

1994-09-21

**INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA.
MÉTODO DE ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN
DEL CONTENIDO DE AIRE EN EL CONCRETO
FRESCO. MÉTODO DE PRESIÓN**



E: TEST METHOD FOR AIR CONTENT IN FRESHLY MIXED
CONCRETE BY PRESSURE METHOD

CORRESPONDENCIA: esta norma es equivalente a la ASTM
C 231 - 91

DESCRIPTORES: hormigón fresco; concreto; método de
ensayo.

I.C.S.: 91.100.30

Editada por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC)
Apartado 14237 Bogotá, D.C. - Tel. 6078888 - Fax 2221435

PRÓLOGO

El Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, **ICONTEC**, es el organismo nacional de normalización, según el Decreto 2269 de 1993.

ICONTEC es una entidad de carácter privado, sin ánimo de lucro, cuya Misión es fundamental para brindar soporte y desarrollo al productor y protección al consumidor. Colabora con el sector gubernamental y apoya al sector privado del país, para lograr ventajas competitivas en los mercados interno y externo.

La representación de todos los sectores involucrados en el proceso de Normalización Técnica está garantizada por los Comités Técnicos y el período de Consulta Pública, este último caracterizado por la participación del público en general.

La NTC 1032 (Primera actualización) fue ratificada por el Consejo Directivo de 1994-09-21.

Esta norma está sujeta a ser actualizada permanentemente con el objeto de que responda en todo momento a las necesidades y exigencias actuales.

A continuación se relacionan las empresas que colaboraron en el estudio de esta norma a través de su participación en el Comité Técnico 369901 Concreto, mortero y agregados.

BALDOSINES GRANITEX LTDA.
CALLE BOTERO
CÁMARA COLOMBIANA DE LA
CONSTRUCCIÓN - ANTIOQUÍA
CÁMARA COLOMBIANA DE LA
CONSTRUCCIÓN - PRESIDENCIA
CANTERAS Y ARENERAS SAN ANTONIO S.A.
CEMENTOS BOYACÁ S.A.
CEMENTOS DEL NARE S.A.
CEMENTOS DIAMANTE DE BUCARAMANGA
S.A.
CEMENTOS DIAMANTE DEL TOLIMA S.A.
CEMENTOS DIAMANTE S.A.
CIC CONCRETOS INDUSTRIALES
COLOMBIANOS - CIENCO LTDA.
COLQUÍMICOS LTDA.
COLOMBIANA DE RESINAS LTDA.
COMPAÑÍA COLOMBIANA DE
TENSIONAMIENTO S.A.
COMPAÑÍA DE CEMENTOS ARGOS S.A.
COMPAÑÍA DE ELECTRICIDAD Y GAS
CUNDINAMARCA S.A.
CONCRETOS BOGOTÁ LTDA.
CONCRETOS DIAMANTE S.A.
CONCRETOS PREMEZCLADOS S.A.
CONSEJO COLOMBIANO DE SEGURIDAD

CONSTRUCCIÓN LTDA. CONSTRUIMOS
EL FUTURO DE COLOMBIA
CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL
DEL CAUCA
CORPORACIÓN EDUCATIVA
UNIVERSIDAD DE MEDELLÍN
EMPRESA DE ACUEDUCTO Y
ALCANTARILLADO DE BOGOTÁ
EMPRESA DE ENERGÍA DE BOGOTÁ
EMPRESAS MUNICIPALES DE CALI
EMPRESAS PÚBLICAS DE MEDELLÍN
ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA
INDUSTRIA DE CONCRETO
CENTRIFUGADO LTDA.
INDUSTRIAS E INVERSIONES SAMPER S.A.
INDUSTRIAS TECNOCONCRETO DE
COLOMBIA S.A.
INMUNIZADORA SERYE S.A.
INSTITUTO DE ENSAYOS E
INVESTIGACIONES
INSTITUTO NACIONAL DE VIVIENDA DE
INTERÉS SOCIAL Y REFORMA
INTERCONEXIÓN ELÉCTRICA S.A.
JIMÉNEZ POSADA Y CÍA. LTDA.
METRO CONCRETO S.A.
PEDRO GÓMEZ Y CÍA.

POLITÉCNICO COLOMBIANO JAIME ISAZA
CADAVID
PRECONCRETOS S.A.
PRETENSADOS BOGOTÁ LTDA.
PRODUCTOS I.P.B. LTDA.
SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE
REGIONAL ARMENIA
SILICAL LTDA.
SOCIEDAD COLOMBIANA DE INGENIEROS
SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y
COMERCIO

TITÁN MANUFACTURAS DE CEMENTO S.A.
TUBOS MOORE S.A.
UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA
UNIVERSIDAD DEL CAUCA
UNIVERSIDAD DEL VALLE
UNIVERSIDAD EAFIT
UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA
SANTANDER
UNIVERSIDAD LIBRE
UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

Además de las anteriores, en Consulta Pública el Proyecto se puso a consideración de las siguientes empresas:

ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE
PRODUCTORES DE CONCRETO
"ASOCRETO"
CENTRAL DE MEZCLAS S.A.
CONCRETO S.A.
INSTITUTO COLOMBIANO DE
PRODUCTORES DE CEMENTO

SIKA ANDINA S.A.
TECNOCONCRETO
TOXEMENT S.A.
UNIVERSIDAD JAVERIANA
URBAR LTDA.

ICONTEC cuenta con un Centro de Información que pone a disposición de los interesados normas internacionales, regionales y nacionales.

DIRECCIÓN DE NORMALIZACIÓN

**INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA.
MÉTODO DE ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN
DEL CONTENIDO DE AIRE EN EL CONCRETO FRESCO.
MÉTODO DE PRESIÓN**

1. GENERALIDADES

1.1 Este método de ensayo se refiere a la determinación del contenido de aire del concreto fresco mezclado, a partir de la observación del cambio de volumen de concreto, con un cambio de presión.

1.2 Este método de ensayo se aplica en concretos y morteros hechos con agregados relativamente densos, para los que el factor de corrección puede determinarse satisfactoriamente por la técnica descrita en el capítulo 6. No se aplica para concretos hechos con agregados livianos, escoria de alto horno enfriada al aire, o agregados de alta porosidad. En estos casos, se debe emplear el método de ensayo presentado en la NTC 1028. Esta norma tampoco es aplicable para concreto no plástico tal como el que comúnmente se usa en la fabricación de tubos y unidades de concreto para mampostería.

1.3 Los valores se registrarán de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (véase la NTC 1000. Metrología).

1.4 Esta norma no pretende señalar todos los problemas de seguridad, si los hay, asociados con su uso. Es responsabilidad del usuario de esta norma establecer las prácticas de seguridad y salud y determinar la aplicabilidad de las limitaciones regulatorias, antes de su uso. Véase la Nota A.1.7, relativa a precauciones específicas.

2. DOCUMENTOS DE REFERENCIA

2.1 NORMAS TÉCNICAS COLOMBIANAS

NTC 454:1998, Hormigón fresco. Toma de muestras. (ASTM C 172).

NTC 1028:1994, Determinación del contenido de aire en el hormigón fresco. Método volumétrico. (ASTM C 173).

NTC 1377:1994, Hormigón, elaboración y curado de muestras en el laboratorio. (ASTM C 192).

NTC 1926:1925, Hormigón. Determinación de la masa unitaria, rendimiento y contenido de aire. (ASTM C 29, ASTM C 138).

2.2 NORMAS ASTM

ASTM C 670, Practice for Preparing Precision and Bias Statements for Test Methods of Construction Materials.

ASTM E 177, Practice for Use of the Terms Precision and Bias in ASTM Test Methods.

3. SIGNIFICACIÓN Y USO

3.1 Este método de ensayo comprende la determinación del contenido de aire del concreto mezclado fresco. Pretende determinar únicamente el contenido de aire del concreto mezclado fresco, sin incluir el aire que puede estar en los vacíos de las partículas del agregado. Por esta razón, esta norma se aplica a concretos hechos con partículas de agregados relativamente densos y requiere la determinación del factor de corrección del agregado (véanse los numerales 6.1 y 9.1).

3.2 Este método de ensayo y los contenidos en la NTC 1926 y la NTC 1028, proporcionan los procedimientos de presión, gravimétrico y volumétrico, respectivamente, para la determinación del contenido de aire del concreto mezclado fresco. El procedimiento de presión de esta norma, da sustancialmente los mismos contenidos de aire que los otros dos métodos de ensayo para concretos hechos con agregados densos.

3.3 El contenido de aire del concreto endurecido puede ser mayor o menor que el determinado por este método de ensayo. Esto depende de los métodos y las cantidades de esfuerzo de compactación aplicados al concreto del que se tomaron las muestras de concreto endurecido; de la uniformidad y estabilidad de las burbujas de aire en el concreto fresco y endurecido; de la exactitud del examen microscópico, si se usa; del tiempo de comparación; de la exposición al medio ambiente; de la etapa dentro de los procesos de entrega, colocación y compactación en la cual se determina el contenido de aire del concreto no endurecido, es decir, antes o después de pasar el concreto a través de una bomba y otros factores.

4. APARATOS

4.1 MEDIDORES DE AIRE

Se dispone de aparatos apropiados basados en dos diseños operativos básicos que emplean el principio de la ley de Boyle. En este numeral se denominan Tipo A y Tipo B.

4.1.1 Medidor Tipo A

Un medidor de aire se compone de un recipiente de medida y su cubierta (véase la Figura 1), de acuerdo con los requisitos de los numerales 4.2 y 4.3. El principio de operación del medidor consiste en introducir agua a una altura predeterminada, sobre una muestra de concreto de un volumen conocido, y aplicar una presión de aire predeterminada sobre el agua. La determinación consiste en la reducción en el volumen del aire en la muestra de concreto, mediante la observación de cuánto ha bajado el nivel de agua bajo la aplicación de presión; esta última cantidad se calibra en términos del porcentaje de aire en la muestra de concreto.

4.1.2 Medidor (de aire) Tipo B

Un medidor de aire se compone de un recipiente de medida y su cubierta (véase la Figura 2), de acuerdo con los requisitos de los numerales 4.2 y 4.3. El principio de operación de este medidor consiste en igualar un volumen de aire conocido, a una presión conocida, en una cámara de aire

sellada, con un volumen desconocido de aire en la muestra de concreto. El manómetro está calibrado en términos de porcentaje de aire para la presión observada, a la cual tiene lugar la igualdad. Se han usado satisfactoriamente presiones de trabajo de 51 kPa a 207 kPa.

4.2 RECIPIENTE DE MEDIDA

Este recipiente deberá ser esencialmente de forma cilíndrica, de acero u otro metal o material no atacable por la pasta de cemento, que tenga como mínimo un diámetro entre 0,75 a 1,25 veces su altura, y una capacidad mínima de 0,006 m³. Deberá tener una brida o un sistema tal que garantice junta hermética con la cubierta para lo cual las superficies de contacto deben ser pulidas, para obtener una presión de ajuste apropiada entre el recipiente y la cubierta ensamblada. La superficie interior del recipiente y las superficies de los bordes, rebordes y otras partes componentes, deberán tener una superficie lisa maquinada. El recipiente de medida y la cubierta ensamblada deberán ser suficientemente rígidos para limitar el factor de expansión, D, del aparato ensamblado (véase el Anexo 1.5) hasta el 0,1 % del contenido de aire en la escala indicadora cuando opera bajo presión normal.

4.3 CUBIERTA

4.3.1 La cubierta debe ser de acero u otro metal o material que no sea atacado por la pasta de cemento. Deberá tener una brida, para obtener una presión de ajuste apropiada entre el recipiente y la cubierta ensamblada y debe tener superficies interiores pulidas, elaboradas por medio de maquinado y conformadas de tal manera que establezcan un espacio de aire por encima del nivel del borde del recipiente de medida. La cubierta debe ser lo suficientemente rígida para limitar el factor de expansión de los aparatos ensamblados como se describe en el numeral 4.2.

4.3.2 La cubierta deberá estar equipada con un dispositivo de lectura directa del contenido de aire. La cubierta para el medidor Tipo A deberá estar provista con un tubo vertical transparente graduado o un tubo metálico con diámetro constante y un medidor de vidrio adherido. En el medidor Tipo B, el manómetro debe estar calibrado para indicar el porcentaje de aire. La escala de graduación para contenido de aire debe llegar por lo menos al 8 %, con aproximación al 0,1 %.

4.3.3 La cubierta debe estar equipada con válvulas de aire, válvulas de purga de aire y grifos para purgado, a través de los cuales se puede introducir el agua para el diseño del medidor en particular. Se deben proveer mecanismos apropiados para empalmar la cubierta al recipiente con el fin de lograr una junta hermética, sin que quede aire atrapado en la junta, entre las bridas de la cubierta y el recipiente. Se proporcionará con la cubierta una bomba manual apropiada, ya sea en forma fija o como accesorio.

4.4 VASO DE CALIBRACIÓN

Es un medidor cuyo volumen interno es igual a un porcentaje del volumen del recipiente de medida, que corresponda al porcentaje aproximado de aire en el concreto que se va a ensayar; o, si es más pequeño, debe ser posible revisar la calibración del indicador del medidor de aire en un porcentaje aproximado de aire en el concreto que se va a ensayar, por llenado sucesivo del medidor. Cuando el diseño del medidor de aire requiere la colocación del vaso de calibración dentro del recipiente de medida para verificar la calibración, el medidor debe ser de forma cilíndrica y debe tener 13 mm menos de profundidad que el recipiente. Un medidor de este tipo se puede fabricar con tubo de cobre calibre No. 16 (calibre nominal 1,588 mm) de un diámetro adecuado para el volumen deseado, al cual se suelda un disco de cobre de 13 mm de espesor que constituye el extremo. Cuando el medidor requiere una salida de agua del recipiente de llenado y una cubierta para verificar la calibración, el medidor puede ser parte integral de la cubierta, o un medidor cilíndrico independiente, similar al anteriormente descrito.

4.5 Los diseños de diversos tipos de medidores de aire disponibles son tales, que difieren en técnicas de operación y, por tanto, es probable que no se exijan todos los ítems requeridos. Éstos deben ser los necesarios para el uso con un aparato de diseño particular, empleado para determinar satisfactoriamente el contenido de aire de acuerdo con los procedimientos descritos aquí.

4.6 RESORTE EN ESPIRAL U OTRO MECANISMO PARA SOSTENER EL VASO DE CALIBRACIÓN EN SU LUGAR

4.7 TUBO ROCIADOR

Tubo de bronce de diámetro apropiado, el cual puede ser parte de la cubierta de ensamble o puede ser un accesorio separado. Se debe construir de tal manera que al agregar el agua al recipiente, ésta sea rociada y baje por las paredes interiores de la cubierta, y así el flujo descendente en las paredes cause un mínimo de perturbación al concreto.

4.8 PALUSTRE

Un palustre normalizado para mampostería.

4.9 VARILLA APISONADORA

La varilla apisonadora debe ser recta, de sección circular en acero, un diámetro de 16 mm y una longitud no menor de 400 mm; los extremos de la varilla deben ser redondeados tipo semiesférico, de 16 mm de diámetro.

4.10 MACETA O MAZO

Una maceta (con cabeza de caucho de cuero) de una masa aproximada de $0,57 \text{ kg} \pm 0,23 \text{ kg}$ para usarlo en medidores de 14 dm^3 o menores, y una maceta con una masa aproximada de $1,02 \text{ kg} \pm 0,23 \text{ kg}$ para usarlo con medidores mayores de 14 dm^3 .

4.11 BARRA DE ENRASE

Una barra plana de acero o cualquier otro metal apropiado, de por lo menos 3 mm de espesor, con un ancho mínimo de 20 mm y una longitud de 300 mm.

4.12 PLATINA (LÁMINA DE ENRASE)

Una lámina metálica rectangular con un espesor mínimo de 6 mm, o una lámina de vidrio o acrílico de mínimo 12 mm de espesor y con una longitud y un ancho de mínimo 50 mm más que el diámetro del medidor con el cual se va a usar. Las caras de la lámina deben ser planas y lisas con una tolerancia de 1,5 mm.

4.13 EMBUDO

Uno de sus extremos debe encajar en el tubo de rocío.

4.14 MEDIDOR DE AGUA

Debe tener la capacidad necesaria para llenar el indicador con el agua desde la parte superior del concreto hasta la marca cero.

4.15 VIBRADOR

Como se describe en la NTC 1377.

4.16 TAMICES

37,5 mm con una área de tamizado no menor de 0,19 m².

5. CALIBRACIÓN DE APARATOS

5.1 Los ensayos de calibración se llevan a cabo de acuerdo con el procedimiento descrito en el anexo. Un manejo brusco podrá afectar la calibración de ambos tipos de medidor de aire, A y B. El medidor Tipo A se podrá afectar por cambios en la presión barométrica, lo que no ocurre con el medidor Tipo B. Los pasos descritos desde el Anexo A.1.2 al A.1.6, como se aplican al tipo de medidor bajo consideración, son prerequisites para el ensayo de calibración final que determina la presión de operación, P, en el indicador de presión del medidor Tipo A, como se describe en el Anexo A.1.7, o para determinar la exactitud de las graduaciones que indican el contenido de aire en la cara del dial del indicador de presión del medidor Tipo B. Normalmente, es necesario realizar los pasos establecidos en los Anexos A.1.2 a A.1.6 sólo una vez (en el momento de la calibración inicial), o sólo ocasionalmente, para verificar la constancia del volumen del cilindro de calibración y del vaso de medida. Por otro lado, el ensayo de calibración descrito en los Anexos A.1.7 y A.1.9, como se aplican al tipo de medidor que se está revisando, se debe hacer con la frecuencia necesaria para garantizar la presión P, que se está usando para el medidor Tipo A; o que en la escala de presión del medidor Tipo B se indiquen los contenidos de aire correctos.

Un cambio de altura de más de 183 m del lugar en el cual se calibró el medidor Tipo A, requerirá recalibración de acuerdo con el Anexo A.1.7.

6. DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE CORRECCIÓN DEL AGREGADO

6.1 PROCEDIMIENTO

El factor de "corrección del agregado" se determina en una muestra combinada de agregado grueso y agregado fino, como se describe en los numerales del 6.2 al 6.4. Aquél se determina, independientemente, mediante la aplicación de la presión calibrada a una muestra sumergida de agregado fino y grueso en condiciones semejantes de humedad cantidad, y proporciones a las que ocurren en la muestra de concreto bajo ensayo.

6.2 TAMAÑO DE LA MUESTRA DEL AGREGADO

El peso de los agregados grueso y fino presentes en la muestra de concreto fresco cuyo contenido de aire se va a determinar, se calcula de la siguiente manera:

$$F_s = (S/B) \times F_b \quad (1)$$

$$C_s = (S/B) \times C_b \quad (2)$$

Donde:

F_s = peso del agregado fino de la muestra de concreto en ensayo, en kg.

S	=	volumen de la muestra de concreto (el mismo volumen del recipiente de medida), en m ³ .
B	=	volumen de concreto producido por "bachada" (véase la nota 1), en m ³ .
F_b	=	peso total del agregado fino en la "bachada", en las condiciones de humedad usadas, en kg.
C_s	=	peso del agregado grueso en la muestra de concreto del ensayo, en kg.
C_b	=	peso total del agregado grueso en la "bachada", en las condiciones de humedad usadas, en kg.

Notas:

- 1) El volumen de concreto producido por "bachada" se puede determinar de acuerdo con los requisitos aplicables de la NTC 1926.
- 2) El término "peso" se usa temporalmente en esta norma debido al lenguaje establecido comercialmente. Se usa para conjugar dos términos, "fuerza" y "masa"; sin embargo, se debe tener cuidado en determinar su significado en cada caso (el Sistema Internacional de Unidades emplea fuerza = Newton y masa = kilogramo).

6.3 COLOCACIÓN DEL AGREGADO EN EL RECIPIENTE DE MEDICIÓN

Se mezclan las muestras representativas de agregado fino F_s y agregado grueso C_s , y se coloca en el recipiente una tercera parte del total de agua. Se coloca la mezcla de agregados, poco a poco, dentro del recipiente de medida; si es necesario, se adiciona más agua para sumergir completamente todo el agregado. Se agrega cada palada de tal manera que se atrape la menor cantidad de aire posible y se retiran rápidamente las acumulaciones de espuma. Se golpean suavemente los lados del recipiente y se chuzan ligeramente los 25 mm superiores del agregado cerca de diez veces. Se agitan después de cada adición de agregado, para eliminar el aire atrapado.

6.4 DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE CORRECCIÓN DEL AGREGADO

6.4.1 Procedimiento inicial para medidores de aire Tipos A y B. Cuando se hayan colocado todos los agregados en el recipiente de medida, se retira el exceso de espuma y se mantiene el agregado sumergido por un período de tiempo aproximado igual al comprendido entre el momento en que se introduce el agua en la mezcladora y el momento de la ejecución del ensayo del contenido de aire, como se indica en los numerales 6.4.2 ó 6.4.3.

6.4.2 Medidor de aire Tipo A

El ensayo se completa como se describe en los numerales 8.2.1 y 8.2.2. El factor de corrección del agregado G es igual a $h_1 - h_2$ (véase la Figura 1 y la Nota 3).

6.4.3 Medidor de aire Tipo B

Se realizan los procedimientos como se describe en el numeral 8.3.1. Se retira un poco de agua del aparato ensamblado y lleno, en una cantidad aproximada equivalente al volumen de aire que puede contener una muestra típica de concreto de un tamaño igual al del recipiente de medición. El agua se debe retirar como se describe en el Anexo A.1.9, para el ensayo de calibración. El ensayo se completa como se describe en el numeral 8.3.2. El factor de corrección del agregado

G, es igual a la lectura en la escala del contenido de aire menos el volumen de agua retirado del recipiente, expresado como un porcentaje del volumen del recipiente (véase la Figura 1).

Nota 3. El factor de corrección del agregado podrá variar con diferentes agregados. Esto se puede determinar únicamente por ensayo, ya que no está directamente relacionado con la absorción de las partículas. El ensayo es fácil de realizar y no se debe pasar por alto. En general, el factor se mantendrá razonablemente constante para unos agregados dados, pero se recomienda hacer una revisión periódica.

7. PREPARACIÓN DE LA MUESTRA DE CONCRETO PARA EL ENSAYO

7.1 Se obtiene una muestra de concreto fresco, de acuerdo con los procedimientos aplicables de la NTC 454. Si el concreto contiene partículas de agregado grueso que pudieran retenerse en el tamiz de 50 mm, se tamiza en húmedo una cantidad suficiente de la muestra representativa sobre el tamiz 37,5 mm de acuerdo con la NTC 454, para producir una cantidad mayor de material que la necesaria para llenar el recipiente de medida del tamaño seleccionado para uso. El tamizado húmedo se realiza alterando lo menos posible el mortero. No se debe intentar retirar el mortero adherido a la grava retenida en el tamiz.

8. PROCEDIMIENTO PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE AIRE DEL CONCRETO

Nota 4. Como una buena práctica antes de iniciar el ensayo, se recomienda humedecer con agua los componentes del medidor de aire que van a estar en contacto con el concreto, el recipiente de medida y la cubierta ensamblada, así como también la varilla de compactación y el cucharón de granero.

8.1 COLOCACIÓN Y COMPACTACIÓN DE LA MUESTRA

8.1.1 Se humedece el interior del recipiente de medida y se coloca sobre una superficie plana, nivelada y firme. Se coloca una muestra representativa de concreto, preparada como se describe en el capítulo 7, en el recipiente de medida, en capas iguales. Se compacta cada capa mediante el procedimiento de apisonamiento (véase el numeral 8.1.2) o por vibración (véase el numeral 8.1.3). Posteriormente, se enrasa la última capa compactada (véase el numeral 8.1.4) y se apisonan los concretos con asentamiento superior a 75 mm. Se apisona o se somete a vibración el concreto con un asentamiento entre 25 mm a 75 mm. Se compactan por vibración los concretos con un asentamiento menor de 25 mm.

8.1.2 Apisonado

Se coloca el concreto en el recipiente de medida en tres capas de aproximadamente igual volumen. Se compacta cada capa de concreto con 25 golpes de varilla, distribuidos uniformemente en toda la sección en forma de espiral de afuera hacia adentro. Después de apisonar cada capa, se golpean vigorosamente los lados del molde con un mazo, de 10 a 15 veces, para cerrar cualquier vacío dejado por la varilla de apisonado y para sacar las burbujas de aire más grandes que pudieron quedar atrapadas. Se chuza la capa del fondo pero la varilla no debe tocar el fondo del molde. En el apisonado de la segunda y la última capas, se emplea sólo la fuerza suficiente para lograr que la varilla penetre la capa previa cerca de 25 mm. La última capa de concreto se coloca de tal manera que se evite un sobrellenado excesivo (véase el numeral 8.1.4).

8.1.3 Vibración

El concreto se coloca en el recipiente de medida, en dos capas de aproximadamente igual volumen. Se coloca todo el concreto de cada capa antes de someterla a vibración. Cada capa se compacta con tres penetraciones del vibrador, uniformemente distribuidas en la sección. La última capa se coloca de tal manera que se evite un sobrellenado excesivo (véase el numeral 8.1.4). En la compactación de la capa del fondo no se debe permitir que el vibrador se apoye o toque el fondo o las paredes del recipiente de medida. Es necesario tener cuidado al retirar el vibrador, para asegurar que no haya burbujas de aire en el espécimen. Así mismo, se debe establecer una duración estándar de la vibración para cada tipo de concreto, vibrador o recipiente de medida involucrados. La duración de la vibración requerida dependerá de la trabajabilidad del concreto y la eficiencia del vibrador. La vibración se continúa aplicando únicamente el tiempo suficiente para obtener la compactación apropiada del concreto. Una vibración excesiva puede causar segregación y pérdida del aire intencionalmente incluido. En general, se ha aplicado suficiente vibración cuando la superficie se vuelve relativamente lisa y tiene una apariencia brillante. Nunca se debe continuar la vibración por más tiempo del necesario, ya que se puede producir espuma en la muestra.

8.1.4 Enrasado

Después de compactar el concreto, se enrasa en la superficie superior deslizando la barra de enrase a lo largo del "flanche" superior o borde del recipiente de medida con un movimiento de vaivén, hasta que el tope del recipiente esté justo a nivel. Con la terminación de la compactación, en el recipiente no debe haber grandes excesos o deficiencias de concreto. Una pérdida de 3 mm en el enrase se considera óptimo. Se puede adicionar una pequeña cantidad representativa de concreto para corregir una deficiencia. Si el recipiente contiene un gran exceso, se remueve una porción representativa de concreto con el palustre o la espátula, antes de que el recipiente esté enrasado. Cuando se emplee una lámina, el concreto se enrasa como lo prescribe la NTC 1926.

Nota 5. El empleo de la lámina de enrase de aluminio o de un metal relativamente blando, puede causar un rápido desgaste de éste, y se requerirá mantenimiento, calibración y en últimas su reemplazo.

8.1.5 Aplicación del método de ensayo

Cualquier parte del método de ensayo que no se designe específicamente como perteneciente al medidor de aire Tipo A o Tipo B, puede aplicarse a ambos tipos.

8.2 PROCEDIMIENTO. MEDIDOR DE AIRE TIPO A

8.2.1 Preparación del ensayo

Se limpian completamente los "flanches" o bordes del recipiente y de la cubierta ensamblada, de tal forma que cuando la tapa se ajuste en su lugar, se obtenga un sello hermético. Se ensambla el aparato y se agrega agua sobre el concreto por medio del tubo, hasta que ascienda cerca de la mitad de la escala. El aparato ensamblado se inclina unos 30° de la vertical y, usando el fondo del recipiente como pivote, describen varios círculos completos con la parte superior de la columna, golpeando ligeramente al mismo tiempo la tapa, con el fin de remover cualquier burbuja de aire atrapada sobre la muestra de concreto. Se coloca nuevamente el aparato ensamblado en la posición vertical, y se llena la columna de agua ligeramente por encima de la marca del cero, mientras se golpean suavemente las paredes del recipiente. Se lleva el nivel de agua a la marca de cero del tubo graduado, antes de cerrar el respiradero en la parte de arriba de la columna de agua (véase la Figura 1.A).

Nota 6. Algunos medidores Tipo A tienen una marca calibrada de comienzo de llenado por encima de la marca del cero. En general, esta marca de comienzo no se debe usar puesto que, como se anota en el numeral 8.2.3, el contenido aparente de aire es la diferencia entre el nivel de agua leído, H , a una presión P y el nivel de agua h_2 a una presión cero después de quitar la presión P .

8.2.2 La cara interna de la cubierta de ensamble debe permanecer limpia y libre de grasa o aceite; la superficie debe estar húmeda para evitar la adherencia de burbujas de aire que podrían ser difíciles de desalojar después de armado el aparato.

8.2.3 Procedimiento de ensayo

Se aplica un poco más de la presión deseada de ensayo P (aproximadamente 1 380 Pa más) al concreto, mediante pequeños bombeos manuales. Para liberar restricciones locales, se golpean suavemente los lados del medidor y, cuando el manómetro indique exactamente la presión de ensayo P , como está determinada de acuerdo con el Anexo A1.7, se toma la lectura del nivel de agua, h_1 y se anota la división o media división más cercana en el tubo de precisión o en el vaso de precisión del tubo vertical (véase la Figura 1B). Para mezclas extremadamente duras puede ser necesario golpear vigorosamente el recipiente hasta que no se produzca variación en el contenido de aire indicado. Se libera gradualmente la presión de aire a través del orificio de ventilación en la parte superior de la columna de agua y se golpean ligeramente los lados del recipiente por cerca de 1 min. Se registra el nivel de agua h_2 en la división o en la media división más cercana (véase la Figura 1C). El contenido aparente de aire se calcula de la siguiente manera:

$$A_1 = h_1 - h_2 \quad (3)$$

Donde:

A_1 = contenido aparente de aire.

h_1 = nivel de agua a una presión P (véase la Nota 7).

h_2 = nivel del agua leído a una presión igual a cero después de retirar la presión P .

8.2.4 Ensayo de verificación

Se repiten los pasos descritos en el numeral 8.2.3 sin agregar agua para restablecer el nivel de agua en la marca cero. Las dos observaciones consecutivas del contenido de aire aparente deben estar dentro del intervalo del 0,2 % de aire y se deben promediar para obtener el valor A_1 , que se va a usar en el cálculo del contenido de aire A_s , de acuerdo con el capítulo 9.

8.2.5 En el caso de que el contenido de aire exceda el intervalo del medidor de aire cuando éste se opera a la presión normal P , se reduce la presión de ensayo a una presión de ensayo alternativa P_1 y se repiten los pasos descritos en los numerales 8.2.2 y 8.2.3.

Nota 7. Véase el literal A 1.7 con relación a los procedimientos exactos de calibración. Se puede calcular un valor aproximado de la presión alternativa P_1 , tal que el contenido aparente de aire sea igual a dos veces la lectura del medidor a partir de la siguiente relación.

$$P_1 = P_a P / (2 P_a + P) \quad (4)$$

Donde:

P_1 = presión de ensayo alternativa en kPa.

P_a = presión atmosférica, en kPa (aproximadamente 101 kPa pero variará con la altitud y las condiciones del clima).

P = presión normal o de operación del manómetro, en kPa.

8.3 PROCEDIMIENTO. MEDIDOR DE AIRE TIPO B

8.3.1 Preparación del ensayo

Se limpian completamente los "flanches" o bordes del recipiente y de la cubierta ensamblada, de tal forma que cuando la tapa se ajuste en su lugar, se obtenga un sello hermético. Se ensambla el aparato, se cierra la válvula de aire entre la cámara de aire y el recipiente de medida y se abren los dos grifos de la cubierta. Usando una pera de caucho, se inyecta agua por un grifo hasta que ésta salga por el otro grifo. El medidor de aire se somete a vibración suave, hasta que todo el aire sea expelido por este mismo grifo.

8.3.2 Ensayo

Se cierra la válvula de purga de aire en la cámara de aire y se bombea aire dentro de esta cámara hasta que la manecilla del manómetro esté en la línea de presión inicial. Se dejan pasar algunos segundos para que el aire comprimido se enfríe a la temperatura normal. La manecilla del manómetro se estabiliza en la línea de presión inicial bombeando o liberando aire, como sea necesario, golpeando suavemente el manómetro con la mano. Se cierran ambos grifos en los huecos de la cubierta. Se abre la válvula de aire entre la cámara de aire y el recipiente de medida.

Se golpean vigorosamente los lados del recipiente de medida con el mazo, para quitar las restricciones locales. Se golpea suavemente el manómetro con la mano para estabilizar la manecilla. El porcentaje de aire se lee en la carátula del manómetro. Si se cierra la válvula principal de aire antes de liberar la presión tanto del contenedor como de la cámara de aire, conllevará a que penetre agua a la cámara de aire, introduciendo así error en las siguientes medidas:

En el caso de que penetre agua a la cámara de aire, se debe expulsar a través de la válvula de purga, haciendo que la bomba realice varios ciclos que le permitan retirar las últimas trazas de agua. Se libera la presión abriendo ambos grifos (Véanse las Figuras A y B) antes de retirar la cubierta.

9. CÁLCULOS

9.1 CONTENIDO DE AIRE EN LA MUESTRA ENSAYADA

El contenido de aire del concreto en el recipiente de medida se calcula de la siguiente manera:

$$A_s = A_1 - G \quad (5)$$

Donde:

A_s = contenido de aire en la muestra ensayada, %

- A_I = contenido de aire aparente en la muestra ensayada, % (véanse los numerales 7.2.2. y 8.3.2)
- G = factor de corrección del agregado, % (véase el capítulo 6).

9.2 CONTENIDO DE AIRE DE UNA MEZCLA COMPLETA

Cuando la muestra ensayada representa una porción de mezcla que se obtuvo por tamizado húmedo para remover las partículas mayores de 37,5 mm, el contenido de aire de la muestra completa se puede calcular de la siguiente manera:

$$A_I = 100 A_s V_c / (100 V_I - A_s V_a) \quad (6)$$

Donde (véase la Nota 8):

- A_I = contenido de aire de la mezcla completa, %
- V_c = volumen absoluto de los ingredientes de la mezcla que pasan el tamiz de 37,5 mm, libres de aire, como se determinaron en el peso de la "bachada" original, m³.
- V_I = volumen absoluto de todos los ingredientes de la mezcla, libre de aire, en m³.
- V_a = volumen absoluto de los agregados en la mezcla de los agregados mayores que el tamiz de 37,5 mm, como se determinaron en el peso de la "bachada" original, en m³.

9.3 CONTENIDO DE AIRE DE LA FRACCIÓN DE MORTERO

Cuando se desea conocer el contenido de aire de la fracción de mortero de la mezcla, se puede calcular de la siguiente manera:

$$A_m = 100 A_s V_c / [100 V_m + A_s (V_c - V_m)] \quad (7)$$

Donde (véase la Nota 8):

- A_m = contenido de aire de la fracción de mortero, %
- V_m = volumen absoluto de los ingredientes de la fracción de mortero de la mezcla, sin aire, en m³.

Nota 8. Los valores que se usan en la ecuación 6 y 7 se obtienen más convenientemente de los datos de la mezcla de concreto, tabulados de la siguiente manera para "bachadas" de cualquier tamaño.

	Volumen absoluto	(m³)
Cemento	_____	
Agua	_____	V_m
Agregado fino	_____	
Agregado grueso No. 4 (4,75 mm) a (37,5 mm)	_____	
Agregado grueso (37,5 mm)	_____	V_a
Total	_____	V_t

10. PRECISIÓN Y SESGO

10.1 PRECISIÓN

10.1.1 Precisión de un solo operador

No se puede establecer la desviación estándar para un solo operador porque los requisitos del muestreo para este ensayo, como se establece en la NTC 454, no dan tiempo al operador para efectuar más de un ensayo sobre una muestra.

10.1.2 Precisión de varios laboratorios

No se ha establecido la desviación estándar para varios laboratorios.

10.1.3 Precisión de varios operarios

Se encontró que la desviación para varios operarios de un solo ensayo es de 0,28 % de aire por volumen de concreto para el medidor de aire Tipo A cuando el contenido de aire no excede el 7 %. Por lo tanto, los resultados de dos ensayos efectuados correctamente por diferentes operarios, pero sobre el mismo material, no deben diferir en más del 0,8 % de aire por volumen de concreto (véase la norma ASTM E 177, notas 9 y 10).

Notas:

- 9) Estas cifras representan, respectivamente, los límites primero y segundo, descritos en la norma ASTM C 670. El estado de precisión se basa en las variaciones en ensayos de tres concretos diferentes, cada ensayo realizado por once operarios diferentes. Estos valores se tomaron del documento en referencia (norma ASTM C 231-91 b) y son aplicables en los Estados Unidos
- 10) No se ha determinado la precisión de este método usando medidores de aire Tipo B.

10.2 SESGO

Este método no tiene sesgo, porque el contenido de aire del concreto fresco sólo se puede definir en términos de métodos de ensayo.

11. PALABRAS CLAVES

11.1 CONTENIDO DE AIRE

Calibración, concreto, factor de corrección, recipiente de medida, patrón, presión, bomba, peso unitario.

12. DOCUMENTO DE REFERENCIA

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. Standard, Test Method for Air Content. Freshly Mixed Concrete by Pressure. Method. Philadelphia, 1991, 8 p. (ASTM C 231).

Anexo A**A.1 CALIBRACIÓN DE LOS APARATOS**

A.1.1 Los ensayos de calibración se deben realizar de acuerdo con los siguientes procedimientos, como sea pertinente al tipo de medidor de aire que se está empleando.

A.1.2 Calibración del vaso de calibración

Se determina exactamente el peso del agua w , requerido para llenar el vaso de calibración, usando una balanza con exactitud de 0,1 % del peso del vaso lleno de agua. Este paso se debe ejecutar para los medidores de aire Tipos A y B.

A.1.3 Calibración del recipiente de medida

Se determina el peso del agua, W , requerido para llenar el recipiente de medida, usando una balanza con precisión de 0,1 % del peso del recipiente lleno de agua. Se desliza cuidadosamente una lámina de vidrio sobre el "flanche" del recipiente de tal manera que asegure que el recipiente está completamente lleno de agua. Una película delgada de grasa untada en el "flanche" del recipiente hará una junta hermética entre la lámina de vidrio y la parte superior del recipiente. Este paso se debe hacer para los medidores de aire Tipos A y B.

A.1.4 Volumen efectivo del vaso de calibración, R

La constante R representa el volumen efectivo del vaso de calibración, expresado como un porcentaje del volumen del recipiente de medida.

A.1.4.1 Para medidores de aire Tipo A, se calcula R como sigue (véase la nota A.1.1).

$$R = 0,98 \frac{w}{W} \text{(véase el Anexo A.1.1)}$$

Donde:

w = peso del agua requerida para llenar el vaso de calibración.

W = peso del agua requerida para llenar el recipiente de medida.

Nota A.1.1. El factor 0,98 se usa para corregir la reducción del volumen de aire en el vaso de calibración cuando es comprimido por un espesor de agua igual al espesor del recipiente de medida. Este factor es aproximadamente 0,98 para una profundidad de 203 mm del recipiente al nivel del mar. Este valor disminuye a aproximadamente 0,975 m a 1524 m sobre el nivel del mar y 0,970 m a 3962 m sobre el nivel del mar. El valor de esta constante decrecerá cerca de 0,01 por cada 102 mm de incremento en la profundidad del recipiente. La profundidad del recipiente de medida y la presión atmosférica no afectan el volumen efectivo del vaso de calibración para medidores de aire Tipo B.

A.1.4.2 Para medidores de aire Tipo B se calcula como sigue (véase la nota A.1.1):

$$R = \frac{w}{W} \quad \text{(véase el Anexo A.1.2)}$$

A.1.5 Determinación o verificación del factor de expansión permitido, D

A.1.5.1 Para medidores de aire Tipo A ensamblados, el factor de expansión D (véase la nota A.1.2) se llena el aparato únicamente con agua; es necesario cerciorarse de que se ha removido todo el aire atrapado y que el nivel de agua está exactamente en la marca del cero (véase la nota A.1.3) y aplicando una presión de aire aproximadamente igual a la presión de operación P, determinada a través del ensayo de calibración descrito en el numeral A.1.7. La cantidad en la parte más baja de la columna de agua será el factor de expansión equivalente, D, para ese aparato y presión en particular (véase la nota A.1.5).

Notas:

- A.1.2) Aunque el recipiente, la cubierta y el sistema de abrazaderas deben, por necesidad, construirse fuertemente de tal manera que proporcionen hermeticidad, la aplicación de presión interna producirá un pequeño incremento en el volumen. Esta expansión no afectará el resultado del ensayo porque, con el procedimiento descrito en los capítulos 6 y 8, la cantidad de expansión es la misma para el ensayo de aire en el concreto que para el ensayo del factor de corrección de agregados en la combinación agregados fino y grueso y, por lo tanto, se cancelan automáticamente. Sin embargo, se incluye en el ensayo de calibración para determinar la presión de aire que se va a usar en el ensayo del concreto fresco.
- A.1.3) Las columnas de agua en algunos medidores de aire Tipo A se hacen con un nivel de agua inicial y una marca cero; la diferencia entre las 2 marcas es la tolerancia del factor de expansión. Esta tolerancia se debe verificar de la misma forma que para los medidores que no se marcan y, en tal caso, el factor de expansión se omitirá en el cálculo de las lecturas de calibración en el Anexo A.1.7.
- A.1.4) Será bastante exacto para este propósito usar un valor aproximado para P, determinado mediante la realización de un ensayo de calibración preliminar como se describe en A1.7, excepto que se deba usar un valor aproximado del factor de calibración, K. Para este ensayo $K = 0,98 R$, que es igual a la ecuación A.1.2, excepto que la expansión leída, D, aún no conocida, se supone que es cero.

A.1.5.2 Para diseños de medidores de aire Tipo B, la tolerancia para el factor de expansión, D, está incluida en la diferencia entre la presión inicial indicada en el manómetro y la marca del 0 % en la escala de contenido de aire en el manómetro. Esta tolerancia se debe verificar llenando el aparato con agua (es necesario cerciorarse de que se ha verificado todo el aire atrapado), bombeando aire dentro de la cámara de aire hasta que la manecilla del manómetro se estabilice en la línea de presión inicial indicada, y liberando entonces el aire del recipiente de medida (véase la nota A.1.5). Si la línea de presión inicial está posicionada correctamente, el manómetro debe dar una lectura de 0 %. La línea de presión inicial se debe ajustar si dos o más determinaciones muestran la misma variación desde 0 % y el ensayo se debe repetir para verificar el ajuste de la línea de presión inicial.

Nota A.1.5. Este procedimiento se puede realizar en conjunto con el ensayo de calibración descrito en el Anexo A.1.9.

A.1.6 Lectura de calibración, K

La lectura de calibración K, es la lectura final del medidor de aire, que se va a obtener cuando el medidor de aire se opera a la presión de calibración correcta.

A.1.6.1 Para medidores de aire Tipo A, la lectura K de calibración es como sigue:

$$K = R + D \quad (A.1.3)$$

Donde:

R = volumen efectivo del vaso de calibración (A.1.4)

D = factor de expansión (véase el numeral A.1.5 y la nota A.1.6).

A.1.6.2 Para medidores de aire Tipo B, la lectura de calibración K es igual al volumen efectivo del vaso de calibración (véase el Anexo A.4.2) como sigue:

$$K = R \quad (A.1.4)$$

Nota A.1.6. Si el indicador de columna de agua está graduado para incluir un nivel inicial de agua y una marca cero, y la diferencia entre las dos marcas es equivalente al factor de expansión, se debe omitir el término D de la ecuación preservada en el Anexo A.1.3.

A.1.7 Ensayo de calibración para determinar la presión de operación P , en el manómetro, medidor de aire tipo A

Si el borde del cilindro de calibración no contiene cavidades o salientes, se adapta con tres o más espaciadores igualmente separados alrededor de la circunferencia. Se invierte el cilindro y se coloca en el centro del fondo seco del recipiente de medida. Los espaciadores proveerán una abertura para el flujo del agua dentro del cilindro de calibración cuando se aplique la presión. Se debe proteger el cilindro invertido contra desplazamiento y bajar cuidadosamente la cubierta ensamblada. Después de que la cubierta está en su lugar, se ajusta cuidadosamente el aparato ensamblado a una posición vertical y se adiciona agua a temperatura ambiente, por medio de un tubo y un embudo, hasta que sobrepase la marca cero sobre el tubo adherido. Se cierra la válvula y se bombea aire dentro del aparato a la presión de operación aproximada. Se inclina el aparato completo cerca de 30° con respecto a la vertical, usando el fondo del recipiente como un pivote, y se describen varios círculos completos con la parte superior del tubo adherido, golpeando con suavidad simultáneamente la tapa y los bordes del recipiente, para remover cualquier aire atrapado adherido a las superficies internas del aparato. En seguida, se regresa el aparato a la posición vertical, se libera la presión gradualmente (para evitar pérdida de aire del vaso de calibración), y se abre la válvula. El nivel del agua se lleva exactamente a la marca cero, purgando agua a través del grifo en la parte superior de la tapa cónica.

Después de cerrada la válvula, se aplica presión hasta que el nivel de agua haya bajado una cantidad equivalente cerca de 0,1 % a 0,2 % de aire más que el valor de la lectura de calibración K , determinada como se describe en el Anexo A1.6. Para aliviar restricciones locales, se golpean ligeramente los lados del recipiente y cuando el nivel del agua esté exactamente en el valor de la lectura de calibración K , se lee la presión P indicada por el manómetro y se anota con aproximación de 690 Pa. Se libera gradualmente la presión y se abre la válvula para determinar si el nivel de agua regresa a la marca cero cuando se golpean suavemente los lados del recipiente; si esto no sucede indica pérdida de aire del vaso de calibración o pérdida de agua debido a un escape en el ensamble). Si los niveles de agua fallan al regresar dentro de 0,05 % de aire de la marca cero y no se encuentra que se derrame más allá de unas cuantas gotas de agua, probablemente algo de aire se perdió del cilindro de calibración. En este caso se repite el procedimiento de calibración paso a paso desde el principio. Si el derrame es más grande que unas cuantas gotas de agua se aprieta la unión antes de repetir el procedimiento de calibración.

Se verifica la lectura de presión indicada, llevando rápidamente el nivel de agua exactamente a la marca cero, cerrando la válvula y aplicando la presión P , recién determinada. Posteriormente, se golpea suavemente el manómetro con un dedo. Cuando el manómetro indique la presión exacta P , la columna de agua debe presentar el valor del factor de calibración K , usando en la primera aplicación de presión de aire dentro del 0,05 %.

Nota A.1.7 Precaución. El aparato no se debe mover de la posición vertical hasta que se haya aplicado la presión que impulse el agua hasta un tercio de la altura del cilindro de calibración. Cualquier pérdida de aire en el cilindro anulará la calibración.

A.1.8 Ensayo de calibración para determinar la presión de operación alternativa P_1 , medidor de aire tipo A

El intervalo de contenidos de aire que se puede medir con un medidor de aire dado, se puede doblar mediante la determinación de una presión de operación alternativa P_1 , tal que el medidor de aire presente una lectura de la mitad de la lectura de calibración K (véase la ecuación A.1.3). Para una calibración exacta se requerirá una determinación del factor de expansión a la presión reducida presentada en el Anexo A.1.5. Para la mayor parte de los propósitos, el cambio de un factor de expansión se puede pasar por alto y establecer la presión de operación alternativa durante la determinación de la presión de operación regular, presentada en el Anexo A.1.7.

A.1.9 Ensayo de calibración para verificar las graduaciones del contenido de aire en el manómetro, medidor de aire tipo B

Se llena el recipiente de medida con agua, como se describe en el numeral A.1.3. Se atornilla la pequeña manguera que viene con el aparato, en los orificios de los grifos para purgado en la parte inferior de la cubierta ensamblada. Se ensambla el aparato, se cierra la válvula entre la cámara de aire y el recipiente de medida y se abren las dos llaves de purga en los orificios a través de la cubierta ensamblada. Se añade agua a través del grifo de la cubierta ensamblada con la extensión abajo, hasta que todo el aire sea expelido por el segundo grifo. Se bombea aire dentro de la cámara hasta que la presión alcance la línea de presión indicada. Se deja en reposo unos segundos para que el aire comprimido se enfríe a la temperatura normal; luego, se estabiliza la manecilla del manómetro a la línea de presión inicial, bombeando o drenando aire si es necesario, golpeando el manómetro suavemente. Se cierra la llave de purga que no está provista con el tubo o extensión de tubo en la parte inferior de la cubierta. Se retira el agua del ensamblaje al vaso de calibración que controla el flujo, dependiendo del diseño del medidor de aire en particular, abriendo la llave de purga provista con el tubo o extensión de tubo, y abriendo la válvula de aire, usando el grifo de purga para controlar el flujo. La calibración se lleva a cabo con un contenido de aire que esté dentro del intervalo normal de uso. Si el vaso de calibración (véase el numeral A.1.2) tiene una capacidad dentro del intervalo normal de uso, se retira exactamente una cantidad de agua. Para algunos medidores el vaso de calibración resulta demasiado pequeño; entonces será necesario retirar varias veces ese volumen, con el fin de obtener un contenido de aire que esté dentro del intervalo de uso normal. En este caso, se recoge el agua en una vasija auxiliar y se determina la cantidad removida, pesando con una aproximación de 0,1 %. Se calcula el contenido de aire correcto R , usando la ecuación presentada en el Anexo A.1.2. Se libera el aire del aparato por la llave de purga no usada, para llenar el vaso de calibración; si el aparato utiliza un tubo auxiliar para el llenado del contenedor de calibración, se abre la llave a la cual está conectado el tubo para desaguarlo en el recipiente de medida (véase la nota A.1.7). En este punto del procedimiento, el recipiente de medida contiene el porcentaje de aire determinado por el ensayo de calibración del vaso de calibración. Se bombea aire dentro de la cámara de aire hasta que la presión alcance la línea de presión inicial marcada en el manómetro; se cierran ambas llaves de purga en la cubierta ensamblada, y entonces se abre la válvula entre la cámara de aire y el recipiente de medida. El contenido de

aire indicado en el dial del manómetro debe corresponder al porcentaje de aire determinado que hay en el recipiente de medida. Si dos o más determinaciones muestran la misma variación del contenido de aire correcto, la aguja del dial se debe volver a ajustar al contenido de aire correcto y el ensayo se repite hasta que la lectura del manómetro corresponda al contenido de aire calibrado con una aproximación de 0,1 %. Si la aguja del dial fue retornada para obtener el contenido de aire correcto, se verifica nuevamente la marca de presión inicial, según el Anexo A.1.5.2. Si se necesita una nueva lectura de presión inicial, se repite la calibración para verificar la exactitud de la graduación del manómetro descrito al comienzo de este anexo. Si hay dificultad en obtener lecturas constantes, se buscan escapes o presencia de agua dentro de la cámara de aire (véase la Figura 2), o presencia de burbujas de aire adheridas a las superficies interiores del medidor, debido al uso de agua enfriada por aire. En esta última instancia se usa agua desaireada, la cual se puede obtener por enfriamiento de agua caliente a temperatura ambiente.

Nota A.1.8 Si el vaso calibrado es parte integral de la cubierta de ensamble, la llave de purga usada en el llenado del vaso debe cerrarse inmediatamente después de llenado el vaso de calibración y no se debe abrir hasta finalizar el ensayo.

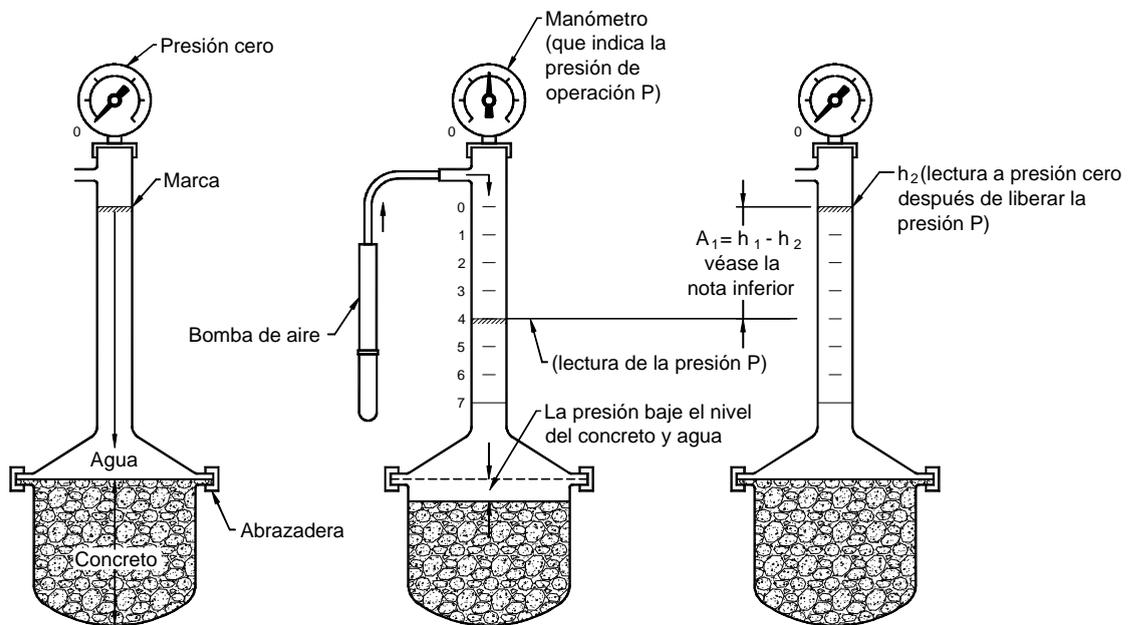


Figura 1. Ilustración del método de presión para el contenido de aire Medidor Tipo A

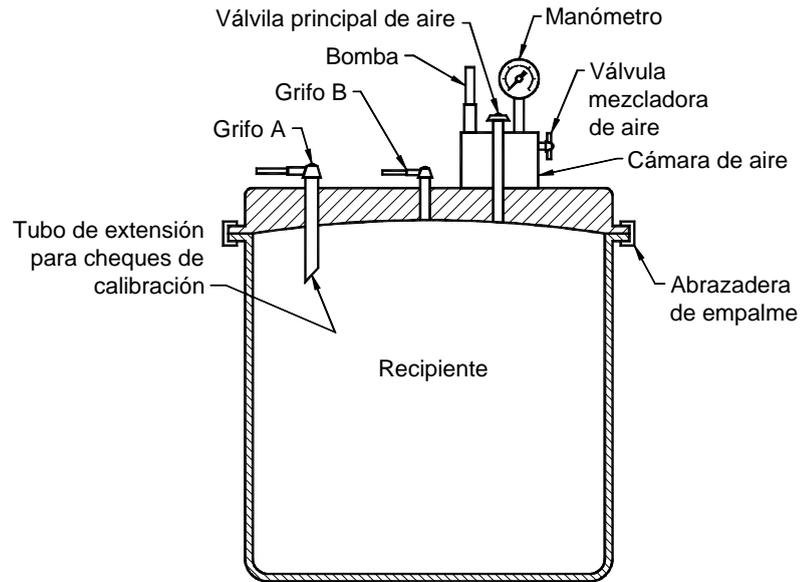


Figura 2. Diagrama esquemático - Medidor Tipo B

Unidades básicas del Sistema Internacional de Unidades

Magnitud	Unidad Básica SI	Símbolo		Equivalencia
longitud	metro	m	1 m	39,370 1 pulgadas 3,280 84 pies
masa	kilogramo	kg	1 kg	2,204 52 libras
volumen	metro cúbico	m ³		
tiempo	segundo	s		
presión	pascal	Pa	1 Pa	1 N/m ² 0,101 472 kgf/nm ² 2,08 854 x 10 ⁻² lbf/pie ²
temperatura celcius	grado celcius	°C		
fuerza	newton	N	1 N	0,101 972 kgf 0,224 809 lbf