

GUIA METODOLÓGICA PARA LA COORDINACIÓN Y EJECUCIÓN DE PRUEBAS DE CAMPO Y LABORATORIO

PRESENTADA POR
SERGIO ALEJANDRO CARDENAS FLOREZ

TUTOR
JOAN SEBASTIAN VILLAMIL RAMIREZ

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECAÑICAS
INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA

2025

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	4
1. INV E 122:2013 - DETERMINACIÓN EN EL LABORATORIO DEL CONTENIDO DE AGUA (HUMEDAD) DE MUESTRAS DE SUELO, ROCA Y MEZCLAS DE SUELO -AGREGADO.	5
2. INV E 123:2013 - DETERMINACIÓN DE LOS TAMAÑOS DE LAS PARTICULAS DE LOS SUELOS.	7
3. INV E 125/126:2013 - DETERMINACIÓN DE LÍMITE LÍQUIDO, PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS.	10
4. INV E 142:2013 - RELACIONES HUMEDAD – PESO UNITARIO SECO EN LOS SUELOS (ENSAYO MODIFICADO DE COMPACTACIÓN)	13
5. INV E 148:2013 - CBR DE SUELOS COMPACTADOS EN EL LABORATORIO Y SOBRE MUESTRA INALTERADA.	16
6. INV E 161:2013 - DENSIDAD Y PESO UNITARIO DEL SUELO EN EL TERRENO POREL MÉTODO DEL CONO Y ARENA.	19
7. INV E 211:2013 - DETERMINACIÓN DE TERRONES DE ARCILLA Y PARTICULAS DELEZNABLES EN LOS AGREGADOS.....	22
8. INV E 212:2013 - PRESENCIA DE IMPUREZAS ORGÁNICAS EN ARENAS USADAS EN LA PREPARACIÓN DE MORTEROS O CONCRETOS.....	24
9. INV E 213:2013 - ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS AGREGADOS GRUESO Y FINO.	26
10. INV E 214:2013 - DETERMINACIÓN DE LA CANTIDAD DE MATERIAL QUE PASA EL TAMIZ DE 75µm (No. 200) EN LOS AGREGADOS PÉTREOS MEDIANTE LAVADO	28
11. INV E 217:2013 - DENSIDAD BULK (PESO UNITARIO) Y PORCENTAJE DE VACÍOS DE LOS AGREGADOS EN ESTADO SUELTO Y COMPACTO.	30
12. INV E 218:2013 - INV E 219:2013 RESISTENCIA A LA DEGRADACION DE LOS AGREGADOS DE TAMAÑOS MAYORES DE 19 mm (3/4”) Y MENORES DE 37.5 mm (1 ½”) POR MEDIO DE LA MAQUINA DE LOS ANGELES.	32
13. INV E 220:2013 - SOLIDEZ DE LOS AGREGADOS FRENTE A LA ACCIÓN DE SOLUCIONES DE SULFATO DE SODIO O DE MAGNESIO.....	34
14. INV E 221:2013 - CANTIDAD DE PARTICULAS LIVIANAS EN AGREGADOS PÉTREOS.....	37
15. INV E 223:2013 - DENSIDAD, DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECÍFICA) Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO.....	40

16. INV E 227:2013 - PORCENTAJE DE PARTÍCULAS FRACTURADAS EN UN AGREGADO GRUESO.....	43
17. INV E 230:2013 - ÍNDICES DE APLANAMIENTO Y DE ALARGAMIENTO DE LOS AGREGADOS PARA CARRETERAS.	45
18. INV E 235:2013 - VALOR DE AZUL DE METILENO EN AGREGADOS FINOS..	48
19. INV E 238:2013 - DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA DEL AGREGADO GRUESO A LA DEGRADACIÓN POR ABSORCIÓN UTILIZANDO EL APARATO MICRO-DEVAL.....	52
20. INV E 410:2013 - RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CILINDROS DE CONCRETO.....	55
21. INV E 418:2013 - OBTENCIÓN Y ENSAYO DE NÚCLEOS DE CONCRETO ENDURECIDO.	58
22. INV E 732:2013 - EXTRACCIÓN CUANTITATIVA DEL ASFALTO EN MEZCLAS PARA PAVIMENTOS.	61
23. INV E 733:2013 - GRAVEDAD ESPECÍFICA BULK Y DENSIDAD DE MEZCLAS ASFÁLTICAS COMPACTADAS NO ABSORBENTES EMPLEANDO EXPECÍMENES SATURADOS Y SUPERFICIALMENTE SECOS.	64
24. INV E 748:2013 – ESTABILIDAD Y FLUJO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EMPLEANDO EL EQUIPO MARSHALL.	67
25. INV E 782:2013 - ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS AGREGADOS EXTRAÍDOS DE MEZCLAS ASFÁLTICAS.....	70

INTRODUCCIÓN

Esta guía metodológica básica y didáctica ha sido elaborada con el propósito de servir como una herramienta clara, sencilla y accesible para todas las personas interesadas en conocer y aplicar algunos procedimientos de ensayos de laboratorio y campo utilizados en proyectos de construcción de casas, vías, puentes y en general en el área de la ingeniería civil.

Muchas veces, los procesos técnicos que se desarrollan en obras o laboratorios pueden parecer complejos o difíciles de entender, especialmente para quienes no cuentan con formación profesional en ingeniería. Por eso, esta guía ha sido pensada para explicar de forma simple y visual cómo se realizan algunos de los ensayos sobre materiales como suelos, agregados, concretos y mezclas asfálticas.

Cada procedimiento está descrito paso a paso, con un lenguaje amigable, apoyado en imágenes, cuadros y fórmulas esenciales. El objetivo es que cualquier persona ya sea estudiante, técnico en formación, auxiliar de obra o alguien que simplemente desee aprender pueda comprender de forma básica qué se hace, cómo se hace y por qué es importante cada uno de estos ensayos.

Aunque los contenidos están basados en normas técnicas colombianas (como las especificaciones INVIAS), la guía no pretende reemplazar manuales técnicos ni documentos normativos, sino realizar un enfoque básico, pedagógico y práctico, facilitando la enseñanza y el aprendizaje de los ensayos mencionados.

Además, esta guía metodológica busca mostrar lo importante que es realizar correctamente los ensayos de materiales, ya que de ellos depende en gran parte la calidad, seguridad y durabilidad de las obras de infraestructura. Conocer y aplicar estos procedimientos con responsabilidad y criterio es fundamental para obtener el éxito de cualquier proyecto que se esté realizando.

En resumen, esta guía busca acercar el conocimiento técnico a todos iniciando de una forma básica y didáctica, promoviendo el aprendizaje, la participación informada y la mejora continua en el ámbito de la ingeniería. Una herramienta pensada para aprender haciendo, para acompañar en el trabajo de campo y laboratorio, y para fomentar una formación más práctica, visual y participativa en el sector de la ingeniería.

1. INV E 122:2013 - DETERMINACIÓN EN EL LABORATORIO DEL CONTENIDO DE AGUA (HUMEDAD) DE MUESTRAS DE SUELO, ROCA Y MEZCLAS DE SUELO -AGREGADO.

El ensayo se refiere a la determinación en el laboratorio de agua (humedad), por masa, de suelo, roca y mezclas de suelo-agregado, se lleva la muestra del material húmedo a un horno a temperatura de 110 ± 5 °C y se seca hasta alcanzar masa constante.

Se considera que la masa perdida a causa del secado es agua y que la masa remanente corresponde a la muestra seca, por último el contenido de agua se calcula relacionando la masa de agua en la muestra húmeda con la masa de la muestra seca.

Equipos:

Desecador (opcional)



Aparato para el manejo de muestras



Balanza de precisión



Horno



Recipientes herméticos para muestras



Preparación:

- Verifique que los recipientes estén limpios antes del ensayo.
- Calibre la balanza y asegúrese de que el horno esté a 110 ± 5 °C.

Muestra:

- Tome una muestra representativa.
- Pesar la muestra húmeda (M1).

Ejecución del ensayo:

- Colocar en horno a temperatura de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ por 24 horas.
- Pesar muestra seca (M2).

Registro de datos:

- Registre los pesos y calcule el porcentaje de humedad.

$$\% \text{Humedad} = \left(\frac{\text{masa húmeda} - \text{masa seca}}{\text{masa seca}} \right) * 100$$

Análisis de resultados:

Analizar los resultados de contenido de humedad obtenidos y de esta manera saber si el contenido de humedad del material es muy elevado o no de acuerdo con la obra o proyecto en el que se tenga como fin usar el material. Ejemplo, en una obra vial se requirió el ensayo de humedad para un agregado, el resultado fue un contenido de humedad fue de 12%, a lo que posterior se hace un análisis para saber si puede afectar la compactación del suelo por la presencia de vacíos que tiene el material ensayado.

2. INV E 123:2013 - DETERMINACIÓN DE LOS TAMAÑOS DE LAS PARTICULAS DE LOS SUELOS.

Esta norma busca determinar de forma cuantitativa la distribución de los tamaños de las partículas de un suelo, la distribución de las partículas mayores a $75 \mu\text{m}$ (retenidas en el tamiz No. 200) se determinan por tamizado, mientras que la distribución de los tamaños de las partículas menores a $75 \mu\text{m}$ (que pasan el tamiz No. 200) se determinan por un proceso de sedimentación empleando un hidrómetro.

Equipos:

Tamices



Tamizadora mecánica (opcional)



Balanza de precisión



Horno para secado



Recipientes para muestras



Cepillo de cerdas suaves



Preparación del equipo:

- Hay que asegurar que la balanza esté calibrada.
- Precalentar el horno a temperatura de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.
- Limpie los recipientes metálicos y péselos antes de usarlos.
- Verifique que los tamices estén en óptimas condiciones y posterior organizarlos en orden decreciente de abertura.

Muestras:

- Extraer una cantidad representativa de suelo o muestra para ensayar.
- Secar la muestra en el horno a temperatura de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.
- Pesar la muestra seca.
- Colocar la muestra en la serie de tamices.

Ejecución del ensayo:

- Pasar la muestra por la serie de tamices.
- Agitar manualmente o con agitador mecánico.
- Pesar el material retenido en cada tamiz.

Registro de datos y fórmulas:

- Registre el peso retenido en cada tamiz y calcule su porcentaje.
- Calcule el porcentaje acumulado pasando por cada tamiz.

$$\%retenido = \left(\frac{\textit{masa retenida}}{\textit{masa total}} \right) * 100$$

$$\%pasa = 100\% - \%retenido \textit{ acumulado}$$

Análisis de resultados:

Grafique la curva granulométrica (% acumulado vs. tamaño de partícula), de esta manera interprete la distribución de tamaños para clasificar el suelo según la especificación de la norma. Ejemplo, imagine que está analizando una muestra de arena para construir una carretera. Al realizar el ensayo, se determina que el 60% de las partículas pasan por el tamiz No. 4 y el 15% pasa por el tamiz 3/8", con estos valores se procede a determinar a qué clase de arena pertenece la muestra ensayada.

3. INV E 125/126:2013 - DETERMINACIÓN DE LÍMITE LÍQUIDO, PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS.

Estas normas hacen referencia a la determinación del límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de los suelos, para el límite líquido se procesa la muestra de suelo para remover cualquier porción retenida en el tamiz de 425 μm (No. 40). Este se determina mediante tanteos, en los cuales una porción de la muestra se esparce sobre una cazuela de bronce que se divide en dos partes con un ranurador, permitiendo que esas dos partes fluyan como resultado de los golpes recibidos por la caída repetida de la cazuela sobre una base normalizada.

El límite plástico se determina presionando de manera repetida una pequeña porción de suelo húmedo, de manera de formar rollos de 3.2 mm (1/8") de diámetro, hasta que su contenido de agua se reduce a un punto en el cual se produce el agrietamiento y/o desmoronamiento de los rollos. El límite plástico es la humedad más baja con la cual se pueden formar rollos de suelo de este diámetro, sin que ellos se agrieten o desmoronen.

El índice de plasticidad se calcula restando el límite plástico del límite líquido.

Equipos:

Cazuela de Casagrande



Placa de vidrio



Balanza de precisión



Horno para secado



Recipientes para muestras



Espátula y superficie lisa



Aparato de enrollamiento para determinar límite plástico



Preparación del equipo:

- Limpie la cuchara de Casagrande y la placa de vidrio.
- Asegúrese de que el horno esté a 110 ± 5 °C.
- Asegúrese de que la balanza este bien calibrada.

Muestras:

- Tome una muestra representativa del suelo cuya característica desea conocer.
- Humedezca o seque la muestra según sea necesario para este ensayo.

Ejecución del ensayo:

Límite Líquido:

- Preparar la pasta de suelo y depositarla en la copa de Casagrande.
- Realice una ranura y golpee la copa hasta cerrar la ranura, cuente el número de golpes.

Límite Plástico:

- Formar un rollo de suelo y determine el contenido de agua cuando se agriete.

Registro de datos:

- Registre el número de golpes y el contenido de agua.

$$\textit{Indice de plasticidad} = \textit{Limite liquido} - \textit{Limite plastico}$$

Análisis de resultados:

Comparar los resultados del índice de plasticidad con la especificación que indique la norma y saber si el material se puede usar en el proyecto para el cual se hizo el ensayo. Ejemplo, a un material que será utilizado como sub base granular se le realizó el ensayo de limite líquido, limite plástico, se determinó el índice de plasticidad (%) de 9,6%, un límite liquido de 31,1% y un límite plástico de 21,5%, con estos valores se procede a realizar el chequeo según artículo 320-13 de la norma INVIAS y de esta manera se determina si el material cumple para sub base granular.

4. INV E 142:2013 - RELACIONES HUMEDAD – PESO UNITARIO SECO EN LOS SUELOS (ENSAYO MODIFICADO DE COMPACTACIÓN)

Este método de ensayo se emplea para determinar la relación entre la humedad y el peso unitario seco de los suelos (curva de compactación) compactados en un molde de 101.6 o 152.4 mm (4" o 6") de diámetro, con un martillo de 44.48 N (10lbf) que cae libremente desde una altura de 457.2 mm (18"), produciendo una energía de compactación aproximada de 2700 KN-m/m³.

Una muestra de suelo con una humedad de moldeo seleccionada, se coloca en cinco capas dentro de un molde, sometiendo cada capa a 25 o 56 golpes de un martillo de 44.48 N (10lbf) que cae desde una altura de 457.2 mm (18"), produciendo una energía de compactación aproximada de 2700 kN-m/m³. Se determina el peso unitario seco resultante. El procedimiento se repite con un número suficiente de humedades de moldeo, para establecer una curva que relacione a éstas con los respectivos pesos unitarios secos obtenidos.

Equipos:

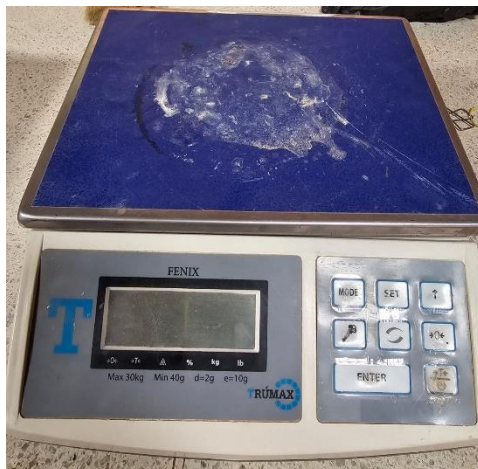
Molde cilíndrico



Martillo para compactación



Balanza de precisión



Horno para secado



Extractor de muestras



Tamices



Regla metálica



Recipiente para hallar humedad



Preparación del equipo:

- Verifique que el molde y el martillo estén limpios.
- Calibre la balanza y asegúrese de que el horno esté a 110 ± 5 °C.

Muestra:

- Se recolecta una muestra representativa de suelo (aproximadamente 10 kg).
- Se tamiza el suelo con malla No. 4 para eliminar gravas y material grueso.
- Se almacena en un recipiente hermético.

Ejecución del ensayo:

- Se pesa el molde de compactación vacío.
- Se mezcla la muestra con contenidos de humedad controlada.

- Se coloca la muestra en el molde y se compacta en 5 capas con 25 golpes del martillo.
- Se pesa el molde con suelo compactado.
- Se extrae una muestra para determinar su contenido de humedad en horno.
- Se repite con diferentes humedades y también se puede realizar con 56 golpes de martillo por capa.
- Se determina el peso unitario seco resultante.

Registro de datos:

- Peso húmedo.
- Contenido de humedad (%).
- Peso unitario seco (g/cm³) usando la ecuación:

$$\text{Peso unitario seco} = \left(\frac{\text{peso húmedo}}{1 + \frac{\% \text{humedad}}{100}} \right)$$

Análisis de resultados:

Grafique el peso unitario seco vs el contenido de humedad, para así hallar la humedad óptima para compactación. Luego de realizado este ensayo es importante compactar el CBR con la humedad óptima obtenida en este ensayo, si no se compacta con la humedad óptima se pueden presentar problemas por presencias grandes de vacíos lo que afectaría la resistencia del suelo.

5. INV E 148:2013 - CBR DE SUELOS COMPACTADOS EN EL LABORATORIO Y SOBRE MUESTRA INALTERADA.

En esta norma se describe el procedimiento de ensayo para la determinación de un índice de resistencia de los suelos de subrasante, subbase y base denominado CBR (California Bearing Ratio).

El ensayo CBR se utiliza en el diseño de pavimentos, en este, un pistón circular penetra una muestra de suelo a velocidad constante, y se expresa como la relación porcentual entre el esfuerzo requerido para que el pistón penetre dentro de la muestra de ensayo, y el esfuerzo que se requirió para penetrar las mismas profundidades a una muestra patrón de grava bien gradada, este ensayo se realiza en una muestra compactada en un molde específico.

Equipos:

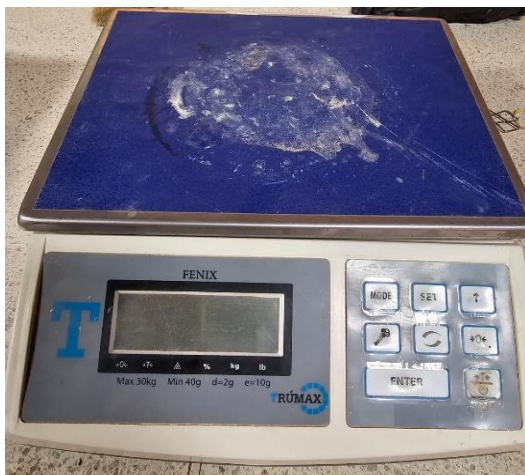
Molde cilíndrico



Martillo para compactación



Balanza de precisión



Horno para secado



Prensa de penetración



Tanque



Disco espaciador



Dial de deformación y trípode



Preparación del equipo:

- Verifique que el molde y el martillo estén limpios.
- calibre la balanza y asegúrese de que el horno esté a 110 ± 5 °C.
- Verifique que el disco espaciador, sea de forma circular metálico y de 150.8 ± 0.8 mm.

Muestra:

- Se toma muestra representativa de suelo de la obra.
- Se compacta la muestra en moldes CBR con 5 capas, para 10, 25 y 56 golpes por capa.
- Se satura en agua por 96 horas. (se pone inmerso en agua)

Ejecución del ensayo:

- Se somete a carga axial con pistón de 50 mm/min.
- Se mide la carga que se aplica en penetraciones de 0.1" y 0.2" (2.54mm y 5.08mm).

Registro de datos:

- Registre las cargas y calcule CBR.
- Cálculo del CBR:

$$CBR = \left(\frac{\text{carga medida}}{\text{carga estandar}} \right) * 100$$

Análisis de resultados:

Un resultado de CBR alto indica que es un suelo más resistente, lo que indica que es apto para usarse en obra. Ejemplo, al realizar el ensayo de CBR para un material que será usado como sub base granular se obtuvo un resultado de 35%, con este resultado se procede a analizar si es apto según el artículo 320-13 de la norma INVIAS, en el caso que este no cumpla se podría solucionar añadiendo una capa de material más resistente (como grava) para mejorar el CBR, puesto que, un CBR bajo puede hacer que el pavimento se agriete o se hunda.

6. INV E 161:2013 - DENSIDAD Y PESO UNITARIO DEL SUELO EN EL TERRENO POR EL MÉTODO DEL CONO Y ARENA.

Este método de ensayo se usa para determinar en el sitio, con el equipo de cono y arena, la densidad y el peso unitario de suelos compactados, este método aplica para suelos que no contienen cantidades apreciables de fragmentos de roca o material grueso de tamaño superior a 38 mm (1 ½”), y es usado para hallar la densidad de los suelos compactados utilizados en la construcción de terraplenes, subrasantes, capas inferiores de pavimento y rellenos estructurales.

En este ensayo se excava un hueco en el suelo que se va a ensayar y se guarda en un recipiente todo el material excavado, se llena el hueco con una arena de densidad conocida que fluye libremente, y se determina el volumen del hueco. Se calcula la densidad húmeda del suelo en el lugar, dividiendo la masa del material húmedo removido por el volumen del hueco. Se determina el contenido de humedad del material extraído y se calcula su masa seca y densidad seca in situ (en el sitio), usando la masa húmeda del suelo, la humedad y el volumen del hueco.

Equipos:

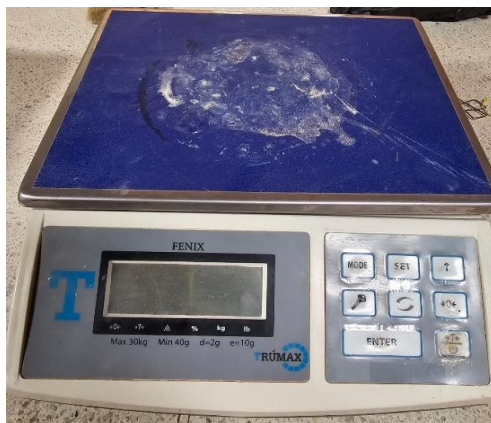
Equipo de cono y arena



Herramienta para excavación



Balanza de precisión



Recipiente para muestras



Humedómetro



Tamices



Preparación del equipo:

- Verificar que todo el equipo de cono y arena este completo, este incluye frasco con arena calibrada, cono metálico y una placa base.
- Verificar que este la herramienta de excavación completa (tales como cincel, pala, martillo, cucharón, brocha para limpiar superficie).
- Limpiar el cono de arena y verificar que la válvula funcione correctamente.
- Verificar que la arena esté calibrada y seca.
- Nivelar el área donde se realizará el ensayo.
- Colocar la placa base sobre la superficie a analizar.
- Verificar que la balanza este calibrada.

Muestras:

- Excavar un hueco en el suelo que abarque únicamente la capa a ensayar.
- Recolectar el material extraído en un recipiente limpio.
- Durante la ejecución del ensayo de deber registrar los siguientes pesos: Peso inicial del frasco + Arena, Peso de Arena empleado en para llenar el hueco y peso de material extraído húmedo.

Ejecución del ensayo:

- Llenar el cono con arena calibrada y cerrar la válvula.
- Colocar el cono sobre la placa base y abrir la válvula para que la arena llene el hueco.
- Una vez lleno el hueco, cerrar la válvula y retirar el cono con cuidado.
- Registrar el peso de la arena utilizada para llenar el hoyo.

Registro de datos y fórmulas:

- Densidad del suelo en terreno:

$$\gamma_t = \left(\frac{M_S}{V_t} \right)$$

γ_t = Densidad del suelo en terreno (g/cm³)

M_S = Masa de la muestra de suelo seco (g)

V_t = Volumen del hueco (cm³)

Porcentaje de compactación:

$$\% \text{ de compactacion} = \left(\frac{\text{Densidad de laboratorio (KN/m}^3\text{)}}{\gamma_t * 9.807} \right)$$

Análisis de resultados:

Comparar la densidad obtenida con la especificada en el proyecto para determinar si el suelo cumple con los requerimientos. Ejemplo, se realiza el ensayo en un terreno donde se requiere verificar la compactación de una base granular para una carretera, si el porcentaje de compactación obtenido es menor al mínimo especificado en el proyecto, se deben buscar soluciones para mejorar este porcentaje de compactación, una solución puede ser aumentar la compactación con rodillos.

7. INV E 211:2013 - DETERMINACIÓN DE TERRONES DE ARCILLA Y PARTÍCULAS DELEZNABLES EN LOS AGREGADOS.

Este método hace referencia a la determinación aproximada de los terrones de arcilla y de las partículas deleznables en los agregados, este ensayo es de importancia fundamental para aprobar el empleo de agregados destinados a la elaboración de concretos hidráulicos.

Se determina la masa de la muestra con precisión especificada y se extiende una capa delgada sobre el fondo de un recipiente, cubriéndola con agua limpia y dejándola en remojo por 24 ± 4 horas, se ruedan y aprietan individualmente las partículas, entre el pulgar y el índice para tratar de romperlas en tamaños más pequeños. No se deberán usar las uñas para romper las partículas, ni presionarlas una contra otra o contra una superficie dura. Las partículas que se puedan romper con los dedos convirtiéndolas en partículas finas removibles mediante tamizado en húmedo, se clasificarán como terrones de arcilla o partículas deleznables.

Equipos:

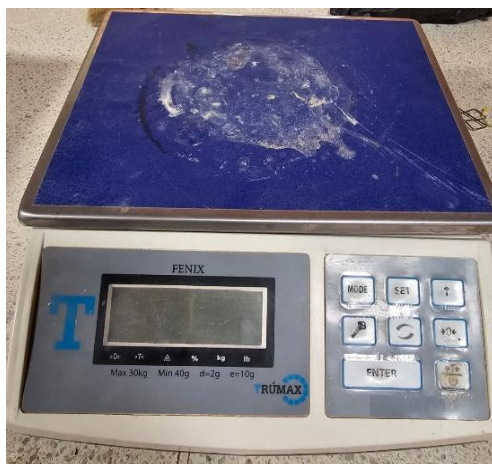
Tamices



Recipientes para lavado de muestras



Balanza de precisión



Horno



Preparación del equipo:

- Limpiar los tamices.
- Verificar la calibración de la balanza.
- Verificar que el horno funcione correctamente.
- Verificar que los recipientes para el lavado de las muestras estén en óptimas condiciones.

Muestras:

- Se toma una muestra representativa del agregado.
- Se pesa y se registra.

Ejecución del ensayo:

- Se deja en remojo la muestra por 24 ± 4 horas.
- Se pasa por los tamices para separar partículas deleznable y se secan hasta obtener masa constante a temperatura de 110 ± 5 °C.
- Se pesan los residuos obtenidos.

Registro de datos y fórmulas:

Fórmula del porcentaje de terrones:

$$P = \left(\frac{W_t}{W_m} \right) * 100$$

P = Porcentaje de terrones y partículas deleznable.

W_t = Masa de terrones y partículas deleznable (g).

W_m = Masa total de la muestra (g).

Análisis de resultados:

Los agregados con un alto porcentaje de terrones pueden afectar la resistencia del concreto, se compara el porcentaje de terrones con los límites especificados en la norma. Ejemplo, en una planta de concreto, se necesita verificar la calidad de los agregados que serán utilizados como base granular, se tamiza una muestra de agregados y se calcula el porcentaje de terrones de arcilla, el porcentaje arrojado es de 0.4%, según el artículo 330 del INVIAS el límite es 2% por lo que se concluye que los agregados cumplen con las especificaciones técnicas establecidas por la norma.

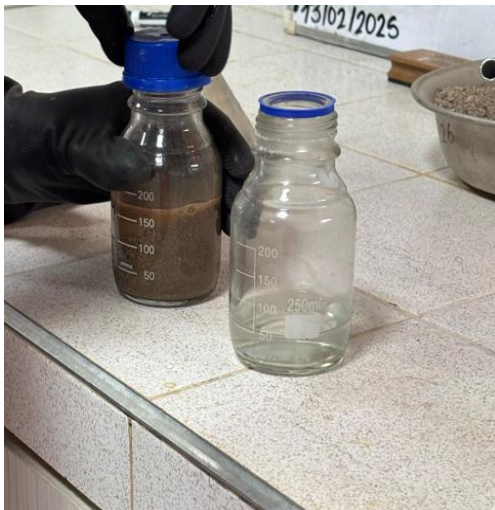
8. INV E 212:2013 - PRESENCIA DE IMPUREZAS ORGÁNICAS EN ARENAS USADAS EN LA PREPARACIÓN DE MORTEROS O CONCRETOS.

Esta norma describe los procedimientos para determinar, de manera aproximada, la presencia de impurezas orgánicas nocivas en arenas usadas en la preparación de morteros o concretos de cemento hidráulico. Uno de los procedimientos emplea una solución de color de referencia y el otro usa vidrios de color de referencia.

En este ensayo se destaca la importancia de proporcionar una advertencia sobre la presencia de impurezas orgánicas nocivas en el agregado fino. Cuando una muestra sometida a este ensayo produce un color más oscuro que el color de referencia, es aconsejable ejecutar la prueba para determinar el efecto de las impurezas orgánicas sobre la resistencia del mortero o concreto de cemento hidráulico.

Equipos:

Recipiente transparente



Solución de hidróxido de sodio



Balanza de precisión



Tabla de colorimetría



Preparación del equipo:

- Hay que asegurar que el recipiente esté limpio y seco.
- Preparar la solución de hidróxido de sodio (NaOH) al 3% en agua.
- Tener lista la muestra de arena a analizar.

Muestras:

- Seleccionar una muestra representativa de arena.
- Hay que asegurar que la muestra no esté contaminada con materiales extraños.

Ejecución del ensayo:

- Colocar la arena en el recipiente hasta aproximadamente 130 ml.
- Agregar la solución de hidróxido de sodio hasta los 200 ml.
- Agitar en un intervalo de tiempo alrededor de un minuto hasta lograr una mezcla homogénea entre la solución y el agregado fino
- Dejar reposar por 24 horas lejos del alcance de la luz solar.
- Observar el color del líquido sobrenadante y compararlo según el método que se utilice en el laboratorio según la norma.

Registro de datos y fórmulas:

- Anotar el color final obtenido.
- Realizar la comparación de color según el método usado (en el laboratorio se usa el método de colorimetría, por tanto se emplea vidrios de color de referencia).

Análisis de resultados:

El método de colorimetría consiste en 5 vidrios de color estándar montados en un soporte plástico. El vidrio identificado como Gardner de referencia No 11 es el usado para comparación. Se considera que la muestra tiene componentes orgánicos perjudiciales, cuando el color del líquido que sobrenada por encima de la muestra de ensayo es más oscuro que la placa orgánica No 3 (color Gardner de referencia No.11).

9. INV E 213:2013 - ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS AGREGADOS GRUESO Y FINO.

Este método de ensayo busca determinar cuantitativamente la distribución de los tamaños de las partículas de los agregados grueso y fino de un material, por medio de tamizado. Este método se usa, principalmente, para determinar la granulometría de los materiales propuestos como agregados o que se estén usando como tales. Los resultados obtenidos se emplean para determinar el cumplimiento de las especificaciones en relación con la distribución de partículas del material.

La muestra de agregado seco, de masa conocida, se pasa a través de una serie de tamices de aberturas progresivamente más pequeñas, con el fin de determinar la distribución de los tamaños de sus partículas.

Equipos:

Tamices



Tamizadora mecánica (opcional)



Balanza de precisión



Horno



Preparación del equipo:

- Verifique que la balanza esté calibrada.
- Limpie los recipientes metálicos y péselos antes de usarlos.
- Asegúrese de que el horno esté a una temperatura constante de 110 ± 5 °C.
- Verifique que los tamices estén en óptimas condiciones y organizarlos en orden decreciente de abertura.

Muestras:

- Secar la muestra en horno a $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ y tomar una muestra del agregado.
- Pesar la muestra seca y registrar el peso inicial antes de tamizar.

Ejecución del ensayo:

- Colocar los tamices en orden descendente (de mayor a menor abertura).
- Se agitan los tamices a mano o por medio de la tamizadora mecánica durante un periodo adecuado para satisfacer las necesidades del ensayo.
- Pese el material retenido en cada tamiz.

Registro de datos:

- Registrar los pesos del material retenido en cada tamiz.
- Calcular el porcentaje acumulado retenido y pasante.

$$\%retenido = \left(\frac{\text{masa retenida}}{\text{masa total}} \right) * 100$$

$$\%pasa = 100\% - \%retenido \text{ acumulado}$$

Análisis de resultados:

- Graficar la curva granulométrica, se grafican los porcentajes retenidos acumulados vs el tamaño de los tamices.
- Comparar con las especificaciones de la norma y saber si el agregado es apto para usarse en el proyecto.

Ejemplo, en un proyecto de la realización de una carretera, el análisis granulométrico de una muestra determinó que el 45% de los agregados pasan por el tamiz No. 4 y el 10% pasa el tamiz No 200, para lo cual se realiza el análisis respectivo y de esta forma concluir en qué clasificación de suelo esta la muestra ensayada.

10. INV E 214:2013 - DETERMINACIÓN DE LA CANTIDAD DE MATERIAL QUE PASA EL TAMIZ DE 75 μ m (No. 200) EN LOS AGREGADOS PÉTREOS MEDIANTE LAVADO

En esta norma se describe el procedimiento para determinar la cantidad de material que pasa el tamiz de 75 μ m (No. 200) en un agregado. Cuando se desea conocer con precisión el material menor a 75 μ m en los agregados finos o gruesos, se usa este método es usado antes de efectuar el tamizado seco de la muestra de acuerdo con la INV E 213-13.

Durante el ensayo, se separan de la superficie del agregado, por lavado, las partículas que pasan el tamiz 75 μ m (No. 200), tales como, limo, arcilla, polvo de los agregados y materiales solubles en agua. El agua decantada, la cual contiene material suspendido y disuelto, se pasa a través del tamiz 75 μ m (No. 200). La pérdida de masa como resultado del lavado, se calcula como porcentaje de la masa seca de la muestra original y se presenta como el porcentaje que pasa el tamiz 75 μ m (No. 200) obtenido por lavado.

Equipos:

Tamices No 200 y No 16



Balanza de precisión



Recipiente y agente humectante



Horno



Preparación del equipo:

- Tamiz #200, asegúrese que este limpio.
- Verifique que la balanza esté calibrada.
- Asegúrese de que el agitador mecánico funcione correctamente si se tiene.
- Asegúrese de contar con el agua suficiente para la realización del ensayo.

Muestra:

- Tome una muestra representativa del agregado.
- Pesar la muestra inicial antes del lavado.

Ejecución del ensayo:

- Lavar con agua limpia la muestra y agitar hasta eliminar finos.
- Pasar la suspensión a través del tamiz No. 200.
- Secar a temperatura de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ y pesar la muestra seca.

Registro de datos:

- Registre los pesos secos y calcule el porcentaje.

$$\% \text{Material que pasa} = \left(\frac{\text{masa inicial} - \text{masa final}}{\text{masa inicial}} \right) * 100$$

Análisis de resultados:

Comparar el porcentaje de material que pasa el tamiz No. 200 con la especificación de la norma y así determinar a qué clasificación de suelo pertenece el agregado ensayado. Ejemplo, en un proyecto vial, el análisis granulométrico del material que será usado como sub base granular mostró que el 38% de la muestra pasa por el tamiz No. 200, para lo cual se realiza el análisis respectivo y de esta forma se determina a qué clasificación de suelo pertenece la muestra ensayada.

11. INV E 217:2013 - DENSIDAD BULK (PESO UNITARIO) Y PORCENTAJE DE VACÍOS DE LOS AGREGADOS EN ESTADO SUELTO Y COMPACTO.

Esta norma tiene por objeto establecer el método para determinar la densidad bulk (peso unitario o peso por unidad de volumen) de agregados finos, gruesos o una mezcla de ambos, en condición suelta o compacta, y para calcular vacíos con base en la misma determinación. El método es aplicable a materiales que tengan tamaño máximo nominal menor o igual a 125 mm (5”).

Este método de prueba se emplea para determinar valores de densidad bulk que son utilizados por muchos métodos de selección de proporciones para mezclas de concreto. La densidad bulk se puede usar, también, para determinar la relación masa/volumen para conversiones en acuerdos de compra y venta de agregados.

Equipos:

Recipiente de medida



Cucharón



Balanza de precisión



Varilla de compactación



Preparación del equipo:

- Verificar la calibración de la balanza.
- Hay que asegurar que el recipiente esté limpio y seco.

Muestras:

- Obtener una cantidad suficiente de agregado.
- Asegurar su homogeneidad.

Ejecución del ensayo:

- Llenar el recipiente con agregado suelto y nivelarlo.
- Pesarlo y anotar el valor.
- Repetir el procedimiento compactando en tres capas con 25 golpes de la varilla.
- Pesarlo nuevamente.

Registro de datos y fórmulas:

- Peso unitario suelto:

$$\text{Peso unitario suelto} = \left(\frac{\text{peso muestra}}{\text{volumen}} \right)$$

- Peso unitario compacto:

$$\text{Peso unitario compacto} = \left(\frac{\text{peso muestra compacta}}{\text{volumen}} \right)$$

- Porcentaje de vacíos:

$$\% \text{ de vacios} = \left(\frac{P \text{ unitario suelto} - P \text{ unitario compacto}}{P \text{ unitario suelto}} \right) * 100$$

Análisis de resultados:

Determinar si los agregados cumplen con las especificaciones técnicas de la norma. Valores altos de vacíos indican bajo nivel de compactación y posible menor resistencia del material ensayado. Ejemplo, Un lote de agregado para concreto que será usado como base granular en la construcción de una carretera mostró un alto porcentaje de vacíos, por lo que se concluyó que se debía cambiar el material por otro que presentara un porcentaje de vacíos menor y así presentar mejora a la hora de realizar la compactación de la base granular.

12. INV E 218:2013 - INV E 219:2013 RESISTENCIA A LA DEGRADACION DE LOS AGREGADOS DE TAMAÑOS MAYORES DE 19 mm (3/4”) Y MENORES DE 37.5 mm (1 ½”) POR MEDIO DE LA MAQUINA DE LOS ANGELES.

Este método hace referencia al procedimiento a seguir para medir la resistencia a la degradación de los agregados con composición granulométrica definida por medio de la máquina de los ángeles.

Como resultado de una combinación de acciones que incluyen abrasión, impacto y molienda en un tambor de acero rotatorio que contiene un número determinado de esferas metálicas, el cual depende de la granulometría de la muestra de ensayo. A medida que gira el tambor, una pestaña de acero recoge la muestra y las esferas de acero y las arrastra hasta que caen por gravedad en el extremo opuesto del tambor, creando un efecto de impacto y trituración. Entonces, la muestra y las esferas ruedan dentro del tambor, hasta que la pestaña las levanta y se repite el ciclo. Tras el número especificado de revoluciones, se retira el contenido del tambor y se tamiza la porción de agregado para medir la degradación, como un porcentaje de pérdida.

Equipos:

Máquina de Los Ángeles



Tamices



Balanza de precisión



Horno



Preparación del equipo:

- Verificar que la máquina esté en buen estado.
- Seleccionar las esferas de acero según la especificación de la norma.

Muestras:

- Tomar una muestra representativa de agregado.
- Pesarla.

Ejecución del ensayo:

- Colocar la muestra en la máquina junto con las esferas de acero.
- Hacer girar la máquina según las revoluciones que indique la norma.
- Retirar la muestra y tamizarla según la especificación de la norma para el tamaño de los agregados que se ensayan.
- Lo que retiene ese tamiz de fracción más gruesa según la norma se lava y se seca a temperatura de 110 ± 5 °C y luego se determina su masa.
- Determinar la pérdida de material.

Registro de datos y fórmulas:

Cálculo de desgaste:

$$\% \text{ Desgaste} = \left(\frac{W_i - W_f}{W_i} \right) * 100$$

W_i = Masa inicial

W_f = Masa final

Análisis de resultados:

Comparar el porcentaje de pérdidas con los valores de referencia especificados en la norma. Valores altos de desgaste indican agregados de baja resistencia e indicarían que el material no cumple con las especificaciones técnicas del ART 630:2022 del INVIAS. Ejemplo, En una carretera, se rechazó un lote de agregado porque su desgaste superó el límite aceptable, evitando fallas prematuras en la vía.

13. INV E 220:2013 - SOLIDEZ DE LOS AGREGADOS FRENT A LA ACCIÓN DE SOLUCIONES DE SULFATO DE SODIO O DE MAGNESIO.

Esta norma describe el procedimiento para determinar la resistencia de los agregados pétreos cuando deben soportar la intemperie en concretos y otras aplicaciones. Este efecto se simula sometiendo los agregados a inmersión repetida en soluciones saturadas de sulfato de sodio o magnesio, seguida de secado al horno para deshidratar parcial o completamente la sal precipitada en los poros del agregado.

Mediante este método se puede obtener información útil para juzgar la resistencia de los agregados a la acción de agentes atmosféricos, cuando no se dispone de datos sobre el comportamiento de los materiales que se van a emplear, en las condiciones climatológicas reales de servicio.

Equipos:

Tamices



Termómetro



Balanza de precisión



Horno para secado



Recipientes para muestras



Hidrómetro



Preparación del equipo:

- Definir que solución será usada en el ensayo (sulfato de sodio o de magnesio).
- Verificar la concentración de la solución del sulfato a utilizar.
- Preparar los recipientes para la inmersión.
- Calibrar la balanza y el horno.
- Verificar que el termómetro funcione correctamente.
- En caso de no tener el hidrómetro, contar con una combinación apropiada de un recipiente de vidrio graduado y una balanza, que permitan medir la gravedad específica de la solución con una exactitud de ± 0.001 .

Muestras:

- Seleccionar una muestra representativa del agregado.
- Secar la muestra en el horno a temperatura de 110 ± 5 °C.
- Pesar la muestra inicial.

Ejecución del ensayo:

- Sumergir la muestra en la solución de sulfato por 24 horas.
- Secar en el horno.
- Repetir el proceso según el número de ciclos indicados en la norma.
- Pesar los agregados después del ciclo de ensayo.

Registro de datos:

- Peso inicial de la muestra.
- Peso tras los ciclos de inmersión y secado.

Análisis de resultados:

- Se calcula el porcentaje de pérdida de material.
- Se comparan los resultados con los límites normativos y se determina si los agregados son aptos para usarse.

Ejemplo, en una obra de pavimentación de una carretera, al material que será utilizado como base granular requiere el ensayo de solidez de los agregados, en el laboratorio se determina realizar el ensayo con sulfato de magnesio, arrojando un porcentaje de pérdida en solidez del 4,67%. El artículo 330-22 de la norma INVIAS especifica que el porcentaje (%) máximo de pérdidas en solidez para el ensayo realizado en sulfato de magnesio y para un material que será usado como base granular es del 12%, con esta información se concluye que el material cumple con esta especificación técnica para el ensayo de solidez.

14. INV E 221:2013 - CANTIDAD DE PARTÍCULAS LIVIANAS EN AGREGADOS PÉTREOS.

Esta norma presenta un procedimiento para determinar el porcentaje de partículas livianas en los agregados pétreos, mediante su separación por suspensión en un líquido de gravedad específica elevada.

Empleando un líquido pesado, se separan del agregado pétreo las partículas livianas y se establece su cuantía como porcentaje de la masa total del agregado seco estableciendo así, el porcentaje de partículas livianas; esto con el fin de verificar el cumplimiento de las especificaciones de los agregados a emplear en la elaboración de concretos hidráulicos.

Equipos:

Tamices No 4 y No 50



Colador



Balanza de precisión



Horno para secado



Recipientes para muestras



Hidrómetro



Preparación del equipo:

- Verificar que el líquido pesado sea alguno de los que especifica la norma y determinar cuál será el que se usará.
- Calibrar la balanza.
- Verificar que el horno funcione correctamente.
- Verificar que los tamices y el colador estén en óptimas condiciones.
- En caso de no tener el hidrómetro, contar con una combinación apropiada de un recipiente de vidrio graduado y una balanza, que permitan medir la gravedad específica de la solución con una exactitud de ± 0.001 .

Muestras:

- Extraer agregado suficiente para el ensayo.
- Lavar y reducir a la fracción de muestra requerida para el ensayo
- Secar la muestra a temperatura de 110 ± 5 °C.

Ejecución del ensayo:

- Colocar la muestra en el recipiente con el líquido denso.
- Agite manualmente la mezcla para separar las partículas flotantes (livianas).
- Secar y pesar las partículas livianas retenidas en el colador.

Registro de datos y fórmulas:

- Registrar peso de las partículas livianas.
- Calcule el porcentaje de partículas livianas

$$\% L = \left(\frac{M1}{M2} \right) * 100$$

- L = Porcentaje (%) en masa de partículas livianas
- M1 = Masa seca de las partículas retenidas en el colador.
- M2 = Masa seca de la muestra retenida en el tamiz No. 50.

Análisis de Resultados

Compare el resultado obtenido con los límites establecidos por la norma, si el porcentaje supera ese límite el agregado no es apto para ser utilizado. Ejemplo, n una cantera, se analiza una muestra de grava y se encuentra que el 0.007% son partículas livianas, se realiza la respectiva verificación con los límites establecidos por la norma según el artículo 630 de la norma INVIAS, este nos dice que para agregado fino y grueso el porcentaje máximo de partículas livianas es de 0.5%, lo que nos indica que el agregado grueso cumple con el límite máximo establecido por la norma.

15. INV E 223:2013 - DENSIDAD, DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECÍFICA) Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO.

Esta norma describe el procedimiento que se debe seguir para determinar la densidad promedio de una cantidad de partículas de agregado grueso (sin incluir los vacíos entre ellas), la densidad relativa (gravedad específica) y la absorción del agregado grueso. Dependiendo del procedimiento utilizado, la densidad se expresa como seca al horno (SH), saturada y superficialmente seca (SSS) o aparente. La densidad seca al horno (SH) y la densidad relativa seca al horno (SH) se deben determinar luego del secado del agregado; la densidad SSS, la densidad relativa SSS y la absorción se determinan luego de sumergir el agregado en agua durante un período especificado.

Se sumerge en agua una muestra del agregado durante un período de 24 ± 4 h, para llenar sus poros permeables. Una vez retiradas del agua, las partículas del agregado se secan superficialmente y se determina su masa. Posteriormente, se determina el volumen de la muestra por el método de desplazamiento de agua. Finalmente, la muestra se seca al horno y se determina su masa seca. Usando los valores de masa obtenidos y las fórmulas incluidas en esta norma, es posible calcular la densidad, la densidad relativa (gravedad específica) y la absorción del agregado.

Equipos:

Tamices



Canasta metálica



Muestra:

- Se toma una muestra representativa de suelo.
- Se seca el agregado en el horno.
- Se pesa la muestra seca

Ejecución del ensayo:

- Sumergir la muestra en agua por 24 horas.
- Medición de peso de la muestra seca, saturada y sumergida.

Registro de datos:

- Registre los datos y calcule la densidad y la absorción.

$$\text{Densidad relativa seca} = \left(\frac{\text{masa seca}}{\text{masa saturada} - \text{masa sumergida}} \right)$$

$$\text{Densidad relativa SSS} = \left(\frac{\text{masa saturada}}{\text{masa saturada} - \text{masa sumergida}} \right)$$

$$\text{Densidad relativa aparente} = \left(\frac{\text{masa seca}}{\text{masa seca} - \text{masa sumergida}} \right)$$

$$\text{Absorcion \%} = \left(\frac{\text{masa saturada} - \text{masa seca}}{\text{masa seca}} \right) * 100$$

Análisis de resultados:

Se determinan los valores de densidad relativa seca, densidad relativa SSS y densidad relativa aparente, con estos valores se procede a calcular el porcentaje (%) de absorción del agregado. Ejemplo, al realizar este ensayo a un agregado grueso se determinó que el porcentaje de absorción de la muestra es de 0,64%, este resultado nos indica la relación entre la masa en el aire de un volumen dado de agregado, incluyendo los poros no saturables, y la masa de un volumen igual de agua a temperatura establecida.

16. INV E 227:2013 - PORCENTAJE DE PARTÍCULAS FRACTURADAS EN UN AGREGADO GRUESO.

Esta norma describe el procedimiento para determinar el porcentaje, en masa o por conteo, de partículas de un agregado grueso que tienen un número especificado de caras fracturadas (superficie angulosa, áspera o quebrada de una partícula de agregado, formada por trituración, medios artificiales o por la naturaleza).

Algunas especificaciones contienen requisitos relacionados con un porcentaje de partículas fracturadas en los agregados gruesos. Uno de los propósitos de este requisito es maximizar la resistencia al corte, incrementando la fricción entre partículas en mezclas de agregados, ligadas o no. Otro propósito, es dar estabilidad a los agregados usados en tratamientos superficiales y proporcionar mayor fricción y textura a los agregados usados en la construcción de capas de rodadura. Este método proporciona un procedimiento normalizado para determinar la aceptabilidad de los agregados gruesos con respecto a estos requisitos.

Equipos:

Tamices



Cuarateador



Balanza de precisión



Espátula



Preparación del equipo:

- Verificar que la balanza esté calibrada.
- Hay que asegurar que los tamices estén limpios y en buen estado.
- Ubicar una superficie plana y limpia para realizar la inspección visual.
- Verificar que el cuarteador funcione correctamente.

Muestras:

- Obtener una muestra representativa de agregado.
- Lavar el material sobre el tamiz designado para la determinación de las partículas fracturadas, esto con el fin de remover cualquier residuo de material fino.
- Secar la muestra en horno a 110 ± 5 °C hasta peso constante.
- Separar la muestra con tamices designados para el ensayo.

Ejecución del ensayo:

- Tomar las fracciones retenidas en cada tamiz y evaluar las partículas fracturadas.
- Contar y pesar las partículas con al menos una cara fracturada.
- Registrar los pesos obtenidos.

Registro de datos y fórmulas:

Se debe diligenciar un formato con:

- Masa total de la muestra
- Masa o número de partículas fracturadas (F)
- Masa o número de partículas en la categoría no fracturadas (N)
- % de partículas fracturadas (P)

$$P = \left(\frac{F}{F + N} \right) * 100$$

Análisis de resultados:

El resultado se compara con las especificaciones de la norma para determinar si el material es adecuado. Ejemplo, En la construcción de una carretera, se requiere un material que será usado como base granular, según el artículo 330-22 del INVIAS el porcentaje de caras fracturadas mínimo para clase A es de 85% para al menos dos caras fracturadas, después de realizado el ensayo la muestra arroja un 75% a dos caras, esto indica que el material podría no ser aceptado y sería necesario buscar otro proveedor o mejorar el procesamiento del material con el fin que cumpla las especificaciones de la norma.

17. INV E 230:2013 - ÍNDICES DE APLANAMIENTO Y DE ALARGAMIENTO DE LOS AGREGADOS PARA CARRETERAS.

Esta norma describe el procedimiento que se deben seguir para la determinación de los índices de aplanamiento y de alargamiento de los agregados que se van a emplear en la construcción de carreteras.

Esta norma se aplica a agregados de origen natural o artificial. El ensayo para determinar el índice de aplanamiento no es aplicable a los tamaños de partículas menores de 6.3 mm ($\frac{1}{4}$ ") o mayores de 63 mm ($2\frac{1}{2}$ "); mientras que la prueba para hallar el índice de alargamiento no aplica a los tamaños de partículas menores de 6.3mm ($\frac{1}{4}$ ") o mayores de 50 mm (2").

El ensayo de índice de aplanamiento consiste en dos operaciones sucesivas. En primer lugar, mediante el uso de tamices, se divide la muestra en fracciones. Luego, cada una de las fracciones se criba empleando para ello tamices de barras paralelas colocadas a separaciones $\frac{3}{5}[(d_i + D_i) / 2]$. Las partículas que pasen el tamiz son consideradas planas. En lugar de los tamices de barras paralelas, se puede utilizar un calibrador con ranuras/cuyas aberturas son del mismo tamaño de las separaciones de las barras de los tamices.

El ensayo de índice de alargamiento consiste en dos operaciones sucesivas. En primer lugar, mediante el uso de tamices, se divide la muestra en fracciones. Luego, cada fracción se analiza utilizando un calibrador de longitudes, el cual tiene barras verticales separadas a distancias $\frac{9}{5}[(d_i + D_i) / 2]$. Se considera que todas las partículas retenidas por las barras son alargadas.

Equipos:

Tamices



Equipo de alargamiento y aplanamiento



Balanza de precisión



Cuarteador



Recipiente para muestras



Horno



Preparación del equipo

- Hay que asegurar que los tamices y calibradores estén limpios.
- Verificar que la balanza esté calibrada.
- Preparar la muestra de ensayo según la especificación de la norma.
- Verificar que el equipo de alargamiento y aplanamiento este en optimas condiciones para realizar el ensayo.

Muestras:

- Obtener una muestra representativa del agregado.
- Secar la muestra a temperatura de 110 ± 5 °C hasta obtener masa constante.
- Pasar la muestra por los tamices especificados y descartar las que no sirven tanto para índice de alargamiento como para índice de aplanamiento.
- Tomar una cantidad representativa de cada fracción retenida y que funcione para la realización del ensayo.

Ejecución del ensayo:

- Medir el espesor y la longitud de cada partícula usando el respectivo calibrador.
- Determinar la relación entre el mayor y menor tamaño de cada partícula.
- Separar partículas con índices de aplanamiento y alargamiento.
- Registrar los valores obtenidos y clasificarlas como aplanadas o alargadas según la especificación de la norma.

Registro de datos y fórmulas:

Debe incluir:

- Masa total de la muestra.
- Masa de partículas aplanadas y alargadas.
- Índices de aplanamiento y alargamiento.

$$\text{Índice de aplanamiento} = \left(\frac{\text{masa partículas planas}}{\text{masa muestra ensayada}} \right) * 100$$

$$\text{Índice de alargamiento} = \left(\frac{\text{masa partículas alargadas}}{\text{masa muestra ensayada}} \right) * 100$$

Análisis de resultados:

Los valores obtenidos se comparan con la especificación de la norma para evaluar la calidad del material, un índice de aplanamiento o alargamiento alto puede afectar la compactación y resistencia del material. Ejemplo, en la construcción de una autopista, se necesita realizar este ensayo a un material que será usado como base granular, según el artículo 330-22 del INVIAS indica que el índice de aplanamiento y alargamiento debe ser menor al 35% , después de realizado el ensayo se determina que el índice de alargamiento fue de 34.1% y el índice de aplanamiento fue de 24.7%, con estos valores se puede concluir que el material cumple con la especificación dada en el artículo 330-22 de la norma INVIAS.

18. INV E 235:2013 - VALOR DE AZUL DE METILENO EN AGREGADOS FINOS.

Esta norma indica el procedimiento para determinar el valor de azul de metileno de la fracción que pasa el tamiz de 4.75 mm (No. 4) de la mezcla total de los agregados. El valor de azul de metileno determinado se puede emplear para estimar la cantidad de arcilla nociva presente en un agregado. Un valor de azul significativo indica una gran cantidad de arcilla presente en la muestra.

El ensayo consiste en añadir de manera sucesiva pequeñas dosis de una solución de azul de metileno a una suspensión de la muestra de ensayo en agua. Después de cada dosis se comprueba la absorción de solución colorante por parte la muestra, realizando una prueba de coloración sobre papel de filtro para detectar la presencia de colorante libre.

Una vez confirmada la presencia de colorante libre, se calcula el valor de azul de metileno, expresado en gramos de colorante absorbido por kilogramo de la fracción granulométrica ensayada.

Equipos:

Tamiz No 4



Bureta de 50ml



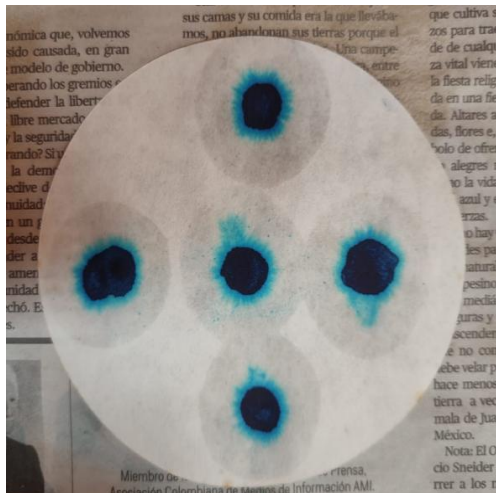
Balanza de precisión



Solución de azul de metileno



Papel filtro Whatman No 20



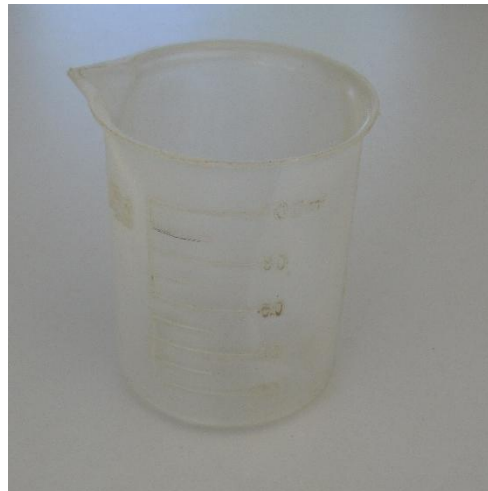
Horno



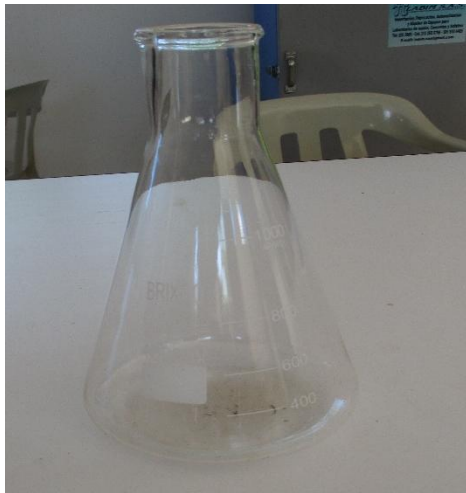
Agitador de vidrio



Vaso de precipitado



Vaso volumétrico de 1 litro



Cronómetro



Desecador



Espátula



Preparación del equipo:

- Preparar la solución de azul de metileno.
- Calibrar la balanza.
- Verificar que el horno funcione correctamente.
- Verificar que la bureta esté en condiciones óptimas para la realización del ensayo.
- Verificar que se cuente con los tres de precipitado, de vidrio o plásticos con capacidad aproximada de 1 litro.
- Contar con agua destilada o desmineralizada.
- Verificar que se cuente con un cronómetro de precisión de 1 segundo.

Muestras:

- Preparar una muestra de agregado suficiente para el ensayo
- Sacar submuestra como mínimo de 200 gr.

- Secar la muestra a temperatura de 110 ± 5 °C hasta obtener masa constante.
- Se tamiza la submuestra con el tamiz No. 4, usando la escobilla para asegurar la separación completa de la muestra y recolección de las partículas que pasen el tamiz No. 4.

Ejecución del ensayo:

- Colocar la muestra en un recipiente.
- Agregar solución de azul de metileno según la especificación de la norma.
- Agitar y esperar la absorción del tinte.
- Con la varilla de vidrio se toma una gota de la suspensión y se deposita sobre el papel filtro.
- Observe el punto en el que el color se estabiliza en el papel filtro

Registro de datos y fórmulas:

El valor de azul (VA), expresado en gramos de colorante por kilogramo de la fracción de muestra pasante el tamiz No. 4, se calcula de la siguiente manera:

$$VA = \left(\frac{V}{M} \right) * 10$$

V= volumen total añadido de la solución colorante.

M = masa de la muestra de ensayo.

Análisis de Resultados

Un alto valor indica presencia de materiales arcillosos perjudiciales para la calidad del concreto, se debe realizar la comparación con los límites establecidos por la norma. Ejemplo, en una planta de concreto, se analiza una muestra de un material que será usado como base granular, después de realizado el ensayo se obtiene un valor de azul de metileno de 5.74, posterior realiza la verificación con los límites especificados por el artículo 330-22 del INVIAS donde se especifica que el valor máximo de azul de metileno para base granular es de 10, con esta información se determina que la muestra cumple con la especificación dada por la norma para este ensayo.

19. INV E 238:2013 - DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA DEL AGREGADO GRUESO A LA DEGRADACIÓN POR ABSORCIÓN UTILIZANDO EL APARATO MICRO-DEVAL.

Esta norma describe un procedimiento para medir la resistencia a la abrasión de una muestra de agregado grueso utilizando el aparato Micro-Deval. Tiene por finalidad determinar la pérdida por abrasión de agregados gruesos en presencia de agua y de una carga abrasiva, los resultados del ensayo son útiles para juzgar la resistencia (tenacidad/abrasión) de agregados cuando no existe información adecuada sobre este tipo de comportamiento.

El ensayo Micro-Deval es una medida de la resistencia a la abrasión y de la durabilidad de agregados pétreos, como resultado de una acción combinada de abrasión y molienda con esferas de acero en presencia de agua. Una muestra con granulometría normalizada se sumerge inicialmente en agua durante un lapso no menor de una hora. La muestra se coloca entonces en un recipiente de acero de 20 cm de diámetro, con 2.0 litros de agua y una carga abrasiva, consistente en 5000g de esferas de acero de 9.5 mm de diámetro.

Recipiente, agregado, agua y carga se rotan a 100 rpm hasta por 2 horas, dependiendo del tamaño de las partículas. Posteriormente, se lava la muestra y se seca en el horno. La pérdida es la cantidad de material que pasa el tamiz de 1.18 mm (No. 16), expresada como porcentaje de la masa seca original de la muestra.

Equipos:

Máquina de abrasión Micro - Deval



Recipiente cilíndrico



Balanza de precisión



Carga abrasiva (esferas)



Papel filtro Whatman No 20



Horno



Preparación del equipo:

- Verificar que el aparato Micro-Deval esté calibrado y limpio.
- Revisar la limpieza y buen estado de los tamices.
- Hay que asegurar que la balanza esté calibrada.
- Verificar que el horno funcione correctamente.
- Verificar que el recipiente cilíndrico sea de 5 litros de capacidad.

Muestras:

- Seleccionar una muestra representativa de agregado grueso.
- Lavar la muestra para eliminar partículas finas.
- Secar la muestra en el horno a temperatura de 110 ± 5 °C hasta obtener masa constante.

Ejecución del ensayo:

- Seleccionar la muestra de 1500 ± 5 gr
- Someter la muestra a inmersión en 2.0 ± 0.05 litros de agua durante mínimo 1 hora.
- Se coloca la muestra en el tambor del aparato Micro-Deval con las esferas de acero y el agua usada para saturar la muestra.
- Se procede a rotar la máquina a una velocidad de 100 ± 5 rpm (repeticiones por minuto) durante el tiempo indicado según la gradación de la muestra especificada en la norma.
- Retirar la muestra y tamizar el material.
- Se lava y manipula el material retenido con agua limpia, hasta eliminar el material menor.

Registro de datos y fórmulas:

- Se debe registrar la masa inicial y final del material retenido.
- Se calcula el porcentaje de pérdidas de la siguiente manera:

$$\% \text{ pérdidas} = \left(\frac{\text{masa inicial} - \text{masa final}}{\text{masa inicial}} \right) * 100$$

Análisis de resultados:

Se realiza la comparación con los límites establecidos en la norma, si la pérdida de masa es alta, el agregado tiene baja resistencia a la degradación. Ejemplo, en una construcción de carreteras, se utiliza este ensayo para verificar el material que será usado como sub base granular es adecuado para soportar el tráfico pesado sin degradarse rápidamente, siendo una característica de dureza a la hora de realizar el chequeo del material, después de realizado este ensayo se obtuvo una degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval de 12.5%, este valor se compara con los límites establecidos por el artículo 320-13 de la norma INVIAS que indica que el valor máximo de degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval es de 30%, con esta información se determina que el material cumple con los requisitos establecidos por la norma.

20. INV E 410:2013 - RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CILINDROS DE CONCRETO.

Este método de ensayo se refiere a la determinación de la resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto, tanto cilindros moldeados como núcleos extraídos, y está limitado a concretos con una densidad superior a 800 kg/m^3 (50 lb/ pie^3). Los resultados de este ensayo se usan como base para el control de calidad de las operaciones de dosificación, mezclado y colocación del concreto; para verificar el cumplimiento de especificaciones; para evaluar la efectividad de los aditivos, y para otros usos similares.

El ensayo consiste en aplicar una carga axial de compresión a cilindros moldeados o a núcleos, con una velocidad de carga prescrita, hasta que se presente la falla. La resistencia a la compresión se determina dividiendo la máxima carga aplicada durante el ensayo por la sección transversal del espécimen.

Mediante este método de ensayo se determina la resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos preparados y curados de acuerdo con las normas INV E-402, INV E-403, INV E-418 e INV E-420.

Equipos:

Máquina de ensayo (prensa hidráulica)



Flexómetro



Balanza de precisión



Neopreno para falla de cilindros



Proceso de curado de cilindros de concreto



Preparación del equipo:

- Verificar que la máquina de ensayo este calibrada y en buen estado.
- Verificar que la balanza este calibrada.
- Verificar que los neoprenos estén en óptimas condiciones.

Muestras:

- Saque del molde el cilindro de concreto teniendo el respectivo cuidado con el fin de no dañarlo.
- Llevar el cilindro a su proceso de curado (en agua o cuarto húmedo).
- Tomar medidas de diámetro, masa y altura del cilindro.

Ejecución del ensayo:

- Extraer el cilindro después de su tiempo de curado según las edades que se especifiquen previamente.
- Secar la superficie del cilindro.
- Poner el cilindro en los neoprenos respectivos para posterior ser llevado a la prensa hidráulica.
- Colocar el cilindro en la máquina de ensayo (a compresión) y aplicar carga hasta la falla del cilindro.

Registro de datos y fórmulas:

- Se registran las dimensiones del cilindro de concreto (diámetro promedio y longitud).
- Registrar carga máxima soportada hasta su falla con la siguiente fórmula:

$$resistencia (Mpa) = \left(\frac{carga\ maxima (KN) * 1000}{area\ seccion (mm^2)} \right)$$

Análisis de resultados:

Comparar con la resistencia obtenida con la resistencia de diseño del concreto, este ensayo se usa para asegurar que el concreto utilizado en las columnas, vigas y otros elementos estructurales cumplan con la resistencia requerida. Ejemplo, en la construcción de un edificio se está fundiendo la losa del 5to piso, en este proceso se tomaron 6 cilindros de concreto con el fin de ensayar dos de ellos a los 7 días, otros dos a los 14 días y los últimos dos a los 28 días. Se espera que los cilindros ensayados a los 28 días alcancen una resistencia de 4000 psi (28 Mpa), después de realizar este ensayo se determina que los dos cilindros presentan resistencia de 4267 psi (29.4 Mpa) y 4439 psi (30.6 Mpa) respectivamente, con esta información se puede concluir que el concreto que se utilizó para la elaboración de esa losa cumple con la resistencia requerida.

21. INV E 418:2013 - OBTENCIÓN Y ENSAYO DE NÚCLEOS DE CONCRETO ENDURECIDO.

Esta norma se refiere al procedimiento de obtención, preparación y ensayo de núcleos extraídos de estructuras de concreto para determinaciones de longitud o resistencia a la compresión o a la tracción por hendimiento (tracción indirecta). Generalmente, los especímenes se toman cuando existen dudas sobre la calidad del concreto en la estructura, debido a la existencia de bajos valores de resistencia durante la construcción o a la presencia de deterioros en ella. Otro uso posible es el relacionado con la obtención de información sobre la resistencia de estructuras antiguas.

La resistencia a compresión medida sobre un núcleo es, por lo general, menor que la de un cilindro equivalente, moldeado apropiadamente, curado por el procedimiento normalizado y ensayado a la misma edad. Sin embargo, no existe una relación única entre las resistencias de estos dos tipos de especímenes para un concreto dado. La relación se ve afectada por factores tan diversos como el nivel de resistencia del concreto, el historial de temperatura y humedad en el lugar, el grado de consolidación, la variabilidad entre amasadas, las características del desarrollo de resistencia del concreto, la condición del equipo extractor de núcleos y el cuidado que se tiene para extraerlos.

La resistencia a compresión aparente del concreto, medida mediante especímenes de núcleos, es afectada por la relación longitud/diámetro de los especímenes, hecho que se debe tener en cuenta al prepararlos y al evaluar los resultados de los ensayos.

Equipos:

Equipo saca núcleos



Broca diamantada



Balanza de precisión



Pulidora



Preparación del equipo:

- Verificar que la broca cumpla con el diámetro mínimo especificado por la norma y además esté en buen estado.
- Verificar que el equipo saca núcleos funcione correctamente.
- Verificar que la pulidora este en optimas condiciones para poder cortar los extremos de los núcleos.
- Verificar que la balanza este calibrada.
- Verificar que se cuente con puntos de luz para el equipo requerido, o en su defecto contar con planta eléctrica.

Muestras:

- Seleccionar la ubicación donde se realizará la extracción del núcleo según lo requiera el cliente.
- Realizar la extracción del núcleo teniendo las debidas precauciones y posterior a eso realizar el proceso de limpiarlo.
- Cortar los extremos del núcleo con la pulidora para de esta manera obtener superficies planas.

Ejecución del ensayo:

- Medir dimensiones del núcleo (diámetro y longitud).
- Medir la masa del núcleo, y con el diámetro promedio y la longitud se calcula el volumen del núcleo.
- Dividir la masa por el volumen y de esta manera calcular la densidad del núcleo.
- El ensayo a compresión de los núcleos se efectúa de la misma forma que en la norma INV E-410, y se deberán ensayar dentro de los 7 días siguientes a la extracción si no se especifica de otra manera.

Registro de datos y fórmulas:

- Se registran las dimensiones del núcleo (diámetro promedio y longitud).
- Registrar carga máxima soportada hasta su falla con la siguiente fórmula:

$$resistencia (Mpa) = \left(\frac{carga\ maxima (KN) * 1000}{area\ seccion (mm^2)} \right)$$

Análisis de resultados:

En la evaluación de una estructura existente este ensayo se usa para verificar si el concreto cumple con las especificaciones originales del diseño. Ejemplo, a un núcleo extraído de una carretera hecha con pavimento rígido se le realiza el ensayo de extracción de 4 núcleos de concreto, posterior a esto son llevados al laboratorio y dentro del tiempo establecido por la norma se realiza el ensayo de compresión para verificar que este cumpla con la resistencia que se tenía en el diseño.

22. INV E 732:2013 - EXTRACCIÓN CUANTITATIVA DEL ASFALTO EN MEZCLAS PARA PAVIMENTOS.

Esta norma describe métodos para la determinación cuantitativa del asfalto en mezclas asfálticas en caliente y en muestras tomadas de pavimentos. A los agregados obtenidos mediante estos métodos se les puede realizar el análisis granulométrico, empleando la norma de ensayo INV E-782. Se pueden emplear todos los métodos para hacer determinaciones cuantitativas de asfalto en mezclas en caliente para pavimentos y en muestras tomadas de pavimentos para su aceptación, para su evaluación en servicio, para control de calidad y para investigaciones.

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

Equipos:

Extractor de asfalto



Horno



Preparación del equipo:

- Verificar que la centrifugadora esté limpia y libre de residuos.
- Calibrar la balanza y asegurarse de que funcione correctamente.
- Precalentar los hornos a la temperatura requerida.
- Revisar que los tamices estén limpios y sin obstrucciones.

Muestras:

- Seleccionar una muestra representativa de la mezcla asfáltica.
- Si la muestra no es suficientemente blanda para separarla con la espátula, se coloca en el recipiente plano y se calienta en el horno a temperatura de 110 ± 5 °C hasta que se pueda manejar.
- Pesar la muestra en la balanza y registrar el valor inicial.

Ejecución del ensayo:

- Colocar la muestra en la centrifugadora.
- Agregar el disolvente especificado en la norma y cerrar el equipo.
- Iniciar la centrifugación hasta la extracción total del asfalto, operando el extractor según las indicaciones que este trae.
- Filtrar y secar los agregados en el horno.
- Se pesa la muestra final (seca).

Registro de datos y fórmulas:

- Determinar la cantidad de asfalto extraído (contenido de asfalto (%)).

$$Pa\% = \left(\frac{M_i - M_f}{M_i} \right) * 100$$

Pa% = Porcentaje de asfalto

M_i = Masa inicial de la muestra

M_f = Masa final de la muestra

Análisis de resultados:

Comparar el contenido de asfalto obtenido con los valores especificados en el diseño de la mezcla, verificar que el valor esté dentro de los rangos permitidos especificados en el artículo 450-22 de la norma INVIAS. Ejemplo, En una carretera en construcción, se tomó muestra de mezcla asfáltica, después de la extracción, se obtuvo un contenido de asfalto del 5.8%, posteriormente se realiza el chequeo para saber si está dentro de los rangos aceptables especificados en la norma y se verifica que cumpla con el contenido de asfalto que estaba especificado en el diseño.

23. INV E 733:2013 - GRAVEDAD ESPECÍFICA BULK Y DENSIDAD DE MEZCLAS ASFÁLTICAS COMPACTADAS NO ABSORBENTES EMPLEANDO ESPECÍMENES SATURADOS Y SUPERFICIALMENTE SECOS.

Este método se refiere a la determinación de la gravedad específica bulk y la densidad de especímenes de mezclas asfálticas compactadas. Este método no se deberá utilizar en especímenes de mezclas abiertas o con vacíos intercomunicados y/o que absorban más del 2% de agua respecto al volumen.

Los resultados obtenidos al aplicar este método de ensayo se pueden usar para calcular el peso unitario de mezclas asfálticas densas compactadas y obtener, junto con los resultados del ensayo descrito en la norma INV E-736, el porcentaje de vacíos con aire. A su turno, estos valores se pueden usar para determinar el grado relativo de compactación.

Como la gravedad específica es adimensional, es necesario convertirla en densidad para los cálculos que requieran unidades. Esta conversión se efectúa multiplicando la gravedad específica a una temperatura dada, por la densidad del agua a la misma temperatura.

El espécimen se sumerge en un baño de agua a 25° C y se mide y anota su masa bajo el agua. Se saca la probeta del agua, se seca rápidamente con un trapo húmedo y se pesa al aire. La diferencia entre las dos masas se emplea para medir la masa de un volumen igual de agua a 25° C. El método de ensayo proporciona una guía para la determinación de la masa del espécimen seco. La gravedad específica se calcula a partir de estas masas.

Equipos:

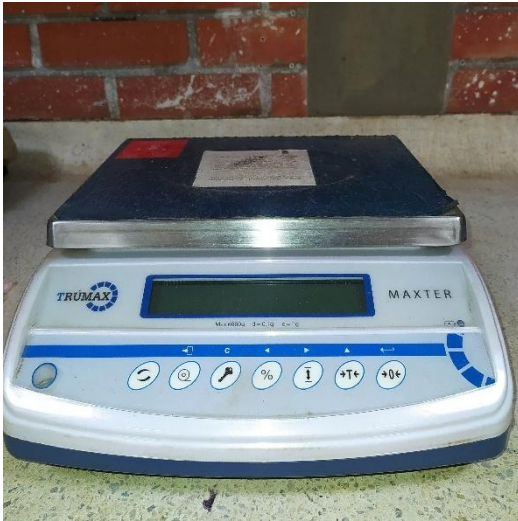
Tanque de agua



Canastilla de inmersión



Balanza de precisión



Muestras compactadas



Preparación del equipo:

- Calibrar la balanza y verificar que la canastilla de inmersión este en óptimas condiciones.
- Llenar el recipiente con agua a temperatura indicada en la norma.
- Verificar que las muestras estén compactadas según las especificaciones dadas por la norma INVIAS.
- Contar con una toalla para secar las muestras ensayadas.

Muestras:

- Seleccionar un espécimen representativo, esta deberá ser la muestra compactada del pavimento asfáltico.
- Limpiar la superficie de la muestra para eliminar partículas sueltas.

Ejecución del ensayo:

- Pesar el espécimen en seco (en el aire).
- Sumergirlo en agua y pesarlo sumergido.
- Secar la superficie y pesarlo superficialmente seco (SSS).

Registro de datos y fórmulas:

Se registran los siguientes datos:

- Masa en el aire de la muestra.
- Masa en el agua de la muestra.
- Masa superficialmente seco de la muestra.

Fórmula para la gravedad específica bulk:

$$\textit{Gravedad específica bulk} = \left(\frac{A}{B - C} \right)$$

A = Masa seca de la muestra.

B = Masa saturada y superficialmente seca (SSS) de la muestra.

C = Masa sumergida de la muestra.

Se calcula la densidad de la muestra mediante la siguiente expresión:

$$\textit{Densidad} = \textit{Gravedad específica bulk} * 997.0$$

donde 997.0 = densidad del agua a 25 °C en kg/m³

Análisis de resultados:

Se comparan los resultados obtenidos con las especificaciones de la mezcla, se evalúa la densidad de un espécimen compactado para verificar si cumple con la norma, se debe tener en cuenta que si el porcentaje (%) de agua absorbida es mayor a 2% de debe determinar la gravedad específica con los métodos de las normas INV E 734-13 o INV E 802-13. Ejemplo, a una muestra de pavimento asfáltico se le realiza este ensayo con el fin de determinar la densidad y la gravedad específica bulk, después de realizado el ensayo se obtienen valores de densidad de 2.379 g/cm³ y una gravedad específica bulk de 2.386 g/cm³, con estos valores y la gravedad específica máxima promedio de la jornada se puede calcular el porcentaje de compactación que presenta el pavimento ensayado.

24. INV E 748:2013 – ESTABILIDAD Y FLUJO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EMPLEANDO EL EQUIPO MARSHALL.

Esta norma describe el procedimiento para determinar la resistencia a la deformación plástica de especímenes de mezclas asfálticas para pavimentación. Los especímenes, de forma cilíndrica y de 102 mm (4") de diámetro, son sometidos a carga en dirección perpendicular a su eje cilíndrico empleando el aparato Marshall. El procedimiento se puede emplear tanto para el proyecto de mezclas en el laboratorio como para el control en obra de las mismas. El método descrito en esta norma es aplicable solamente a mezclas elaboradas con cemento asfáltico y agregados pétreos con tamaño máximo menor o igual a 25.4 mm (1").

El procedimiento consiste en la fabricación de probetas cilíndricas de mezcla asfáltica, de 102 mm (4") de diámetro y una altura nominal de 63.5 mm (2½"), las cuales se someten a curado en un baño de agua o en un horno, y luego a carga en la prensa Marshall bajo condiciones normalizadas, determinándose su estabilidad y su deformación (flujo).

Las probetas elaboradas de acuerdo con el procedimiento descrito en esta norma se utilizan tanto para determinar la estabilidad y el flujo, como para realizar análisis de densidad y de vacíos, los cuales se aplican tanto en el diseño de las mezclas asfálticas como en la evaluación de la compactación en el campo.

Equipos:

Moldes para compactación



Martillo de compactación



Pedestal de compactación



Muestra compactada



Equipo adicional



Prensa Marshall



Baño de agua



Ejecución del ensayo



Preparación del equipo:

- Verificar que los moldes estén limpios y en óptimas condiciones.
- Cerciorarse que el martillo de compactación funcione correctamente.
- Verificar que el pedestal de compactación este en condiciones óptimas para el ensayo.
- Verificar la temperatura del baño de agua según la especificación de la norma.
- Preparar la prensa Marshall según especificaciones del ensayo.
- Verificar que el equipo de medición de estabilidad y deformación (flujo) funcione correctamente.

Muestras:

- Realizar la compactación de la muestra asfáltica según las especificaciones de la norma.
- Seleccionar muestras de la mezcla asfáltica compactada.
- Identificar cada muestra con un código único.
- Medir dimensiones (altura) y masa inicial de cada muestra y verificar que cumplan con la especificación de la norma.
- Dejar en baño de agua a temperatura de $60 \pm 1^\circ\text{C}$ y tiempo de 30 a 40 minutos según la especificación de la norma.

Ejecución del ensayo:

- Sacar las probetas del baño del agua y secarlas con una toalla.
- Colocar la muestra compactada en la prensa Marshall.
- Verificar que el equipo de medición de estabilidad y deformación (flujo) este en 0 y funcionando correctamente
- Se aplica carga sobre la probeta con la prensa a una rata de deformación constante de $55 \pm \text{mm/min}$ hasta que ocurra la falla
- Se toman los datos de deformación (flujo) y estabilidad arrojados por el equipo de ensayo luego de la falla de la muestra (alcanza la máxima carga y luego comienza a decrecer).

Análisis de resultados:

Comparar los resultados de deformación (flujo) y estabilidad con las especificaciones dadas por el artículo 450-22 de la norma INVIAS. Ejemplo, una empresa tiene como proyecto pavimentar una vía nacional con pavimento flexible, durante este proceso se está evaluando la calidad de una capa asfáltica de la carretera, para esto se realiza el ensayo de estabilidad y flujo para una muestra de este pavimento asfaltico, se compactan 3 probetas y se llevan al laboratorio para determinar su deformación (flujo) y su estabilidad, después de realizado el ensayo se determina una estabilidad promedio de las 3 probetas de 15605 kg y un flujo de 3.90 mm dando como resultado una relación estabilidad/flujo de 4, con la información obtenida se procede a realizar el chequeo respectivo para saber si el pavimento asfaltico cumple según el artículo 450-22 de la norma INVIAS.

25. INV E 782:2013 - ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS AGREGADOS EXTRAÍDOS DE MEZCLAS ASFÁLTICAS.

Esta norma describe un procedimiento para determinar la granulometría de los agregados gruesos y finos recuperados de las mezclas asfálticas, empleando tamices con malla de abertura cuadrada.

Esta norma se utiliza para determinar la gradación de los agregados extraídos de una mezcla asfáltica. Los resultados del ensayo permiten determinar la conformidad de la granulometría con la especificación aplicable y suministran datos útiles para el control de la producción de los diferentes agregados usados en la fabricación de mezclas asfálticas.

Equipos:

Tamices



Tamizadora mecánica (opcional)



Balanza de precisión



Horno para secado



Recipientes para muestras



Cepillo de cerdas suaves



Preparación del equipo:

- Verifique que los tamices estén en óptimas condiciones y posterior organizarlos en orden decreciente de abertura.
- Calibrar la balanza y verificar que el horno funcione correctamente.

Muestras:

- Extraer agregados de la muestra de mezcla asfáltica.
- Secar la muestra a temperatura de 110 ± 5 °C antes del ensayo.

Ejecución del ensayo:

- Colocar la muestra en el tamiz superior.
- Agitar mecánica o manualmente durante el tiempo especificado.
- Pesar los agregados retenidos en cada tamiz.

Registro de datos y fórmulas:

Se registra la masa retenida en cada tamiz.

- Fórmula para porcentaje retenido en cada tamiz:

$$\%retenido = \left(\frac{\text{masa retenida}}{\text{masa total}} \right) * 100$$

$$\%pasa = 100\% - \%retenido \text{ acumulado}$$

Análisis de resultados:

Graficar la curva granulométrica, se grafican los porcentajes retenidos acumulados vs el tamaño de los tamices, comparar la curva obtenida con las especificaciones granulométricas de la mezcla y se verifica que los agregados cumplan con los requisitos del diseño. Ejemplo, en un proyecto de pavimentación, el análisis granulométrico mostró que el 62% de los agregados pasan por el tamiz de No 4, para lo cual se realiza la verificación y saber si el material cumple con la curva granulométrica especificada en el artículo 450-13 del INVIAS.