

# PROBLEMAS, CAUSAS Y SOLUCIONES

Diciembre ■ 2012



imcyc®

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

Determinación del  
contenido de aire del  
concreto fresco por  
el **Método de  
Presión**



64

SECCIÓN  
COLECCIONABLE

## Determinación del contenido de aire del concreto fresco por el Método de Presión

Industria de la Construcción-Concreto-Determinación del contenido de aire del concreto fresco por el Método de Presión. En este resumen se presenta la Norma Mexicana NMX-C-157-ONNCCE-2006. El lector puede aprovechar la información para familiarizarse con los procedimientos básicos de la misma; sin embargo, es preciso advertir que ésta no reemplaza al estudio completo de la Norma.

### Objetivo y campo de aplicación

Con base en la observación del cambio en el volumen del concreto con respecto al cambio de presión, esta Norma Mexicana establece el método de prueba que cubre la determinación del contenido de aire en el concreto fresco. Emplea dos tipos de medidores.

Este método de prueba es adecuado para usarlo en concretos y morteros elaborados con agregados de masa específica igual o mayor a  $2,10 \text{ kg/m}^3$ . Pero no es aplicable para concretos con agregados ligeros que tengan burbujas de aire en el interior o aquellos con alta porosidad. Tampoco debe aplicarse para concretos de bajo revenimiento por ser poco plásticos.

### REFERENCIAS

Esta norma se complementa con las siguientes normas mexicanas vigentes:

- NMX-C-158-ONNCCE Industria de la construcción-Concreto-Determinación del contenido de aire del concreto fresco por el método volumétrico.

- NMX-C-161-ONNCCE Industria de la construcción- Concreto fresco –Muestreo.

### MATERIALES AUXILIARES

- Guantes de hule.
- Guantes de carnaza.
- Franela.
- Espátula.
- Brocha de cerda natural y en general, cualquier otro uso común en el laboratorio.

### EQUIPO

#### Medidores de aire

Existen dos tipos de aparatos diseñados para medir el contenido de aire en el concreto fresco por medio de presión; se conocen comercialmente como Medidor de aire tipo A y Medidor de aire tipo B, descritos en cada método respectivo.

### PREPARACIÓN Y ACONDICIONAMIENTO DE LA MUESTRA

La muestra debe ser obtenida de acuerdo a la MNX-161-ONNCCE.

### CONDICIONES AMBIENTALES

Este método de prueba se realiza de acuerdo a las condiciones ambientales del lugar.

### MÉTODOS

Existen dos alternativas para determinar el contenido de aire por presión que son el método A y el método B.

#### MÉTODO A:

##### Equipo

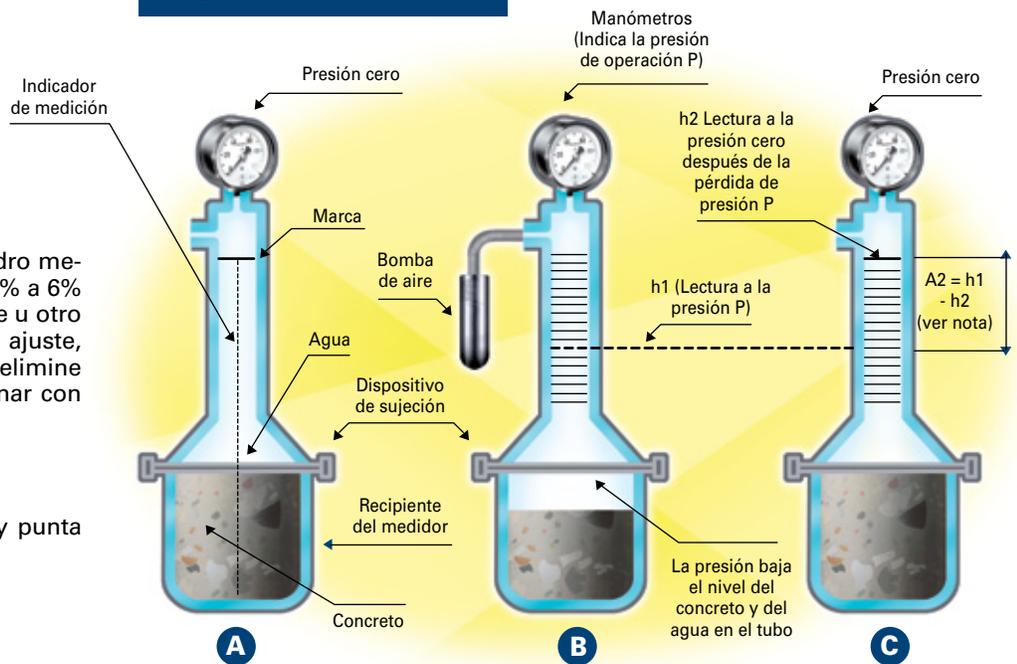
##### Medidor de aire tipo A

Está compuesto por un recipiente metálico diseñado para resistir altas presiones en unión con la tapa. El principio de operación de este medidor de aire consiste en introducir agua a una determinada altura con respecto a una muestra de concreto de volumen conocido y aplicar una determinada presión de aire sobre el agua.

La determinación consiste en la reducción en el volumen de aire en la muestra de concreto y observar cómo baja el nivel de agua al aplicar presión. La escala es calibrada en términos de porcentaje de aire en la muestra de concreto. La tapa debe ser cónica y tener su superficie interior inclinada. Deberá estar provista en su centro de un tubo de vidrio graduado. Debe presentar una escala en unidades que representen directamente un porcentaje del volumen de aire incluido en el concreto. Cada unidad indica 1% de aire incluido. El tubo de vidrio graduado debe estar contar en su extremo con un tapón de cierre hermético, una válvula de aire y una llave de purga en la pared cónica de la tapa. El sistema de ajuste con el recipiente debe ser tal que no permita la pérdida de agua o presión.



**Figura 1: Medidor tipo "A"**



### Dispositivo de ajuste

Dicho dispositivo consiste en un cilindro metálico -cuyo volumen interior sea de 3% a 6% del volumen del recipiente-, un resorte u otro dispositivo para sujetar el cilindro de ajuste, un embudo y el tubo dispersor que elimine la posibilidad de introducir aire al llenar con agua el dispositivo.

- Bomba de mano.
- Charola.
- Cronómetro.
- Varilla lisa de 16 mm de diámetro y punta semiesférica.
- Regla para enrasar.
- Martillo de hule.

### Ajuste

El dispositivo debe ajustarse en el sitio de trabajo con el fin de tomar en cuenta la altura del mismo sobre el nivel del mar. El factor K, es la magnitud de descenso de agua sobre la columna de vidrio graduada, originado por la aplicación de la presión P, requerida. Dicho factor permite conocer el volumen de aire que la presión P introduce el cilindro de ajuste en el recipiente lleno de agua. Cabe decir que el error introducido en la determinación por las distintas alturas sobre el nivel del mar puede causar como máximo un error en  $\pm 0.05\%$

### Procedimiento de ajuste

Se coloca el recipiente en su tapa en una superficie rígida horizontal y se introduce en el cilindro de ajuste al centro y boca abajo. Se coloca sobre este último el resorte y se cubre con la tapa cónica, de tal forma que el resorte presione al cilindro de ajuste sin que pierda su posición vertical. En seguida, se cierra con las mordazas.

Una vez cerrado el dispositivo, se llena con agua. Se cierra el tubo de vidrio con el tapón y es inyectado aire a presión mediante la bomba. Se inclina el dispositivo y se usa el fondo del recipiente como centro. Se le hace describir círculos con el extremo del tubo, al mismo tiempo que es golpeado con el martillo suavemente, tanto en la tapa como en el recipiente mismo, para desprender el aire que pueda haberse retenido por adherencia a las paredes interiores del dispositivo.

Con mucha precaución se hace escapar el aire por la válvula de inyección para abatir la presión, a fin de que el menisco inferior del agua coincida con el factor de ajuste. La presión que indique el manómetro es la presión P necesaria de prueba.

### Procedimiento de prueba

Con una muestra representativa del concreto fresco que se va a probar, se llena el recipiente en tres capas iguales, se compacta la varilla con cada una de ellas. Se quita el exceso de concreto con una regla metálica y se enrasa.

Es limpiado el borde del recipiente. Se coloca la tapa cónica sobre el recipiente; se colocan las abrazaderas y se ajustan las mariposas opuestas. Después, se aprieta lo suficiente para evitar fugas a través de las juntas. Es quitada la tapa superior de la columna de vidrio. Con el embudo y el tubo dispersor, se vierte agua hasta llenar la mitad de la altura del tubo dispersor. En seguida, se vierte hasta llenar la mitad de la altura del tubo con escala de vidrio; se retira el embudo y el tubo; se pone la mano en la parte superior de la columna y se apoya el dispositivo en su base.

Se inclina y se describen círculos levantando con la mano el tubo con la escala de vidrio. Al mismo tiempo, se golpea ligeramente la pared cónica de la tapa para hacer salir las burbujas de aire que hayan quedado adheridas a la superficie interior.

Se regresa el dispositivo a su posición vertical y, mediante el embudo y el tubo superior, se llena con agua el tubo con escala de vidrio, hasta poco más arriba de la marca, y mediante la válvula de purga, se hace descender el nivel del agua hasta que coincida el menisco inferior con la marca cero (0).

Se coloca la tapa del tubo con la escala de vidrio y se ajusta para que no haya fuga. Se conecta la bomba y se levanta uniformemente la presión hasta la correspondiente para el valor P, previamente obtenido en el ajuste del dispositivo. Se expulsa el aire hasta hacer coincidir el agua del manómetro con el valor P. Lo anterior es logrado al quitar la bomba y hacer presión en la válvula de inyección de aire, para abrirla ligeramente.

Con la aguja del manómetro marcando el vapor P, se hace la lectura de la columna de agua sobre la escala de vidrio graduado. Este valor debe registrarse. Se afloja la tapa del tubo con la escala de vidrio para bajar poco a poco la presión y en el transcurso de un minuto se quita la tapa por completo. Debe tener lugar una nueva lectura del nivel de agua sobre el tubo de vidrio graduado.

**Factor de corrección por el agregado**

Las partículas del agregado casi siempre son porosas y por lo tanto capaces de retener aire en la determinación del contenido aparente, por lo que hay que tomarlo en cuenta y restarlo al resultado.

En distintos recipientes y por espacio de cinco minutos se ponen en inmersión de agua los agregados que se vayan a estudiar, en proporción igual de arena y grava con la que se va a elaborar el concreto. A los cinco minutos se retira el exceso de agua. Como el recipiente está a una tercera parte de su volumen con agua, se colocan una parte de arena y una de grava hasta llenarlo, para que mantengan la relación grava-arena dada. Una vez que se llena el recipiente, se golpea la pared del mismo, se elimina la espuma y el agua sobrante, y se coloca la tapa observando los aspectos marcados en el procedimiento.

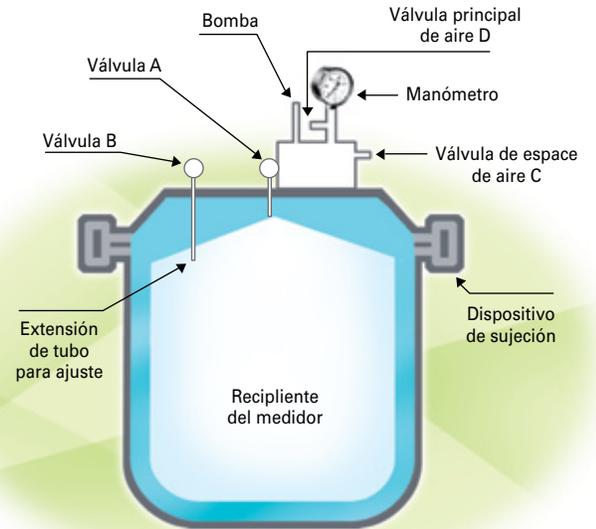
Se repiten las operaciones, desde la colocación de la tapa del tubo con escala de vidrio, la operación de la lectura del nivel del agua inclusive, sin restablecer el aforo en cero, hasta que las determinaciones consecutivas de aire incluido aparente no varíen en más de 0.2%

**MÉTODO B**

Consiste de un recipiente y una cubierta de ensamble. El principio de operación de este medidor está basado en el hecho de igualar un volumen conocido de aire con una presión también conocida, en una cámara de aire cerrada, con un volumen desconocido de aire en la muestra de concreto. La carátula del medidor de presión (manómetro) se calibra en términos de porcentaje de aire para la presión observada, la cual se iguala, que tenga una carátula con marcas que indiquen el porcentaje de aire.

**Recipiente medidor**

Debe ser cilíndrico, de acero u otro material rígido no reactivo con la pasta de cemento. Debe tener una ceja contraída para resistir la presión entre el recipiente y la tapa, la superficie interior del recipiente y la de los bordes. Además, las cejas deben tener un acabado maquinado y pulido. El recipiente y la cubierta deben ser rígidos.

**Figura 2: Medidor tipo "B"****Cubierta**

La cubierta debe ser de acero u otro metal no reactivo con la pasta de cemento. Debe tener cejas construidas para resistir la presión entre el recipiente y la tapa. La superficie interior del recipiente, la de los bordes y las cejas deben tener un acabado maquinado y pulido. Debe tener en el contorno de la superficie interior un espacio sobre el nivel del recipiente que permita contener alguna cantidad de aire, y debe ser lo suficientemente rígido para limitar el factor de expansión en no más de 0.1%. La cubierta debe ajustarse para medir directamente el contenido de aire. La carátula del manómetro debe medir porcentajes de aire; las graduaciones deben ser para un rango de contenido de aire de hasta 6% mínimo, con aproximación de 0.1%. La cubierta debe estar provista de las siguientes válvulas:

- Válvula A de purga de agua.
- Válvula B para escape de aire del recipiente.
- Válvula de escape de aire en la cámara de presión, para ajuste del manómetro.
- Válvula D para paso de aire de la cámara de presión al recipiente (válvula principal de aire).

Debe estar provista de un sistema de mordaza apropiado para fijarse al recipiente y que selle las cejas de la cubierta herméticamente en él. Para asegurar la hermeticidad puede emplearse una bomba manual.

**Vaso de ajuste**

Es un vaso con un volumen equivalente al porcentaje aproximado de aire en el concreto que debe ser probado. Si el volumen del vaso es menor, será posible verificar el ajuste del medidor como un porcentaje de aire del concreto por probar, al llenar el vaso tantas veces como sea necesario.

- Mazo de neopreno.
- Accesorios apropiados de acuerdo al diseño del equipo.
- Ajuste del dispositivo.





Llene el recipiente con agua y determine la masa con una aproximación de 0.1% de la masa del recipiente, desde un cristal, cuidadosamente, sobre las cejas del mismo, de tal manera que se asegure que el recipiente esté lleno. Coloque un poco de grasa en las cejas para asegurar un cierre hermético del recipiente. Se atornilla el tubo recto en la parte interior de la válvula A. Se coloca la cubierta en el recipiente con las válvulas abiertas. Se agrega agua con una jeringa o perilla a través de la válvula A, con el tubo de extensión hasta que todo el aire se expulse a través de la válvula B, la cual debe encontrarse abierta.

Se bombea un pozo de aire hasta la línea inicial de presión; se dejan algunos segundos para que el aire comprimido se enfríe a la temperatura ambiente y se estabilice el manómetro hasta la línea de presión inicial, bombeando o expulsando según sea necesario. Cierre las válvulas A y B y presione inmediatamente con el pulgar la válvula D, dejando escapar aire hacia el recipiente.

Espera unos segundos hasta que el manómetro se estabilice; si se ha eliminado todo el aire y la línea de presión inicial se ha seleccionado correctamente, el manómetro debe marcar 0%. Si dos o más pruebas muestran una variación consistente del 0% en el resultado, se cambia la línea de presión inicial para compensar esta variación.

Use la línea de presión establecida para pruebas subsecuentes para conectar el tubo curvo a la conexión exterior de la válvula A; abra dicha válvula y presione la válvula D para introducir aire al recipiente, con lo que se controla el nivel de flujo para llenar el vaso de ajuste. Al estar lleno debe leerse en el manómetro el porcentaje de aire para el cual está diseñado el vaso de ajuste (ver fig. 1 y 2). Cabe decir que si dos o más pruebas muestran que el manómetro da lecturas diferentes en más de 0.1%, se ajusta nuevamente la lectura inicial y se vuelve a verificar.

Cuando en el manómetro se lea correctamente el porcentaje deseado, puede verificarse de la misma manera para múltiplos del porcentaje anterior.

### **Determinación del factor de corrección por el agregado** **Procedimiento**

Se coloca el agregado con su humedad en el recipiente; se quita la espuma y se mantiene el agregado dentro del recipiente aproximadamente una hora, antes de proceder con la determinación del contenido de aire. Se elimina de la manera descrita en el ajuste del equipo un volumen de agua equivalente al volumen de aire que pueda contener una muestra de concreto normal de un tamaño igual al volumen del recipiente y se completa la prueba.

El factor de corrección del agregado G es igual a la lectura del contenido de aire, menos

el volumen de agua eliminada del recipiente, expresada en el porcentaje de volumen del recipiente.

### **Procedimiento para determinar el contenido de aire**

Con una muestra representativa del concreto fresco que se va a probar, se llena el recipiente en tres capas iguales y se compactan con la varilla cada una de ellas. Se quita el exceso de concreto con una regla metálica y se enrasan con cuidado los bordes superiores del recipiente; se limpian las cejas del recipiente para que la cubierta, al colocarse, tenga un cierre hermético. Se monta el aparato; se cierra la válvula de aire y es abierta la válvula de purga para inyectar agua. Se inyecta agua por la válvula A, hasta que salga por la válvula B. Se golpea suavemente el recipiente hasta que expulse todo el aire.

Se cierra la válvula de purga A y se bombea aire dentro de la cámara, hasta que el indicador esté en la posición inicial de presión. Hay que esperar unos segundos para que se enfríe el aire comprimido hasta la temperatura normal y estabilice la presión inicial por bombeo o purga de aire necesario. Se cierran ambas válvulas y se abre la válvula de aire D, entre la cámara y el recipiente. Se golpean los lados del recipiente rápidamente para distribuir las presiones internas. Se espera hasta que se estabilice el indicador; esta lectura representa el contenido del porcentaje de aire en el concreto. Es necesario liberar la presión abriendo las válvulas A y B antes de quitar la cubierta.

### **INFORME DE LA PRUEBA**

El informe debe incluir por lo menos lo siguiente:

- Fecha de la elaboración.
- Características del concreto muestreado.
- Porcentaje del contenido de aire en el concreto con aproximación al número entero.
- Nombre y firma de quien autoriza. **C**

### **Bibliografía:**

NMX-C-251-ONNCCE

Industria de la Construcción-Concreto-Terminología.

ASTM-C-231-03

Standard test method for air freshly mixed concrete by the present method.

### **Concordancia con normas internacionales**

Esta Norma no es equivalente con ninguna norma internacional por no existir referencia en el momento de su elaboración.

**Nota:** Tomado de la Norma Mexicana NMX-C-157-ONNCCE-2010. Industria de la Construcción-Concreto- Determinación del Contenido de Aire del Concreto Fresco por Método de Presión.

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](mailto:normas@mail.onncce.org.mx), o al teléfono del ONNCCE 5663 2950, de México, DF.