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

FORMATO DE PRÁCTICAS ACADÉMICAS

Código: GD-PR-010-FR-008

Macroproceso: Gestión Académica

Versión: 02

Proceso: Gestión de Docencia

Fecha de Aprobación:
04/10/2017

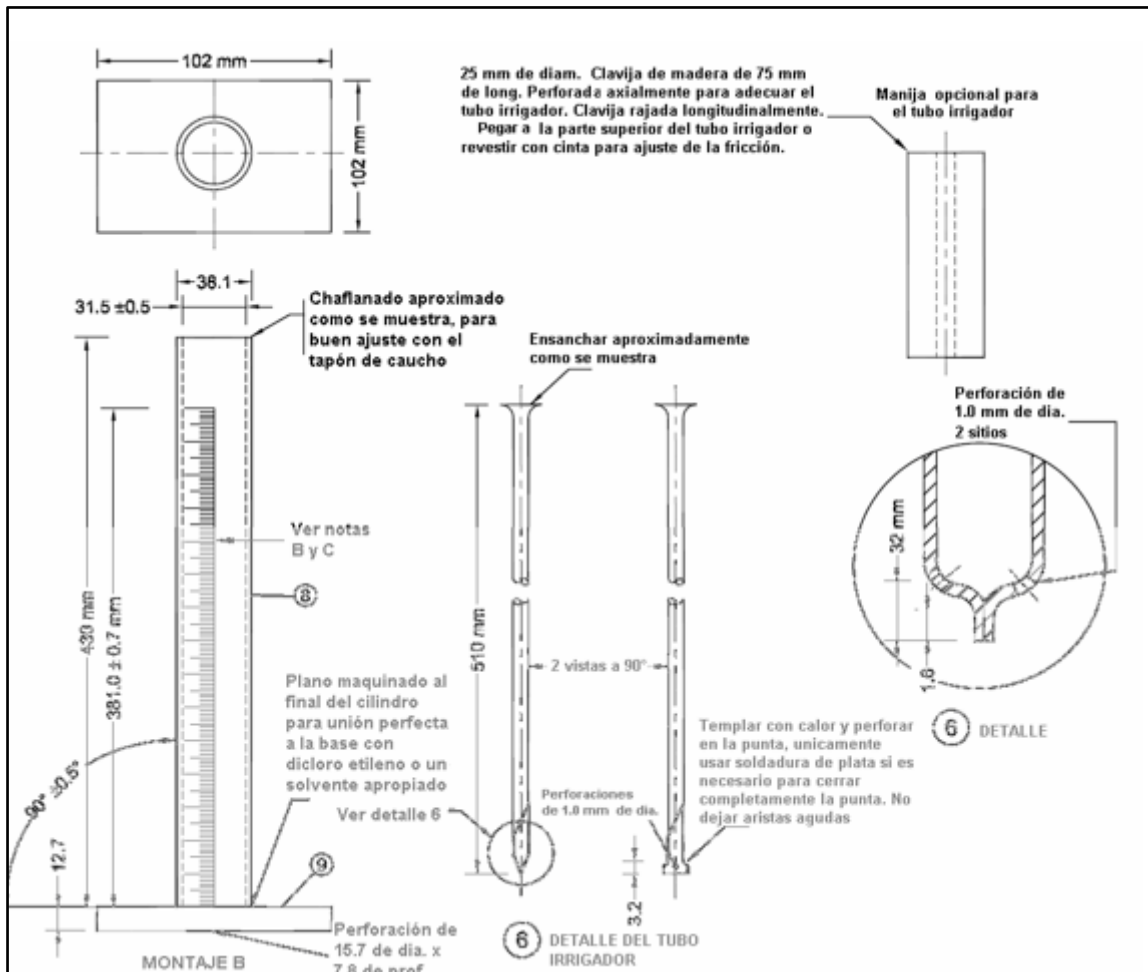


Figura 2. Equipos para el equivalente de arena

Fuente: Norma INVIAS E-133-13



UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

FORMATO DE PRÁCTICAS ACADÉMICAS

Código: GD-PR-010-FR-008

Macroproceso: Gestión Académica

Versión: 02

Proceso: Gestión de Docencia

Fecha de Aprobación:
04/10/2017

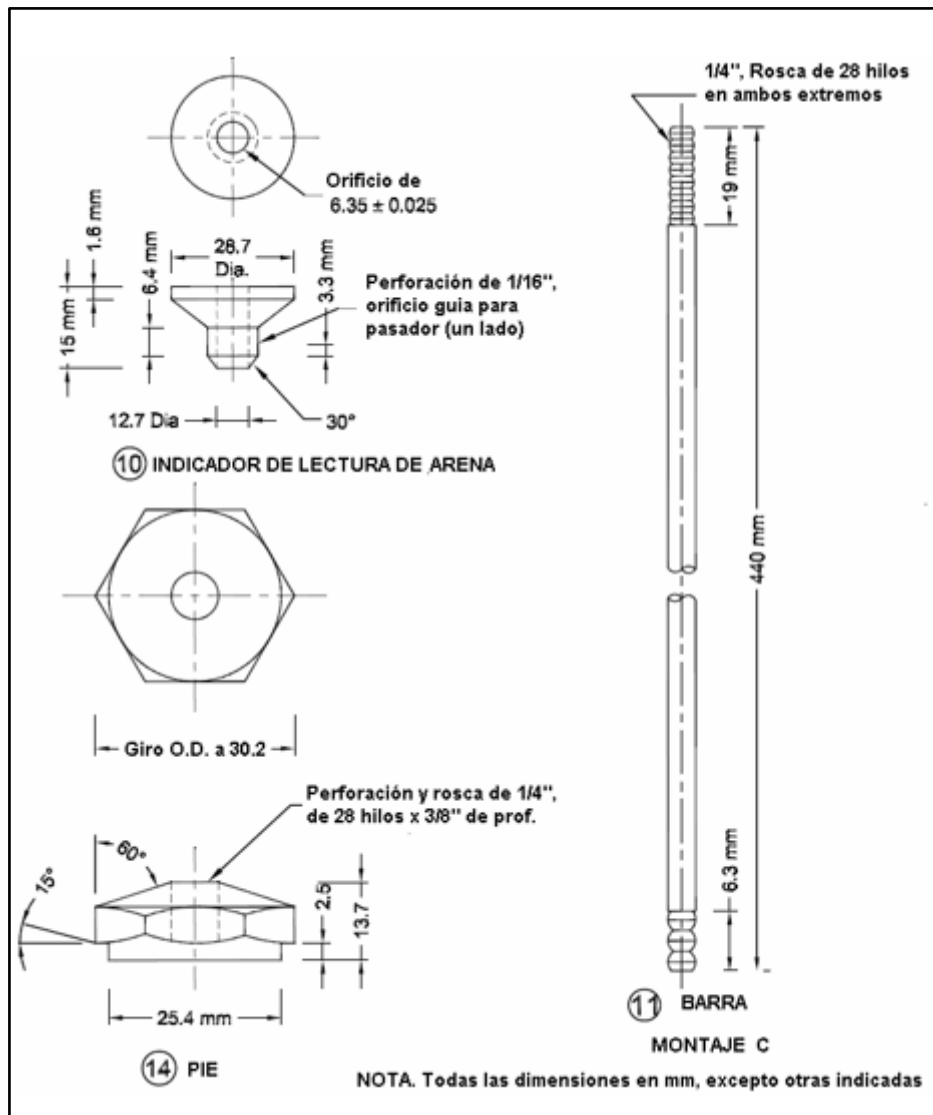




Figura 3. Componentes de la pesa y el indicador de lectura

Fuente: Norma INVIAS E-133-13

 UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS	FORMATO DE PRÁCTICAS ACADÉMICAS	Código: GD-PR-010-FR-008	 Sistema Integrado de Gestión
	Macroproceso: Gestión Académica	Versión: 02	
	Proceso: Gestión de Docencia	Fecha de Aprobación: 04/10/2017	

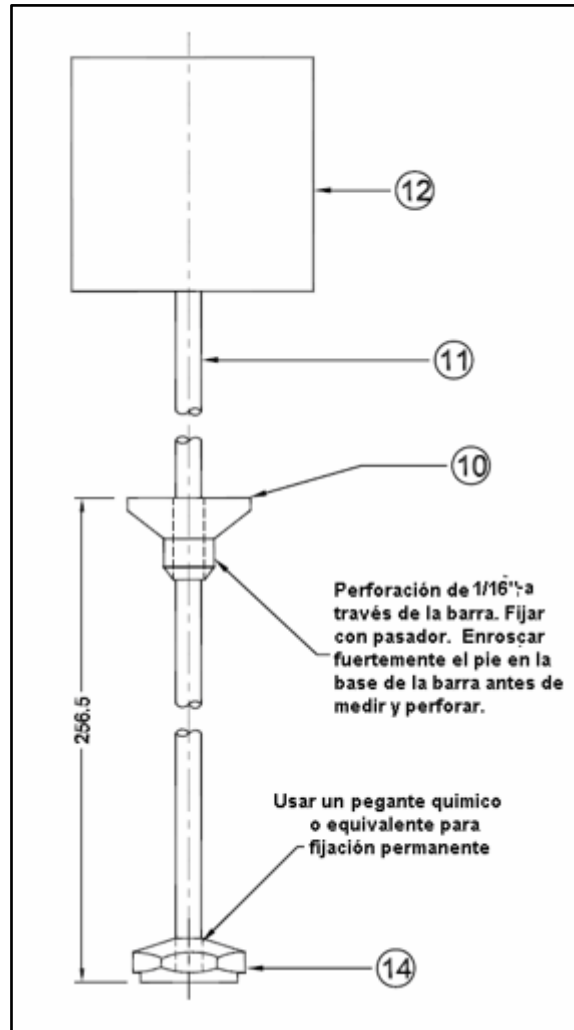


Figura 4. Pesa ensamblada con indicador de lectura

Fuente: Norma INVIAS E-133-13



3. SOLUCIONES

Los materiales enumerados a continuación se pueden usar para preparar la solución stock.

Solución stock con formaldehído:

- Cloruro de calcio anhidro, 454 g (1.0 lb) de grado técnico.
- Glicerina USP, 2050 g (1640 ml).
- Formaldehído (solución al 40 % por volumen), 47 g (45 ml).

Se disuelven los 454 g de cloruro de calcio en 1.89 litros (½ galón) de agua destilada. Se deja enfriar y filtra con un papel plegado de filtración rápida. Se añaden los 2050 g de glicerina y los 47 g de formaldehído a la solución filtrada, se mezcla bien y se diluye a 3.78 litros (1 galón).

 UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS	FORMATO DE PRÁCTICAS ACADÉMICAS	Código: GD-PR-010-FR-008	 SIGUD Sistema Integrado de Gestión
	Macroproceso: Gestión Académica	Versión: 02	
	Proceso: Gestión de Docencia	Fecha de Aprobación: 04/10/2017	

Solución stock con glutaraldehído

- Cloruro de calcio dihidratado, 577 g (1.27 lb) de grado A.C.S.
- Glicerina USP, 2050 g (1640 ml).
- Pentanodiol (glutaraldehído), solución de 50% en agua, 59 g (53 ml).

Se disuelven los 577 g (1.27 lb) de cloruro de calcio dihidratado en 1.89 litros (½ galón) de agua destilada. Se deja enfriar y se agregan los 2050 g de glicerina y los 59 g de glutaraldehído a la solución, se mezcla bien y se diluye a 3.78 litros (1 galón).

Solución stock con Kathon CG/ICP

- Cloruro de calcio dihidratado, 577 g (1.27 lb) de grado ACS.
- Glicerina USP, 2050 g (1640 ml).
- Kathon CBG/ICP, 63 g (53 ml).

Se disuelven los 577 g (1.27 lb) de cloruro de calcio dihidratado en 1.89 litros (½ galón) de agua destilada. Se deja enfriar y se añaden los 2050 g de glicerina y los 63 g de Kathon CG/ICP a la solución, se mezcla bien y se diluye a 3.78 litros (1 galón).

Solución de trabajo de cloruro de calcio



La solución de trabajo de cloruro de calcio se prepara diluyendo en agua un volumen igual al recipiente para medir el espécimen de ensayo, (85 ± 5 ml), de la solución stock de cloruro de calcio, hasta completar 3.78 litros (1 galón). Se debe usar agua destilada o desmineralizada para la preparación normal de la solución de trabajo. Sin embargo, si se ha determinado que el agua potable local es de tal pureza que no afecta los resultados de la prueba.

4. PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS

Se obtienen, al menos, 1500 g de material que pase el tamiz de 4.75 mm (No. 4), de la siguiente manera:

Se separa la muestra sobre el tamiz 4.75 mm (No. 4), el tamizado se continúa hasta que no más de 1% en peso del residuo pase el tamiz durante 1 minuto.

Se desmenuzan los terrones para que pasen el tamiz de 4.75 mm (No. 4). Para ello, se usa un mortero con una maja de caucho u otro medio que no cause rotura de partículas ni degradación del agregado.

 UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS	FORMATO DE PRÁCTICAS ACADÉMICAS	Código: GD-PR-010-FR-008	 SIGUD Sistema Integrado de Gestión
	Macroproceso: Gestión Académica	Versión: 02	
	Proceso: Gestión de Docencia	Fecha de Aprobación: 04/10/2017	

Se remueven los finos adheridos al agregado grueso, secando las partículas superficialmente y frotándolas luego entre las manos sobre una bandeja plana.

Las muestras para el ensayo se preparan con el material que pasa el tamiz de 4.75 mm (No. 4), mediante el procedimiento A o B.

Procedimiento A:

Si se considera necesario, se humedece la muestra para evitar la segregación o la pérdida de finos durante las operaciones de cuarteo. La adición de agua debe ser muy cuidadosa, con el fin de que se mantenga la condición de flujo libre del material.

Se sacan cuatro porciones de la muestra, usando el recipiente para medir el espécimen de ensayo. Cada vez que se saca una porción, se golpea el borde del fondo del recipiente sobre la mesa de trabajo o cualquier otra superficie dura, para producir la consolidación del material y permitir la colocación de la máxima cantidad de material en el recipiente.

Se determina y anota la cantidad de material contenido en cada una de estas porciones, bien sea pesándolas o midiéndolas en un cilindro plástico seco.



Se devuelve este material a la muestra y se procede a cuartearla, empleando procedimientos aplicables de la norma INV E-202, haciendo los ajustes necesarios para obtener el peso o volumen predeterminado. Cuando se obtenga este peso o volumen, dos operaciones sucesivas de cuarteo sin ajuste deberán proporcionar la cantidad adecuada de material para llenar el recipiente de medida y, por lo tanto, proporcionar un espécimen de ensayo.

Se seca el espécimen en el horno a $110 \pm 5^\circ \text{C}$ ($230 \pm 9^\circ \text{F}$) y se deja enfriar a temperatura ambiente, antes de proceder al ensayo.

Procedimiento B:

Manteniendo la condición de flujo libre, se humedece el material lo suficiente para prevenir segregación o pérdida de finos.

Se cuarteo de 1000 a 1500 g de material. Se mezclan totalmente con un palustre en una bandeja circular, llevando material hacia el centro a medida que el recipiente se rota horizontalmente. La mezcla se debe continuar durante un lapso no menor de 1 minuto, para asegurar la uniformidad. Se verifica la condición de humedad del material, apretando una pequeña porción de la muestra totalmente mezclada en la palma de la mano. Si se forma una

 UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS	FORMATO DE PRÁCTICAS ACADÉMICAS	Código: GD-PR-010-FR-008	 SIGUD Sistema Integrado de Gestión
	Macroproceso: Gestión Académica	Versión: 02	
	Proceso: Gestión de Docencia	Fecha de Aprobación: 04/10/2017	

masilla que puede ser manejada con cuidado, sin romperse, se ha obtenido el grado correcto de humedad. Si el material está demasiado seco, la masilla se desmorona y será necesario agregar agua y mezclar y probar de nuevo hasta que el material forme una masilla. Si el material escurre agua, está demasiado húmedo para ser ensayado y se deberá drenar y secar al aire, mezclándolo frecuentemente para asegurar su uniformidad. Este material demasiado húmedo formará una buena masilla al examinarlo inicialmente, de manera que el proceso de secado deberá continuar hasta que una prueba de apretón al material que se está secando produce una masilla que es más frágil y delicada de manipular que la original. Si el contenido de agua del material recién recibido se encuentra en el estado que se acaba de describir, la muestra se puede ensayar inmediatamente. Si la muestra fue alterada para lograr dicho estado, se deberá poner en la bandeja, cubierta con una tapa o una toalla húmeda que no toque el material, y se la deja reposar por 15 minutos.

Luego de este breve período de curado, se remezcla el material sin añadir agua. Cuando el material se encuentre perfectamente mezclado, se forma un cono con él, con ayuda de un palustre.



Se toma en una mano un recipiente para medir el espécimen y se lo empuja directamente a través de la base del cono de material, mientras la otra mano se apoya en el extremo opuesto del cono de material.

A medida que el recipiente recorre la pila de material y emerge de ella, se debe mantener una presión suficiente para asegurar que el recipiente queda lleno hasta rebosar. El exceso de material se deberá retirar, pasando un lado del palustre por el borde del recipiente.

5. PREPARACIÓN DEL EQUIPO

Se ajusta el montaje del sifón a un botellón con 3.78 litros (1 galón) de la solución de trabajo de cloruro de calcio y se coloca el botellón en un estante situado 90 ± 5 cm (36 ± 2 ") por encima de la superficie de trabajo (ver Figura 5).

Se empieza a sifonar forzando aire dentro de la boca del frasco de solución a través del tubo irrigador acodado, mientras la abrazadera que corta el paso del líquido se encuentra abierta.

 UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS	FORMATO DE PRÁCTICAS ACADÉMICAS	Código: GD-PR-010-FR-008	 Sistema Integrado de Gestión
	Macroproceso: Gestión Académica	Versión: 02	
	Proceso: Gestión de Docencia	Fecha de Aprobación: 04/10/2017	

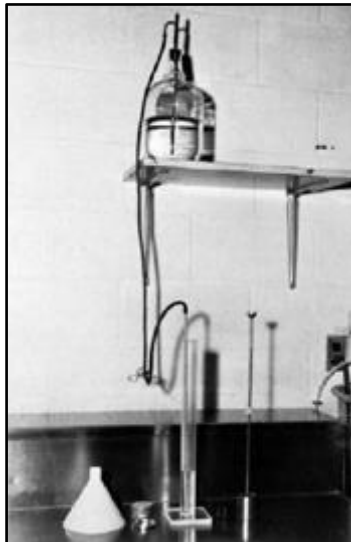


Figura 5. Cilindro graduado, tubo irrigador, dispositivos para tomar lecturas y sifón

Fuente: Norma INVIAS E-133-13

6. PROCEDIMIENTO

Se vierte solución de trabajo de cloruro de calcio en el cilindro graduado, con la ayuda del sifón, hasta una altura de 101.6 ± 2.54 mm (4 ± 0.1 ").

Con ayuda del embudo, se vierte un espécimen de ensayo en el cilindro graduado.

Se golpea varias veces el fondo del cilindro con la palma de la mano para liberar las burbujas de aire y remojar la muestra completamente.

Se deja el cilindro en reposo durante 10 ± 1 minutos.

Al finalizar los 10 minutos (periodo de humedecimiento), se tapa el cilindro con el tapón y se afloja el material del fondo invirtiendo parcialmente el cilindro y agitándolo simultáneamente.

Después de aflojar el material del fondo, se agita el cilindro con cualquiera de los tres métodos siguientes:

A continuación se describe el método manual, los métodos mecánicos se pueden consultar en la norma INVIA E-133-13

Método Manual:

Se sostiene el cilindro en una posición horizontal, como se ilustra en la Figura 133 - 8, y se agita vigorosamente con un movimiento lineal horizontal de vaivén.



 UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS	FORMATO DE PRÁCTICAS ACADÉMICAS	Código: GD-PR-010-FR-008	 Sistema Integrado de Gestión
	Macroproceso: Gestión Académica	Versión: 02	
	Proceso: Gestión de Docencia	Fecha de Aprobación: 04/10/2017	



Figura 6. Método manual de agitación.

Fuente: Norma INVIAS E-133-13

El cilindro se agita 90 ciclos en aproximadamente 30 segundos, empleando un recorrido de 229 ± 25 mm (9 ± 1 "). Un ciclo se define como un movimiento completo de vaivén. Para agitar el cilindro a esta velocidad, será necesario que el operario mueva únicamente los antebrazos, mientras mantiene el cuerpo y los hombros en posición de descanso.

Procedimiento de irrigación:

Durante el procedimiento de irrigación se debe mantener el cilindro en posición vertical y su base en contacto con la superficie de trabajo. Se inserta el tubo irrigador dentro del cilindro, se afloja la pinza de presión de la manguera y se lava el material de las paredes del cilindro a medida que se baja el irrigador, el cual debe llegar, a través de la mezcla de suelo y solución de trabajo hasta el fondo del cilindro, aplicando suavemente una acción punzante y de giro mientras fluye solución de trabajo por la boca del irrigador. Esto impulsa hacia arriba el material fino que esté en el fondo y lo pone en suspensión sobre las partículas gruesas de arena.

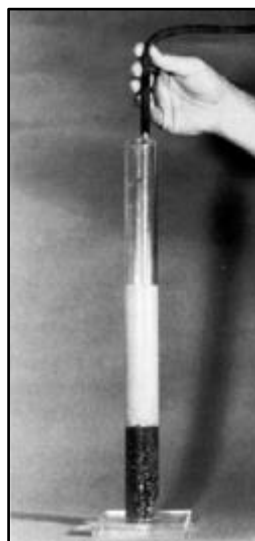




Figura 7. Procedimiento de irrigación

 UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS	FORMATO DE PRÁCTICAS ACADÉMICAS	Código: GD-PR-010-FR-008	 SIGUD Sistema Integrado de Gestión
	Macroproceso: Gestión Académica	Versión: 02	
	Proceso: Gestión de Docencia	Fecha de Aprobación: 04/10/2017	

Fuente: Norma INVIAS E-133-13

Se continúa aplicando la acción punzante y de giro mientras se lavan los finos, hasta que el cilindro esté lleno hasta la marca de 381 mm (15"); entonces, se levanta el tubo irrigador con suavidad sin que deje de fluir la solución, de tal forma que el nivel del líquido se mantenga cerca a dicha altura, mientras se extrae el tubo irrigador. El flujo se debe regular justamente antes de que el tubo irrigador sea completamente retirado, con el fin de ajustar el nivel final a la lectura de 381 mm (15").

Se deja en reposo el cilindro con su contenido durante 20 min \pm 15 s. El tiempo se comienza a medir inmediatamente después de retirar el tubo irrigador.

Al finalizar los 20 minutos del periodo de sedimentación, se lee y anota el nivel de la parte superior de la suspensión arcillosa. Este valor se denomina "lectura de arcilla". Si no se ha formado una línea clara de demarcación al finalizar el periodo especificado de 20 minutos, se permite que la muestra permanezca sin ser perturbada hasta que se pueda obtener una lectura de arcilla; entonces, se lee y se anota inmediatamente la altura de la suspensión arcillosa y el tiempo total de sedimentación. Si éste último excede de 30 minutos, se debe realizar de nuevo el ensayo, usando tres especímenes individuales del mismo material. Solamente se debe anotar la lectura de la columna arcillosa del espécimen que requiera el menor tiempo de sedimentación.



Después de tomar la lectura de arcilla, se introduce dentro del cilindro el dispositivo para tomar lecturas, y se baja suavemente hasta que llegue sobre la arena. Se debe impedir que el dispositivo golpee la boca del cilindro, mientras se baja.

Cuando el disco de asentamiento (pie) descansa sobre la arena, se inclina el dispositivo hacia las graduaciones del cilindro, hasta que el indicador del dispositivo toca la pared del cilindro. Se restan 254 mm (10") al nivel marcado por el borde superior del indicador y se registra este valor como la "lectura de arena"

Mientras se esté tomando la lectura de la arena, se debe tener cuidado de no presionar el dispositivo hacia abajo, pues ello conduce a una lectura errónea.

Cuando el nivel de las lecturas de arcilla o arena esté entre líneas de graduación de 0.1" (2.5 mm), se anotará la lectura correspondiente a la graduación inmediatamente superior. Por ejemplo, si la "lectura de arcilla" es 7.95 se anotará como 8.0. Una "lectura de arena" de 3.22, se anotará como 3.3.

Después de tomar las lecturas, se saca del cilindro el dispositivo de lectura, se tapa aquel con su tapón de caucho y se sacude hacia arriba y hacia abajo en posición invertida hasta que el



 UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS	FORMATO DE PRÁCTICAS ACADÉMICAS	Código: GD-PR-010-FR-008	 Sistema Integrado de Gestión
	Macroproceso: Gestión Académica	Versión: 02	
	Proceso: Gestión de Docencia	Fecha de Aprobación: 04/10/2017	

material sedimentado se deshaga, y se vacía inmediatamente. El cilindro se deberá enjuagar con agua, al menos dos veces.



Figura 8. Lectura de arena

Fuente: Norma INVIAS E-133-13

 UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS	FORMATO DE PRÁCTICAS ACADÉMICAS	Código: GD-PR-010-FR-008	 SIGUD Sistema Integrado de Gestión
	Macroproceso: Gestión Académica	Versión: 02	
	Proceso: Gestión de Docencia	Fecha de Aprobación: 04/10/2017	

7. CALCULOS

El equivalente de arena (EA) se calculará con aproximación a la décima (0.1 %), así:

$$EA = \frac{\text{Lectura de arena}}{\text{Lectura de arcilla}} * 100$$

Si el valor obtenido en el cálculo no es un número entero, se debe redondear al número entero superior. Por ejemplo, si la lectura anotada de arcilla fue 8.0 y la lectura anotada de arena fue 3.3, el equivalente de arena será $(3.3/8.0) \times 100 = 41.2$. Como este valor no es entero, se redondeará a 42 y así será registrado en el informe.

Si se desea obtener el promedio de una serie de valores de equivalente de arena, se promedian los valores enteros determinados como se describió anteriormente, y si dicho promedio no es un número entero, se redondeará hacia el entero superior.

8. NORMA DE REFERENCIA

INVIAS E-133-13