PESO UNITARIO DEL SUELO Y DEL SUELO-AGREGADO EN EL TERRENO MEDIANTE METODOS NUCLEARES (PROFUNDIDAD REDUCIDA)

I.N.V. E - 164

1. OBJETO

1.1 Esta norma se refiere a la determinación en el terreno del peso unitario húmedo total de un suelo o de un suelo suelo-agregado con fines de investigación, control o diseño, colocando una fuente emisora y un detector de rayos gamma, sobre o dentro del material, o adyacente al mismo. Los métodos nucleares pueden aplicarse hasta profundidades entre 50 y 300 mm (2" y 12").

1.2 Empleando algunos modelos recientes de equipos nucleares pueden obtenerse simultáneamente el peso unitario seco, y el grado de compactación con respecto a un peso unitario de referencia.

1.3 La intensidad de la radiación detectada depende en parte del peso unitario del material bajo ensayo, y la lectura de la misma se transforma en peso unitario húmedo mediante una curva de calibración. Los resultados pueden afectarse por la composición química, la heterogeneidad de la muestra o por su textura superficial y también por distorsión espacial, por cuanto el aparato puede estar más sensible a ciertas zonas del muestreo.

1.4 Para la calibración y operación del equipo, así como para el procedimiento de ensayo, deberán tenerse en cuenta las recomendaciones del fabricante del equipo.

2. USO Y SIGNIFICADO

2.1 La ventaja principal de este ensayo, con respecto a procedimientos tradicionales (cono de arena, balón, etc.), radica en que no es destructivo y en la relativa facilidad para hacerlo, por lo cual pueden efectuarse muchos más ensayos y detectarse mediciones aparentemente erróneas. Sin embargo, se le objeta que con él no se puede examinar el suelo a profundidades mayores de las indicadas anteriormente.

2.2 El equipo empleado en este método es del tipo superficial, en oposición al de huecos profundos, y básicamente consta de tres elementos: (1) fuente nuclear emisora de rayos gama; (2) un detector sensible a estos rayos que son

modificados al pasar a través del material que se está ensayando; (3) medidor para el cronometraje automático y preciso, que es necesario para determinar la rata a la cual los rayos gama modificados llegan al detector. Puede emplearse cualquier fuente de rayos gama que tenga emisión abundante y energía apropiada. La estabilidad de las fuentes con el tiempo, en términos de vida media, es una consideración importante de diseño y las más empleadas son Cesio-137 y Radio-Berilio. Los dos detectores más comúnmente empleados, son los tubos llenos de gas del tipo Geiger-Muller y los cristales centelleantes, generalmente de yoduro de sodio. Los detectores del último tipo ofrecen la posibilidad de variar electrónicamente, el nivel de energía de los rayos gama que se cuentan. Con detectores de tipo Geiger - Muller este nivel esta fijado en el diseño.

2.3 La rata a la cual los rayos gamma llegan al detector se denomina en esta norma, con el nombre de cuantía.

2.4 El volumen del suelo o del suelo-agregado representado en las mediciones es indeterminado y variará con la geometría del sistema fuente-detector del equipo empleado y con sus características físicas. En general, manteniendo constantes las condiciones restantes, cuanto más denso sea el material, menor será el volumen involucrado en la medida. El peso unitario determinado entonces, no es necesariamente promedio dentro del volumen incluido en la medida hecha bajo condiciones usuales; la cuantía está determinada en gran parte, por los 75 a 100 mm (3" a 4") superiores del material. Cuando los materiales son de peso unitario uniforme, esta característica no tiene efecto.

2.5 El número de rayos gama emitidos por una fuente durante un período dado, es estadísticamente aleatorio y sigue una distribución Gaussiana. Por esto, el número real de rayos modificados detectados y contados al medir un peso unitario, deberá ser suficientemente grande para disminuir la probabilidad de que la cuantía observada, muestre variaciones inaceptables, que se reflejan en la desviación estándar de la cuenta total. La precisión del sistema completo para determinar pesos unitarios, es también de naturaleza estadística y puede variar con el equipo, con las condiciones de ensayo en el laboratorio frente a las del terreno, así como con los materiales y con los operadores, por lo cual no es posible dar números precisos para su exactitud·

2.6 Una de las fuentes más comúnmente empleadas, el Cesio 137, es producida por el hombre y su empleo está regulado por la Comisión de Energía Atómica en E.E.U.U., así como por algunos otros gobiernos. Como el radio es un elemento natural, su empleo está regulado igualmente por los respectivos

gobiernos en la mayoría de los países. Además de los objetivos de establecer regulaciones e instrucciones precisas, están los de emplear el material radioactivo de manera segura para el operador y las demás personas.

3. METODOS DE ENSAYO

3.1 Existen tres métodos generales para la ejecución del ensayo:
Método A - Retrodispersión, que será tratado en el numeral 8.

Método B - Transmisión Directa, en el numeral 9, y

Método C - Colchón de aire, en el numeral 10.

3.2 Las medidas se efectúan empleando rayos gamma, que en gran parte se reflejan con energía reducida, por dispersión o por transmisión directa, a través del material bajo ensayo.

3.3 Las hipótesis fundamentales inherentes a los métodos anteriores son: a) la dispersión Compton constituye la interacción predominante y b) el material bajo ensayo es homogéneo.

3.4 La determinación del peso unitario mediante métodos nucleares es indirecta, y no se ha desarrollado un procedimiento teórico que prediga la cuantía para un equipo, una disposición geométrica, un material y un peso unitario dados. Como consecuencia, la relación entre el peso unitario y la cuantía, es determinada mediante ensayos de correlación con materiales de pesos unitarios promedios conocidos. Los fabricantes de equipos individuales suministran una curva con cada equipo, pero estas curvas no se mantienen necesariamente para todos los suelos y suelos-agregados debido a diferencias en la composición química de los mismos. Las variaciones aparentes en las curvas de calibración también pueden ser inducidas por diferencias en el asentamiento, en la cuantía de referencia y en otras variaciones del ensayo. Pueden emplearse diferentes procedimientos para comprobar las curvas de calibración. Se dan en esta norma los más utilizados, debiendo aplicarse estos procedimientos con equipos nuevos o a los equipos en servicio, cuando se substituyan sus partes principales.

3.5 Medidas de seguridad. Procedimientos detallados de seguridad se hallan por fuera del objeto de esta norma, pero es necesario que quienes empleen estos equipos se familiaricen con los riesgos de los mismos, que se establezcan ensayos rutinarios de escape o fugas de radioactividad, que se empleen registros y escarapelas para su medida, y que aquellos se evalúen debidamente.

4. CALIBRACION

4.1 Además de lo especificado en esta norma, se deberán atender las recomendaciones del fabricante acerca de la calibración del equipo empleado.

4.2 Se han establecido curvas de calibración determinando la cuantía para diferentes materiales de pesos unitarios diferentes y conocidos, dibujando la cuantía contra cada peso unitario conocido, y haciendo pasar una curva a través de los puntos resultantes. La cuantía podrá determinarse, promediando un mínimo de cuarto mediciones, de por lo menos un minuto de duración cada una, para cada material. El método empleado para establecer la curva debe ser el mismo que se usaría para determinar el peso unitario en un ensayo, pero los materiales empleados para establecerla deben variar dentro de un intervalo que incluya el peso unitario de los materiales que se van a ensayar, y deberán tener un peso unitario uniforme.

Pueden establecerse curvas de calibración en las siguientes formas:

. Empleando bloques con peso unitario conocido, de materiales que se consideran satisfactorios para este fin como el granito, el aluminio, el magnesio-aluminio laminado, la caliza y el magnesio.

. Empleando muestras preparadas de suelo-agregado en recipientes compactados a pesos unitarios conocidos.

Nota 1: Las curvas de calibración no son aplicables a materiales no representados al establecerlas. Los bloques metálicos son satisfactorios únicamente para determinar la forma adecuada y la inclinación de la curva, pero la localización correcta de ésta, debe determinarse mediante ensayos sobre bloques de materiales de composición similar a los que se hallarán en el terreno.

El empleo de bloques es ventajoso porque son durables y proporcionan referencias estables para el peso unitario. Los bloques y muestras preparadas en recipientes deben ser suficientemente grandes para que no cambie la cuantía observada, si se hacen mayores en cualquier dimensión. Las muestras preparadas en recipientes deben ser suficientemente grandes para permitir la rotación del medidor en 90°. Para la calibración de retrodispersores, es necesaria una profundidad mayor de 150 mm (6").

4.3 Verificación de las curvas de calibración de aparatos nuevos.- Deberán verificarse al ser adquiridos los aparatos y también cuando por cualquier razón se considere que los resultados de ensayos rutinarios son imprecisos. Para el método de retrodispersión, las curvas de calibración deberán verificarse en caso de ensayos de materiales que sean claramente diferentes de los tipos de materiales ensayados previamente, y que puedan tener composiciones químicas diferentes. Las curvas de calibración pueden verificarse ya sea sobre bloques o sobre muestras preparadas en recipientes.

4.4 Ajuste de la curva de calibración.- Cuando los bloques o recipientes preparados con materiales de peso unitario conocido están siendo empleados para ajustar la calibración, dibújese la cuantía contra cada peso unitario conocido, utilizado en 4.2. Si los puntos no se ajustan a la curva de calibración previamente establecida, reemplácese dicha curva por otra dibujada paralelamente a la anterior y a través de los puntos de cuantía.

- Cuando se está empleando el método del cono, del balón de caucho o del peso específico para ajustar la calibración, compárese el promedio de 10 sitios por lo menos, efectuando en cada sitio un ensayo nuclear y uno de arena, balón de caucho o peso específico, y procédase como se indica enseguida, para ajustar las curvas de calibración.

  a) Si el peso unitario de cada uno de los ensayos de comparación, varía en menos de 80 kg/m^3 (5 lb/pie^3) del peso unitario determinado mediante el método nuclear, y si el promedio de los ensayos de peso unitario con sistemas convencionales está cerca de 32 kg/m^3 (2 lb/pie^3), el promedio de todos los ensayos nucleares correspondientes, no es necesario ningún ajuste de la curva de calibración.

  b) Si el promedio de esas determinaciones, está en más de 32 kg/m^3 (2 lb/pie^3) por encima o por debajo del promedio de todos los ensayos nucleares correspondientes, los ensayos subsiguientes deberán ajustarse mediante la diferencia en los promedios, la cual deberá agregarse si el promedio de los ensayos nucleares es menor, y sustraerse si es mayor.

  c) La diferencia promedia obtenida según el literal b) puede emplearse para dibujar una curva de calibración corregida, la cual será paralela a la de calibración original y deberá compararse en magnitud y dirección como se determina en el literal b) antes citado.

Nota 2: El ajuste de calibración es una tarea compleja y deberá efectuarse únicamente por quienes sean aptos por su conocimiento en este campo.

5. ESPECIFICACIONES DEL SISTEMA

5.1 Cualquier equipo que sea utilizado en este método, deberá satisfacer los requerimientos aquí especificados.

5.2 Precisión.- La precisión del sistema se determina a partir de la pendiente de la curva de calibración y de la desviación estándar de las cuantías observadas en un mismo sitio, para el tiempo de medición recomendado, el cual deberá ser por lo menos de 1 minuto:

$$P = \sigma/s \qquad (1)$$

Donde:

P = Precisión

σ = Desviación estándar, de las cuantías observadas en un mismo sitio, para el tiempo de medición recomendado.

s = Pendiente, variación de la cuantía al variar el peso unitario, en cuantía/(kg/m^3) (cuantía/(lb/pie^3)).

5.3 Determínese la pendiente a partir de la curva de calibración en el punto de peso unitario igual a 1762 kg/m^3 (110 lb/pie^3). Determínese la desviación estándar a partir de diez (10) mediciones repetidas, (cada una con el tiempo de medición recomendado, y sin mover el aparato después de la primera medición), tomados sobre un material que tenga un peso unitario de 1762 ± 80 kg/m^3 (110 ± 5 lb/pie^3). El valor de P puede ser menor de 20 kg/m^3 (1.25 lb/pie^3).

5.4 Error químico.- El error debido a cambios en la composición química de materiales, que tengan coeficientes de atenuación gamma menores que los del granito, o mayores que los de la caliza, no deberá ser mayor de ± 2.5%, en los métodos de retrodispersión, ni de ± 1.2%, para los de transmisión directa con la fuente a una profundidad de 150 mm (6").

Para la determinación del error químico podrá utilizarse lo especificado en el ensayo ASTM D 2922.

5.5 Error debido a la rugosidad de la superficie.- El error ocasionado por el colchón de aire de 1.3 mm (0.05") entre la base del medidor y la superficie del material que se está midiendo, no deberá ser mayor del 4%, en el método de retrodispersión, ni mayor del 1%, en el de transmisión directa, en la fuente colocada a 150 mm (6") de profundidad. Pueden disminuirse los efectos de la rugosidad superficial mediante preparación cuidadosa del sitio.

El efecto de la rugosidad de la superficie puede medirse así: colóquese el aparato sobre una superficie plana pulida, después de limpiar la superficie y la base del detector, y mídase el peso unitario. Levántese luego el medidor, colocando espaciadores de 1.3 mm (0.05") entre la base del detector y la superficie del material, de manera que no interfiera con la zona de medida del detector. Vuélvase a medir el peso unitario aparente; la diferencia representa el error.

6. EQUIPO

6.1 La fuente emisora gamma, deberá ser una fuente de radioisótopos, encapsulada y sellada. (Ver figura 1a y 1b).

6.2 Detector de rayos gamma, de cualquier tipo adecuado.

6.3 Dispositivo de lectura, o contador automático, de escala apropiada, que registre la cuantía de los rayos que llegan al detector. Generalmente, el dispositivo de lectura deberá contener fuentes de alto y bajo voltaje, para operar el detector y los dispositivos accesorios de lectura.

6.4 Cajas.- La fuente, el detector, el dispositivo de lectura, y el suministro de corriente deberán hallarse en cajas de construcción fuerte, a prueba de humedad y polvo.

6.5 Patrón de Referencia, de peso unitario uniforme e invariable. Deberá proporcionarse para cada medidor, con el objeto de comprobar la operación del equipo y la calibración y para establecer condiciones de que la cuantía sea reproducible.

6.6 Dispositivos para la preparación del sitio.- Una placa de acero, una regla, así como otras herramientas de nivelación, adecuadas para aplanar el sitio de ensayo, hasta darle la tersura requerida.

6.7 Sonda.- (Aplicable al método de transmisión directa). Cualquier fuente gamma o el detector deberán alojar una sonda para ser insertada en un hueco preelaborado en el material que va a ser ensayado. La sonda deberá tener marcas con incrementos de 50 mm (2") para ensayos con profundidades de la sonda de 50 a 300 mm (2 a 12"). La sonda deberá ser operada mecánicamente, de manera que, cuando se mueva manualmente hasta la profundidad marcada deseada, se mantenga en su posición, a dicha profundidad.

6.8 Guía.- (Aplicable al método de transmisión directa). Para formar un agujero perpendicular a la superficie preparada. (Véase Figura 1c).

6.9 Herramientas para hacer el hueco, en el material que se va a ensayar, como un barreno o una punta con un diámetro nominal, igual o ligeramente mayor que el de la sonda, pero que no exceda el de ésta, en más de 3 mm (1/8"). (Aplicable al método de transmisión directa).

6.10 Soportes espaciadores.- (Aplicables al método del colchón de aire). Sirven para sostener el medidor con vacío óptimo de aire por encima del material que se está ensayando. Los soportes espaciadores deberán diseñarse para que soporten el medidor a una altura óptima sin interferir la base del mismo. (Véase Figura No.1b).

Nota 3: Las curvas de calibración y colchón de aire óptimo pueden adquirirse del fabricante para cada medidor y deben ser fácilmente comprobadas.

7. NORMALIZACION

7.1 Es necesaria la normalización del equipo sobre un patrón de referencia, al inicio de cada día de uso y deberá mantenerse un registro permanente de tales datos.

7.2 Póngase a funcionar el equipo y déjese estabilizar de acuerdo con las recomendaciones del fabricante.

7.3 Si la comprobación de calibración muestra que no hay cambio significativo de la curva de calibración, deberá establecerse una nueva cuantía normal de referencia, N_O. Si las comprobaciones de calibración muestran, una diferencia significativa en la curva de calibración, es necesario reparar y recalibrar el aparato.

$$N_S = N_O \pm 2.0 \sqrt{N_O} \qquad (3)$$

Donde:

N_S = Cuantía medida al comprobar la operación del instrumento sobre el patrón de referencia.

N_O = Cuantía normal de referencia previamente establecida sobre el patrón referencia (promedio de 10 lecturas repetidas).

METODO A - RETRODISPERSOR

8. PROCEDIMIENTO

8.1 Escójase un sitio para la prueba, donde el medidor en posición de ensayo se halle al menos a 150 mm (6") por fuera de cualquier proyección vertical.

8.2 Prepárese el sitio de ensayo de la manera siguiente:

- Remuévase todo el material suelto y alterado y el material adicional, en cuanto sea necesario, para exponer la parte superior del material que va a ser ensayado.
  Nota 4: Las dispersiones espaciales deberán considerarse para determinar la profundidad a la cual se va a colocar el medidor.

- Prepárese un área horizontal suficiente en tamaño para acomodar el medidor, aplanando el área hasta una condición lisa, de tal manera, que se obtenga el contacto máximo entre el medidor y el material que está siendo ensayado.

- El vacío máximo por debajo del medidor no deberá exceder de 3 mm (1/8"). Usense materiales del sitio o arena fina para llenar los vacíos y alísese la superficie, con una placa rígida o mediante otra herramienta adecuada.

  Nota 5: La colocación del medidor sobre la superficie del material que va a ser ensayado, es crítica para la determinación correcta del peso unitario. La condición óptima, es la de contacto total entre la superficie del fondo del medidor y la del material que se está ensayando. Pero como no es posible lograrlo, para corregir las irregularidades de la superficie se podrá emplear arena o material similar como llenante. La profundidad del relleno no deberá exceder de 3 mm (1/8") y el área total rellenada no deberá exceder del 10%

del área del fondo del medidor. Pueden requerirse varios asentamientos de prueba para lograr estas condiciones.

8.3 Procédase para el ensayo de la manera siguiente:

Asiéntese el medidor firmemente. (Ver Figura No.2a).

Manténgase por fuera del alcance de éste, cualquier otra fuente radioactiva, para evitar que se afecten las medidas.

Caliéntese el equipo según la recomendación del fabricante.

Obténganse y regístrense una o más lecturas de un minuto.

Determínese el peso unitario húmedo en el sitio, mediante el empleo de la curva de calibración establecida previamente.

METODO B - TRANSMISION DIRECTA

9. PROCEDIMIENTO

9.1 Escójase un sitio donde el medidor quede en posición de ensayo al menos 150 mm (6") por fuera de cualquier proyección vertical.

9.2 Prepárese el sitio de ensayo siguiendo los mismos pasos del método A-RETRODISPERSOR

- Adicionalmente, excávese un orificio de al menos 50 mm (2") de profundidad mayor que la profundidad a la cual se coloca la sonda y que sea perpendicular a la superficie preparada, empleando la guía y el dispositivo para formar el hueco con un alineamiento tal, que la inserción de la sonda, no haga inclinar el medidor con respecto al plano del área preparada.

9.3 Procédase para el ensayo de la manera siguiente:

- Colóquese el medidor sobre la superficie, alineada cuidadosamente con marcas y extiéndase la sonda en la posición requerida, para la profundidad deseada de ensayo. (Ver Figura 2b).

- Insértese la sonda en el orificio.

- Asiéntese firmemente el medidor, rotándolo alrededor de la sonda, con un movimiento hacia atrás y hacia adelante.

- Empújese suavemente el medidor en la dirección que colocaría el lado de la sonda, contra el lado del orificio más próximo a la localización del detector o la fuente en la caja del medidor.

- Manténganse cualquier otra fuente radioactiva fuera del medidor, para evitar que afecte la medida.

- Caliéntese el equipo según la recomendación del fabricante.

- Obténganse y regístrense una o más lecturas de un minuto.

- Determínese el peso unitario húmedo en el sitio, mediante el uso de la curva de calibración establecida previamente.

METODO C - COLCHON DE AIRE

10. DETERMINACION DEL COLCHON DE AIRE OPTIMO

10.1 Para determinar el óptimo colchón de aire a que se refiere este método se procede de la siguiente manera.

- Escójanse tres o más áreas diferentes sobre las cuales se harán las determinaciones. Dichas áreas pueden ser bloques o recipientes preparados, empleados para calibración (4.2) o áreas en el terreno, del suelo o suelo-agregado compactado (4.4). El peso unitario de los materiales en las áreas escogidas deberá variar a través de un intervalo que incluya los pesos unitarios de los materiales que van a ser ensayados.

- Colóquese el medidor de peso unitario sobre el área de ensayo, montándolo sobre el soporte colocado en los bordes extremos del mismo, de tal manera, que no obstruya el espacio entre el fondo del medidor y la superficie del área de ensayo.

- Tómense y anótense dos lecturas de cuantía por minuto y determínese el promedio de las mismas.

- Mediante bloques o espaciadores adicionales, auméntese el colchón de aire en incrementos de 6.4 mm (¼"). Tómense, regístrense y promédiense dos lecturas adicionales de 1 minuto cada una.

- Continúese aumentando el colchón de aire mediante incrementos de 6.4 mm (¼"), asegurando lecturas promedias para cada colchón, hasta cuando haya una reducción en las lecturas de cuantía por minuto para un incremento en el colchón de aire.

- Sobre un gráfico a escala, dibújense estas cuantías por minuto como ordenadas contra cada colchón de aire (en mm o pulgadas), y dibújese una curva suave a través de los puntos resultantes. Regístrese el colchón de aire máximo, determinado en el pico de la curva (colchón de aire pico).

- Repítanse los procedimientos de éste numeral sobre dos o más áreas adicionales de materiales de peso unitario diferente y regístrese el colchón de aire pico, para cada una.

- Hállese el promedio de los colchones de aire pico, de todas las áreas, el cual será el colchón de aire óptimo, y empléese éste para establecer la curva de calibración mediante este método y para todas las determinaciones de peso unitario de acuerdo con el mismo.

11. PROCEDIMIENTO

11.1 Escójase un sitio donde el medidor en la posición de ensayo quede al menos a 150 mm (6") de cualquier proyección vertical del mismo. Nivélese una área suficiente para colocar la armazón y el medidor.

11.2 Prepárese el sitio de ensayo siguiendo los mismos pasos del método A-RETRODISPERSOR.

11.3 Procédase para el ensayo de la manera siguiente: - Colóquese firmemente el medidor.

- Manténganse cualquier otra fuente radioactiva por fuera del medidor, para evitar que afecte la medida y las lecturas.

- Caliéntese el equipo según las recomendaciones del fabricante.

- Regístrense una o más lecturas de un minuto en la posición de retrodispersión.

- Colóquese la armazón, establézcase un colchón de aire óptimo en el sitio del ensayo, y colóquese el medidor sobre la armazón de manera que ésto quede directamente sobre el mismo sitio empleado para las lecturas de retrodispersión. Cuando se use un medidor del tipo de transmisión directa, para esta lectura, colóquese la sonda en posición retraída, o en la del retrodispersor.

- Tómese el mismo número de lecturas del tiempo normal de un minuto, tanto en la posición del colchón de aire, como en la del retrodispersor.

- Determínese la relación del colchón de aire dividiendo las cuantías por minuto obtenidos en la posición del colchón de aire, por las obtenidas en la posición del retrodispersor.

- Determínese el peso unitario en el sitio, mediante el uso de la curva de calibración aplicable, previamente establecida.

Nota 6: La relación del colchón de aire puede determinarse dividiendo las cuantías por minuto obtenidas en la posición de retrodispersión, por las cuantías por minuto obtenidas en la posición de colchón aire o viceversa. Para cualquier relación que se emplee, deberá utilizarse también la misma curva de calibración.

12. DETERMINACION DEL PESO UNITARIO SECO

12.1 Para obtener el peso unitario seco empleése uno de los métodos siguientes:

- Si la humedad se determinó por métodos nucleares, INV E-166, réstese el peso del agua en kg/m^3 (lb/pie^3) del peso unitario total o húmedo y obténgase el peso unitario seco en kg/m^3 (lb/pie^3).

- Si la humedad se halló por métodos diferentes, (secamiento en el horno o carburo de calcio) y está dada como porcentaje, procédase así:

$$\gamma_d = [\gamma_{hum}/(w + 100)] \times 100$$

donde:

γ_d = Peso unitario seco, kg/m^3 (lb/pie^3)

γ_{hum} = Peso unitario húmedo, kg/m^3 (lb/pie^3).

w = Porcentaje de humedad en la muestra.

13. INFORME

13.1 El informe deberá incluír:

- Sitio del ensayo
- Descripción visual del material
- Identificación del equipo de ensayo (marca, modelo, No.de serie)
- N_S, cuantía medida al comprobar la operación del instrumento (7.3) sobre el patrón de referencia (6.5), método y fecha de la misma.
- N_O, cuantía normal de referencia previamente establecida (7.3), sobre el patrón de referencia (6.5) (promedio de 10 lecturas repetidas).
- Cuantía para cada lectura.
- Cuantía total
- Peso unitario húmedo

14. CORRESPONDENCIA CON OTRAS NORMAS

AASHTO T 238

ASTM D 2922