

EL CONCRETO EN LA OBRA

PROBLEMAS, CAUSAS Y SOLUCIONES

CONCRETÓN - Marzo 2015

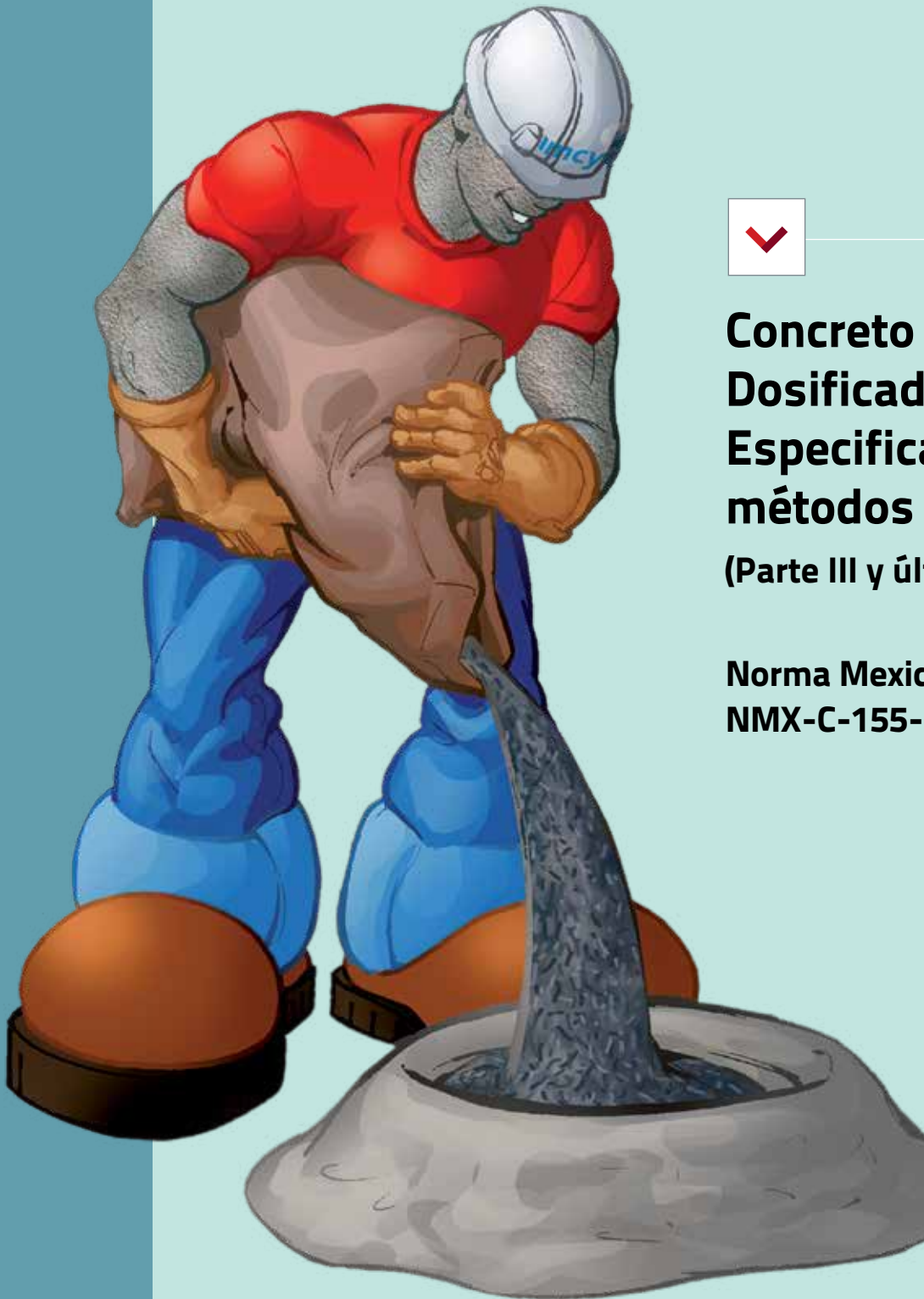


EDITADO POR EL INSTITUTO MEXICANO
DEL CEMENTO Y CONCRETO, A.C.



Concreto Hidráulico- Dosificado en masa. Especificaciones y métodos de ensayo (Parte III y última).

Norma Mexicana
NMX-C-155-ONNCCE-2014.



Número

91

SECCIÓN
COLECCIONABLE



Concreto hidráulico. Dosificado en masa. Especificaciones y métodos de ensayo (Parte III y última).

Por: Enrique Chao

Industria de la Construcción - Concreto hidráulico - Dosificado en masa - Especificaciones y métodos de ensayo. En este resumen se presenta la última parte de tres de la Norma Mexicana **NMX-C-155-ONNCCE-2014**. El lector puede recurrir a la siguiente información para familiarizarse con los procedimientos básicos de la misma. Sin embargo, esta versión no reemplaza el estudio completo que se haga de la Norma.

OBJETIVO

Esta norma establece especificaciones para la elaboración del concreto hidráulico y métodos de ensayo para su control en estado fresco y endurecido, así como lineamientos para su comercialización.

CAMPO DE APLICACIÓN

Esta norma es aplicable al concreto hidráulico de peso normal, dosificado en masa, para uso estructural y mezclado por medios mecánicos. En esta norma se mencionan los métodos de ensayo aplicables para la evaluación y determinación de la durabilidad de un concreto. A continuación se mencionan otros métodos de ensayo no establecidos en normas mexicanas.

MÉTODOS DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DEL SULFATO SOLUBLE EN AGUA EN UN SUELO.

Materiales auxiliares

1. Papel filtro
2. Soporte Universal
3. Brocha

Equipo

- Baño María
- Pipeta
- Embudos
- Espectrofotómetro
- Sustancias para determinar presencia de sulfatos
- Charolas de secado de acero inoxidable
- Trituradora de discos, si es necesario también de quijadas
- Báscula electrónica de precisión
- Malla de micras
- Tubos de ensaye
- Centrifugadora

Condiciones ambientales

La temperatura ambiental del laboratorio debe mantenerse entre 20°C y 27°C, los materiales y equipo u utilizado durante el ensaye debe estar a una temperatura de 23° C ± 2° C.

Preparación y acondicionamiento de la muestra

- Pesarse el material ya cuarteado y muestreado
- Secar en charola o cápsula de porcelana

MÉTODOS DE ENSAYO

- Métodos de ensayo para determinar las características de los materiales componentes del concreto.
- Métodos de ensayo para determinar las características del cemento hidráulico. Se deben utilizar los métodos de ensayo establecidos en la norma mexicana NMX-C-414-ONNCCE.
- Métodos de ensayo para determinar las características de los agregados. Se deben utilizar los métodos de ensayo establecidos en las normas mexicanas NMX-C-111-ONNCCE.
- Métodos de ensayo para determinar las características del agua de mezclado. Se deben utilizar los métodos de ensayo establecidos en las normas mexicanas NMX-C-122-ONNCCE y NMX-C-283.
- Métodos de ensayo para determinar las características de los aditivos. Se deben utilizar los métodos de ensayo establecidos en la norma mexicana NMX-C-255-ONNCCE.
- Métodos de ensayo para determinar las características de los complementos cementantes. Se deben utilizar los métodos de ensayo establecidos en la norma mexicana NMX-C-146-ONNCCE.
- Métodos de ensayo para determinar las características del concreto en estado fresco.
- Métodos de ensayo para determinar el revenimiento. Se debe utilizar el método de ensayo establecido en la norma mexicana NMX-C-156-ONNCCE.
- Métodos de ensayo para determinar la masa unitaria del concreto. Se debe utilizar el método de ensayo establecido en la norma mexicana NMX-C-162-ONNCCE.
- Métodos de ensayo para determinar la temperatura. Se debe utilizar

el método de ensayo establecido en la norma mexicana NMX-C-435-ONNCCE.

- Métodos de ensayo para determinar el volumen. Se debe utilizar el método de ensayo establecido en la norma mexicana NMX-C-162-ONNCCE.

- Métodos de ensayo para determinar el aire incluido. Se debe utilizar el método de ensayo establecido en las normas mexicanas NMX-C-157-ONNCCE y NMX-C-158-ONNCCE.

- Métodos de ensayo para determinar las características del concreto en estado endurecido.

- Método de ensayo para determinar la resistencia a compresión. Se debe utilizar el método de ensayo establecido en la norma mexicana NMX-C-083-ONNCCE.

- Métodos de ensayo para determinar la resistencia a la flexión. Se debe utilizar el método de ensayo establecido en la norma mexicana NMX-C-191-ONNCCE.

- Métodos de ensayo para determinar la resistencia a tensión por compresión diametral. Se debe utilizar el método de ensayo establecido en la norma mexicana NMX-C-163-ONNCCE.

- Métodos de ensayo para determinar el módulo de elasticidad. Se debe utilizar el método de ensayo establecido en la norma mexicana NMX-C-128-ONNCCE.

- Métodos de ensayo para determinar la resistencia del concreto mediante el ensayo de núcleos. Se deben utilizar los métodos de ensayo establecidos en las normas mexicanas NMX-C-169-ONNCCE y NMX-C-083-ONNCCE.

- Métodos de ensayo para determinar elementos que permiten evaluar la durabilidad del concreto.

- Triturar el material hasta que pase la malla No.4.
- Pesarse 100 g de material y vaciarlo a un vaso de precipitado de 1L.
- Macerar en aproximadamente 700 ml de agua destilada durante 12h en la parrilla a una temperatura baja y agitación constante.
- Filtrar a vacío en un matraz Kitasato de 1L con embudo de porcelana usando doble papel.
- Pasar el filtrado a un matraz aforado de 1L.

Procedimiento de ensayo

Tomar la muestra de agua que se va analizar:

- Comprobar que el pH de la muestra se encuentra entre 2 y 10. En caso contrario se añade gota a gota la solución de NaOH 1N (Hidróxido de sodio 1N) o HCL concentrado.
- En caso de que la muestra esté turbia se filtra con papel filtro.
- A partir de este punto, las determinaciones de sulfatos de la solución resultante se deben realizar por un método de espectrofotometría disponible en el mercado. El método descrito a continuación es sólo ilustrativo.
- Añadir con pipeta 2.5 ml de la muestra en un tubo con cierre roscado.
- La determinación se debe realizar con las sustancias para determinar presencia de Sulfatos.
- Añadir 2 gotas de SO₄-2 -1a y mezclar.
- Añadir 1 cucharada de SO₄-2a y mezclar.
- Regular la temperatura del tubo en el baño María y colocar la muestra durante 5 minutos.
- Retirar la muestra y añadir 2.5 ml de SO₄-3 y mezclar.
- Separar por filtración el contenido del frasco con papel filtro.
- Si el líquido pasa turbio filtrar de nuevo, usando el mismo papel, y pasar el líquido filtrado a un tubo con tapa.
- Añadir 4 gotas de SO₄-4a al líquido filtrado y mezclar.
- Regular la temperatura del baño María a 40°C y colocar la muestra durante 7 min.
- Retirar la muestra y añadir la solución a la cubeta de medición correspondiente.
- En el espectrofotómetro seleccionar el método con el Auto selector o manualmente y elegir el método 14791 (sulfatos) y colocar la cubeta en el compartimiento para cubetas y realizar la lectura.

Cálculo y expresión de resultados

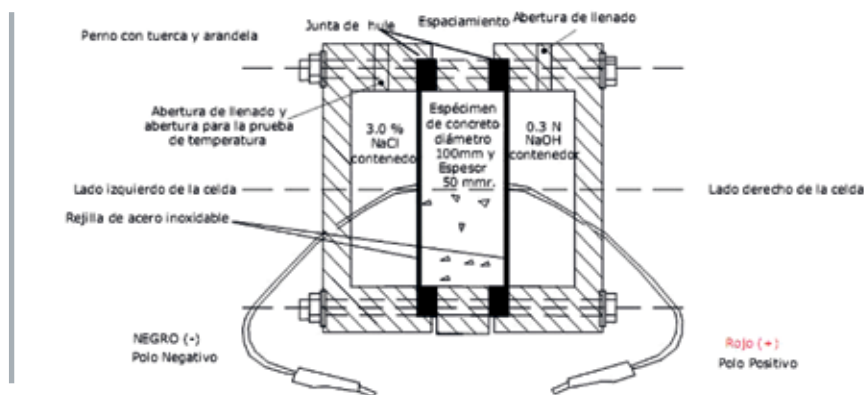
Los resultados de los sulfatos se toman directo de la pantalla del espectrofotómetro, no es necesario realizar ningún cálculo.

Informe de ensayo

El reporte debe incluir lo siguiente:

- Origen de la muestra.
- Profundidad de la extracción.
- Descripción de las condiciones locales (zona industrial, zona residencial, bosque).
- Lugar y fecha de muestreo.
- Contenido de sulfatos del suelo.

FIGURA 1:
Celda de ensayo.



MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA ACIDEZ DE UN SUELO BAUMANN-GULLY

Materiales auxiliares

1. Acetato sódico 1N.
2. Hidróxido sódico. Diluir en agua disolver en alcohol etílico y añadir de agua destilada.

Equipo

- Tamices de 2.0 y 0.125 mm.
- Matillo de goma o pisón de madera.
- Cuarteador de muestras.
- Charolas .
- Bureta graduada.
- Matraces.
- Pipetas graduadas.
- Báscula con resolución.

Condiciones ambientales

La temperatura ambiente del laboratorio debe mantenerse entre 20°C y 27°C, los materiales y equipo utilizado durante el ensaye deben estar a una temperatura de 23°C ± 2°C.

Preparación y acondicionamiento de las muestras

- Las muestras de suelo deben permanecer a temperatura ambiente. Si estas presentan un grado excesivo, se permite un secado preliminar.
- Colocar la muestra en una banda y mantenerla al aire libre hasta que se equilibre su humedad con la del laboratorio.
- Durante el secado, disgregar los terrones existentes a mano, con un martillo de goma o pisón de madera.
- Pesar la muestra con aproximación de 1g.
- Tamizar la totalidad de la muestra.
- De la porción que paso por el tamiz, homogeneizar la muestra y reducir su tamaño hasta que pase por el tamiz.
- Dividir la muestra por la mitad usando un cuarteador.
- Conservar una de las mitades como referencia y la otra para realizar el ensayo.

Procedimiento de ensayo

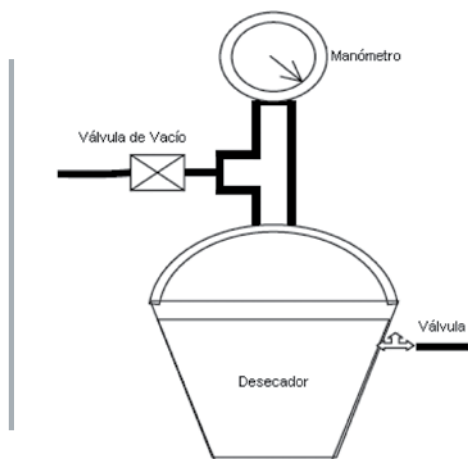
- Pesar 100 g de la muestra y tratar con 200 ml de disolución de acetato sódico, durante 1h.
- Filtrar la suspensión formada sin lavar y valorar con hidróxido sódico utilizando fenolftaleína como indicador.

Cálculo y expresión de resultados

La acidez Baumann-Gully se expresa como el volumen de hidróxido de Sodio 0.1 N requerido para neutralizar el ácido acético, expresado en ml por kg de suelo secado al aire.

FIGURA 2:

Desecador con válvulas.



Informe de ensayo

El reporte debe incluir lo siguiente:

- Origen de la muestra.
- Profundidad de extracción.
- Descripción de las condiciones locales (zona industrial, residencial, bosque).
- Lugar y fecha de muestreo.
- Grado de agresividad (acidez del suelo).

PERMEABILIDAD RÁPIDA AL IÓN CLORURO

Materiales auxiliares

- Resina impermeabilizante. Capaz de ser resistente a soluciones diluidas de NaOH y NaCl hasta temperaturas de 90°C (ejemplo: poliméricas).
- Cloruro de sodio (NaCl) grado analítico.
- Hidróxido de sodio (NaOH) grado analítico.
- Agua destilada.

Equipo

- Celda de ensayo.
- Empaques de hule.
- Calibrador.
- Medidor de temperatura.
- Fuente de poder con voltaje constante.
- Voltímetro digital con precisión de $\pm 0.1\%$ de 3 dígitos como mínimo con rango de 0 V a 99.9 V.
- Resistencia de 100 V, 10^{a} , con tolerancia.
- Cables conductores de dos vías del 14 aislado, 600 V.
- Embudos plásticos.
- Desecador de vidrio con diámetro interno de 250 mm o mayor. El desecador debe permitir dos conexiones con mangueras a través de un tapón y de una manga de goma o a través de un tapón de goma únicamente. Cada conexión se debe equipar de una llave de paso.
- Bomba de vacío.
- Matraz.
- Garrafón de plástico.
- Sierra de diamante o de carburo de silicio.

Condiciones ambientales

Durante el ensayo, el local donde se realiza debe mantenerse en un rango de temperatura de 20°C a 25°C.

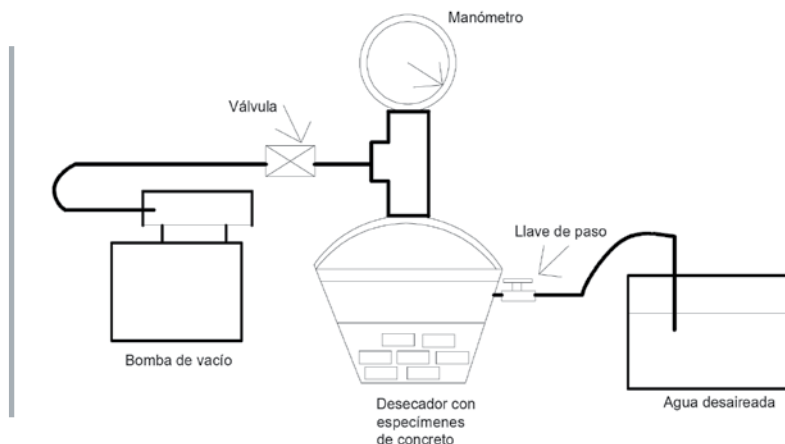
Preparación de soluciones

• Solución de NaCl al 3%

Pesar 60 g de NaCl R.A.: (reactivo analítico) y disolver en 500 ml de agua destilada; en un matraz aforado de 2L, llenar hasta la marca de aforo con agua destilada necesaria para completar 2L, guardar en garrafón, anotar en el garrafón fecha de elaboración.

FIGURA 3:

Acondicionamiento del espécimen.



Preparación y acondicionamiento de la muestra

- Transportar los cilindros del cuarto de curado para ser cortados empleando la sierra de diamante o de carburo de silicio, cortar rebanadas de $51 \text{ mm} \pm 3 \text{ mm}$ de espesor de la parte superior del cilindro sin incluir la capa de enrazado, con corte paralelo a la cara superior. Esta porción debe ser espécimen de ensayo. Utilizar una lijadora de banda para remover cualquier rebaba en los bordes del espécimen.
- Hervir un litro o más de agua en un contenedor hermético; a continuación, tapar muy bien y dejar que se enfríe a temperatura ambiente.
- Secar al aire la superficie del espécimen por lo menos 1 hora.
- Impermeabilizar con la resina la superficie del espécimen excepto las caras circulares resultantes del corte.
- Colocar el espécimen dentro de un desecador al vacío. La presión debe disminuir al menos 1 mm Hg (133 Pa) en unos pocos minutos. Mantener el vacío por lo menos 3h.
- Después de aplicar vacío, verter el agua previamente hervida en el desecador hasta cubrir por completo el espécimen (no permita la entrada de aire al desecador). Cerrar la llave de paso del agua dejar por una hora más que la bomba de vacío trabaje
- Después de aplicar vacío a la muestra sumergida, cierre la válvula y apague la bomba. Abrir la línea de vacío para permitir la entrada de aire.
- Permitir la saturación de los especímenes con la misma agua contenida en el desecador durante $18 \text{ h} \pm 2 \text{ h}$.
- Retirar los especímenes del desecador, seque el exceso de agua y colóquelos en un recipiente donde se mantengan al 95% de humedad relativa. Pueden estar envueltos en un trapo húmedo.
- Colocar los especímenes en la celda de ensayo, colocando los sellos de hule. Verificar que no existan fugas, ajustando perfectamente con los tornillos las dos partes de la celda.
- Llenar un lado de la celda correspondiente con la solución de NaCl al 3% hasta el tope de la celda. Este lado de la celda se conecta a la terminal negativa de la fuente de poder.
- El otro lado de la se llena con la solución de NaOH al 3% y se conecta a la terminal positiva de la fuente de poder.
- Unir los respectivos cables a la fuente de poder.

Procedimiento de ensayo

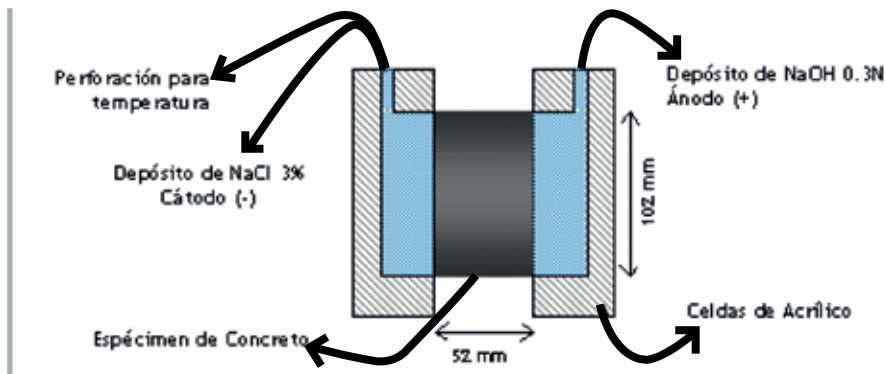
- Encender la fuente de poder, colocarla a $60.0 \text{ V} + 0.1 \text{ V}$, y registrar la lectura inicial de la corriente. Las temperaturas del espécimen, de la celda de voltaje aplicado y de las soluciones, deben ser de 20°C a 25°C , al momento de iniciar el ensayo, es decir, al encender la fuente de poder.

FIGURA 5: DIAGRAMA DE CONEXIÓN

- Leer y registrar la corriente por lo menos cada 30 min. Si se emplea un voltímetro en combinación con un resistor derivado para la lectura de la corriente, utilizar factores de escala apropiados para convertir la lectura del voltaje en amperes. Cada mitad de la celda de ensayo debe permanecer llena con la solución correspondiente durante todo el tiempo que dure el ensayo.

FIGURA 4:

Celda de ensayo.



- Concluir el ensayo después de 6 horas, excepto si excede los 90°C.
- Remover el espécimen. Enjuagar completamente la celda con agua de la llave.
- Para cálculos e interpretación de resultados graficar la corriente (en amperes) contra el tiempo (en segundos). Dibujar una curva suave sobre los datos e integrar el área bajo la curva para obtener los A/s, o Coulombs, de carga pasados durante las 6 horas del ensayo. Alternativamente se puede utilizar un equipo con procesamiento de datos automático para que realice la integración durante o después del ensayo y que muestre los valores de coulombios. La carga total pasada es una medida de la conductancia eléctrica del concreto durante el periodo del ensayo.

Reporte o informe

El reporte debe incluir lo siguiente:

- Ubicación del espécimen con respecto al cilindro de donde se extrajo.
- Número de identificación del cilindro y espécimen.
- Tipo de concreto, incluyendo tipo de aglomerante, relación agua/cemento y otros datos relevantes suministrados con las muestras.
- Descripción del espécimen.
- Historia de curado del espécimen.
- Remoción de cualquier tratamiento superficial inusual de los especímenes.
- Los resultados del ensayo, reportados como la carga total pasada por un periodo de tiempo.
- La penetrabilidad cualitativa del ión cloruro equivalente a la carga pasada calculada.

DENSIDAD, ABSORCIÓN Y VACÍOS EN CONCRETO ENDURECIDO

Materiales auxiliares

- Franela.
- Canastilla que permita suspender y sumergir el espécimen.

Equipo

- Balanza, con resolución de 0.025 % de la masa del espécimen.
- Contenedor con aditamento para suspender y sumergir la canastilla con el espécimen.
- Horno con capacidad de hasta 110°C ± 5°C de temperatura.

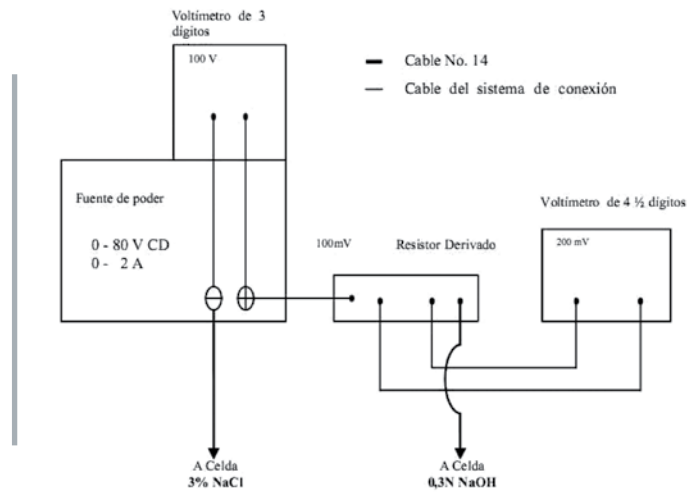
Preparación y acondicionamiento de la muestra

Las porciones individuales pueden ser cilíndricas, corazones o vigas de tamaño o forma deseada, excepto que el volumen de cada porción no deberá ser menor que 350 cm³ (o un peso relativo de 800 g de concreto), y cada concreto debe estar libre de fisuras, grietas o bordes rotos.

Condiciones ambientales

La temperatura del local donde se realice el ensayo debe mantenerse entre 20°C a 25°C.

FIGURA 5:
Diagrama de conexión.



Procedimiento de ensayo

- Secado de masa por horno: Secar cada porción a una temperatura de 100°C a 110°C. en un tiempo no menor de 24 h. Después, dejarlas enfriar al medio ambiente a una temperatura de 20°C a 25°C y determinar su masa. Si el espécimen estaba comparativamente seco en la primera determinación de su masa con la segunda determinación de masa, y ambas masas son similares, se considera seco. Si el espécimen está húmedo en la primera determinación de su masa, colóquelo nuevamente en el horno para un segundo tratamiento de secado de 24 h y determinar otra vez la masa. Si el tercer valor concuerda con el segundo, considerar el espécimen seco. En caso de duda, volver a secar el espécimen por periodos de 24 h hasta verificar que los valores de masa obtenidos coincidan o sean similares. Si la diferencia de masa entre los valores obtenidos en dos determinaciones sucesivas excede de 0.5% del menor valor, regresar los especímenes al horno para un periodo adicional de secado de 24 h. Designar al último valor como "A".
- Masa saturada después de la inmersión: Sumergir el espécimen por no menos de 48 h después del secado al final, determine la masa en agua a 21°C aproximadamente, y hasta que dos valores sucesivos de la muestra superficialmente seca en intervalos de 24 h tengan una diferencia de masa que 0.5% del valor más grande, seque la humedad con la franela para determinar la masa, designando el valor de la masa final superficialmente seca después de inmersión como "B".
- Masa saturada después de hervir: Colocar y sumergir el espécimen en un recipiente con agua, cúbralo con la tapa y deje hervir por 5 h. Permitir que se enfríe al medio ambiente hasta por 14 h a una temperatura de 20°C a 25°C. Retirar la humedad superficial con una franela y determinar la masa del espécimen, designando la masa saturada, hervida y superficialmente seca como "C".
- Masa aparentemente inmersa: Suspender la canastilla junto con el espécimen dentro de un recipiente con agua, después de saturado y hervido, y determinar la masa aparente en agua. Designando este valor como masa aparente "D".

Reporte o informe

El reporte debe incluir lo siguiente:

- Densidad aparente seca, saturado, sobresaturado y aparente.
- Porcentaje de vacíos.
- Absorción saturada y sobre saturada.

62

ABSORCIÓN CAPILAR

Materiales auxiliares

- Franela

Equipo

- Balanza con resolución de 0.1g.
- Contenedor hermético con una sección transversal mínima que sea al menos 50% más grande que el área total de la superficie de ensaye de los especímenes y una profundidad mínima de 75 mm. El contenedor debe tener una tapa adecuada para evitar la evaporación.
- Horno, con capacidad de 110°C ± 5°C.
- Calibrador Vernier.

Condiciones ambientales

La temperatura en el área de ensayo debe permanecer en $24^{\circ}\text{C} \pm 8^{\circ}\text{C}$.

Preparación y acondicionamiento de la muestra

- Preparar las muestras de mortero o concreto de acuerdo con la norma mexicana NMX-C-159-ONNCCE para la elaboración de cubos de mortero o cilindros de concreto.
- Una vez que las muestras alcancen su edad de ensayo (28 días \pm 12h). Secar en horno a una temperatura de entre 110°C y 115°C por un mínimo de 24 h o hasta que las diferencias en peso no sean mayores a 0.2% por un periodo de una hora.
- Remover los especímenes del horno y dejar enfriar en condiciones ambientales ($24^{\circ}\text{C} \pm 8^{\circ}\text{C}$) por un mínimo de 2 h hasta que los especímenes alcancen la temperatura ambiente. Comenzar los ensayos dentro de las 48h después de haber alcanzado la temperatura ambiente.

Procedimiento de ensayo

- Determinar el área de contacto con el agua, la cual será la cara enrazada del cubo o cilindro, medir la longitud de la superficie lo más cercano a 0.5 mm, en tres puntos a lo largo de su altura y registrar la longitud promedio en mm.
- Medir la anchura de la superficie lo más cercano a 0.5 mm, en tres puntos a lo largo de su anchura y registrar la anchura promedio en mm.
- Registrar el peso de la muestra seca en gramos.
- Colocar la muestra dentro del tanque de inmersión sobre soportes de tal manera que no cubran un área mayor a 10% del área de contacto.
- Añadir el agua necesaria para que las muestras son parcialmente sumergidas en aproximadamente $3\text{ mm} \pm 0.5\text{ mm}$ de su altura, tape el tanque para minimizar la evaporación.
- En los tiempos de 15 min, 4h y 24h se mide los pesos de las muestras en g. Las muestras no deben estar fuera del agua más de 1 minuto.
- Agregar el agua necesaria para mantener el nivel de agua constante para cumplir con la longitud que deben estar sumergidas las muestras.

Reporte o informe

El reporte debe reportar el índice de absorción capilar de las muestras.

IDENTIFICACIÓN Y REGISTRO

Es conveniente tener registros con la información necesaria para la identificación y localización del concreto estructural utilizado.

Esta información puede incluir los siguientes datos:

- a) Nombre del solicitante.
- b) Lugar de la entrega.
- c) Referencia a esta norma.
- d) Cantidad entregada en metros cúbicos (m^3).
- e) Tamaño máximo nominal del agregado grueso en milímetros (mm).
- f) Revenimiento solicitado en centímetros (cm), incluyendo sus tolerancias.
- g) Resistencia a la compresión especificada del concreto en MPa (kgf/cm^2).
- h) Edad especificada de la resistencia del concreto en días. **C**

NOTA:

Tomado de la Norma Mexicana Industria de la Construcción - Concreto Hidráulico - Dosificado en Masa - Especificaciones y Métodos de Ensayo NMX-C-155-ONNCCE-2014.

Especificaciones y métodos de ensayo. Usted puede obtener esta norma y las relacionadas con agua, aditivos, agregados, cementos, concretos y acero de refuerzo en: normas@mail.onncce.org.mx, o al teléfono del ONNCCE 5663 2950, en México, D.F. O bien, en las instalaciones del IMCYC.