

2006-04-26

**CONCRETOS.
MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL
MODULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO Y LA
RELACIÓN DE *POISSON* EN CONCRETO A
COMPRESIÓN**



E: STANDARD TEST METHOD FOR STATIC MODULUS OF ELASTICITY AND POISSONS RATIO OF CONCRETE IN COMPRESSION

CORRESPONDENCIA: esta norma es una adopción idéntica (IDT) por traducción, respecto a su documento de referencia, la norma ASTM C469:02 Standard Test Method for Static Modulus of Elasticity and Poissons Ratio of Concrete in Compression, Copyright ASTM International 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19429, USA.

DESCRIPTORES: concreto - módulo de elasticidad - determinación; concreto - método de ensayo; concreto - relación de Poisson.

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

Prohibida su reproducción

Primera actualización
Editada: 2006-06-07

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 4025 (Primera actualización) fue ratificada por el Consejo Directivo del 2006-04-26.

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 100 Concretos, morteros, agregados y *Grouts*.

AGRECON	MANUFACTURAS DE CEMENTO
ASOCRETO	MBT
CEMEX COLOMBIA S.A.	METROCONCRETO S.A.
CONCRELAB LTDA.	ORGANIZACIÓN MINUTO DE DIOS
CONCRETOS PREMEZCLADOS	SIKA COLOMBIA S.A.
CONTECON-URBAR	TOXEMENT
EAAB E.S.P.	TREMIX LTDA.
ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA	UNIVERSIDAD CATÓLICA
GRAVILLERA ALBANIA	UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
ICPC	UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS

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

BRK	ECOPETROL
CALCULO Y CONSTRUCCIONES E.U.	MINISTERIO DE COMERCIO INDUSTRIA Y TURISMO
CEMENTOS DEL CARIBE S.A.	SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO
CONCONCRETO S.A.	UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
CONCRETOS DE OCCIDENTE	
DICENTE	

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

DIRECCIÓN DE NORMALIZACIÓN

**CONCRETOS.
MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL MÓDULO
DE ELASTICIDAD ESTÁTICO Y LA RELACIÓN DE POISSON
EN CONCRETO A COMPRESIÓN**

0. INTRODUCCIÓN

La NTC 4025 es una adopción idéntica (IDT) por traducción de la ASTM C469:2002, con los siguientes cambios editoriales:

- Se incluyen las referencias a las NTC equivalentes a las normas ASTM referenciadas
- Se incluyen como básicas las unidades en el Sistema Internacional

1. OBJETO

1.1 Esta norma determina: (1) el módulo de elasticidad secante (o módulo de *Young*) y (2) la relación de *Poisson* de cilindros de concreto normalizados y núcleos de concreto, cuando éstos se hallan bajo esfuerzos de compresión longitudinal. Las definiciones de módulo de elasticidad secante y de relación de *Poisson*, se encuentran en las definiciones de la NTC 4525 (ASTM E6).

1.2 Los valores se rigen de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades. Véase la NTC 1000 (ISO 1000).

1.3 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 regulaciones primordiales a usar.

2. REFERENCIAS NORMATIVAS

Los siguientes documentos normativos referenciados son indispensables para la aplicación de este documento normativo. Para referencias fechadas, se aplica únicamente la edición citada. Para referencias no fechadas, se aplica la última edición del documento normativo referenciado (incluida cualquier corrección).

NTC 504, Ingeniería civil y arquitectura. Refrentado de especímenes cilíndricos de concreto (ASTM C617).

NTC 550, Concretos. Elaboración y curado de especímenes de concreto en obra (ASTM C31).

NTC 673, Concretos. Ensayo de resistencia a la compresión de cilindros normales de concreto (ASTM C39).

NTC 1000, Metrología. Sistema Internacional de Unidades (ISO 1000).

NTC 1377, Ingeniería Civil y Arquitectura. Elaboración y curado de especímenes de concreto para ensayos de laboratorio (ASTM C192).

NTC 3341, Ingeniería civil y arquitectura. Métodos para verificar la carga aplicada por maquinas de ensayo (ASTM E4).

NTC 3658, Ingeniería civil y arquitectura. Método para la obtención y ensayo de núcleos extraídos y vigas de concreto aserradas (ASTM C42).

NTC 4525, Terminología relacionada con los métodos de ensayo mecánicos (ASTM E6).

ASTM C174, Test Method for Measuring Thickness of Concrete Elements Using Drilled Concrete Cores.

ASTM E83, Practice for Verification and Classification of Extensometer.

ASTM E177, Practice for Use of the Terms Precision and Bias in ASTM Test Methods.

3. IMPORTANCIA Y USO

3.1 Esta norma proporciona una relación de esfuerzo a deformación y una relación de deformación lateral a longitudinal para el concreto endurecido a cualquier edad y condiciones de curado establecidas.

3.2 Los valores de módulo de elasticidad y relación de *Poisson*, aplicables dentro del intervalo de esfuerzos de trabajo (0 % a 40 % de la resistencia última del concreto), se pueden usar en el dimensionamiento de elementos estructurales reforzados y no reforzados para establecer las cantidades de acero de refuerzo y calcular los esfuerzos para las deformaciones observadas.

3.3 Los valores de módulo de elasticidad calculados son usualmente menores para el módulo obtenido bajo una aplicación rápida de carga (por ejemplo, variaciones dinámicas o sísmicas), y usualmente son mayores para aquellos valores obtenidos bajo una aplicación lenta de carga o bajo carga sostenida a largo plazo, manteniendo otras condiciones del ensayo.

4. APARATOS

4.1 MÁQUINA DE ENSAYO

Puede ser usada cualquier tipo de máquina de ensayo capaz de imponer una carga a una tasa y a una magnitud fijadas en el numeral 6.4. La máquina debe adecuarse a los requisitos de la NTC 3341 (ASTM E4), (Máquina de ensayo del Tipo *Rata Constante Transversal, CRT*). La cabeza esférica y los bloques de apoyo también deben satisfacer los requisitos de la Sección 2 de la NTC 673 (ASTM C39).

4.2 COMPRESÓMETRO

Para determinar el módulo de elasticidad, se debe disponer sobre el espécimen de un dispositivo sensible unido o no a él (véase la Nota 1), para medir con una aproximación cercana a la 5 millonésima parte del promedio de deformación de dos deformímetros diametralmente opuestos, cada uno paralelo al eje y centrado alrededor de la mitad de la altura del espécimen. La longitud efectiva de cada deformímetro no debe ser menor que tres veces el tamaño máximo del agregado grueso del concreto, ni más de dos tercios de la altura del espécimen. La longitud preferida del deformímetro es la mitad de la altura del espécimen. Los puntos del deformímetro pueden estar embebidos o adheridos al espécimen y la deformación de cada uno de los deformímetros se lee de manera independiente; también se puede usar un compresómetro (como el mostrado en la Figura 1) constituido por dos anillos, uno de los cuales (véase B, Figura 1) está rígidamente atornillado al espécimen y el otro (véase C, Figura 1) fijado en dos puntos diametralmente opuestos, de tal forma que quede libre para rotar. En la mitad de la distancia de los puntos de soporte del anillo rotativo debe colocarse un vástago largo pivotado (véase A, Figura 1) para mantener una distancia constante entre los dos anillos, de tal forma que en el punto opuesto de la circunferencia, el cambio de la distancia entre los dos anillos (es decir, la lectura del deformímetro) sea igual a la suma de los desplazamientos debidos a la deformación del espécimen y al desplazamiento debido a la rotación del anillo con respecto al vástago largo pivotado (véase la Figura 2).

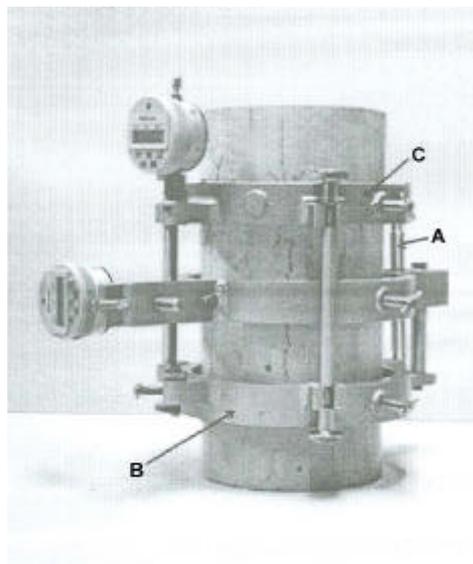


Figura 1. Compresómetro

4.2.1 La deformación se puede medir directamente con un deformímetro o con un sistema multiplicador de palanca, por un deformímetro electrónico de alambre o por un transductor longitudinal de desplazamiento variable. Si las distancias del vástago largo pivotado y del deformímetro al eje del espécimen son iguales, la deformación del espécimen es igual a la mitad de la lectura del deformímetro. Si las distancias al eje del espécimen no son iguales, la deformación se debe calcular de la siguiente manera:

$$d = \frac{8e_r}{(e_r + e_g)} \quad (1)$$

distancias de la articulación y del deformímetro al eje del espécimen son iguales, la deformación en el diámetro del espécimen es igual a la mitad de la lectura del deformímetro. Si las distancias de la articulación y del deformímetro al eje del espécimen no son iguales, la deformación transversal del diámetro del espécimen se debe calcular de acuerdo con la ecuación 2.

$$d' = \frac{g' e'_h}{(e'_h + e'_g)} \quad (2)$$

en donde

- d' = deformación transversal del diámetro del espécimen, μm .
- g' = lectura del deformímetro transversal, μm .
- e'_h = excentricidad de la articulación, medida en milímetros con aproximación a 0,254 mm (0,01 pulgada), desde el eje del espécimen.
- e'_g = excentricidad del deformímetro transversal, medida en milímetros con aproximación a 0,254 mm (0,01 pulgada) desde el eje del espécimen.

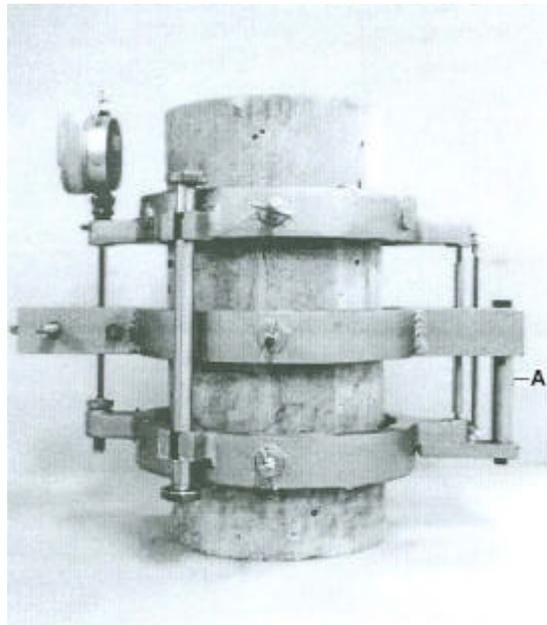


Figura 3. Apropiaada combinación de Compresómetro y extensómetro

4.4 Debe suministrarse, de ser necesario, una balanza o báscula, con una precisión de 0,05 kg (0,1 lb).

5. ESPECIMENES DE ENSAYO

5.1 ESPECÍMENES MOLDEADOS CILÍNDRICAMENTE

Los cilindros de ensayo se deben fundir de acuerdo con los requisitos para ensayos de especímenes a compresión establecidos en las NTC 1377 (ASTM C192) o NTC 550 (ASTM C31). Los especímenes deben cumplir con las especificaciones de curado y a la edad para la cual la información de elasticidad se desea. Los especímenes se deben ensayar dentro de la hora que transcurre desde el momento en que se remueven del cuarto de curado o almacenamiento. Los especímenes sacados del cuarto de curado para su ensayo, se deben mantener en

condiciones de humedad mediante el uso de una tela húmeda que los cubra durante el tiempo que transcurra hasta la realización del ensayo.

5.2 NÚCLEOS DE CONCRETO

Los núcleos deben cumplir con los requisitos de extracción y las condiciones de humedad aplicables a especímenes a compresión de acuerdo con lo establecido en la NTC 3658 (ASTM C42), excepto que solamente se deben usar núcleos extraídos con broca de diamante y cuya relación altura a diámetro sea mayor que 1,50.

Los requisitos relativos al almacenamiento y condiciones ambientales inmediatamente anteriores al ensayo, deben ser los mismos de los especímenes normales.

5.3 Los extremos de los especímenes se deben hacer perpendiculares a su eje (con tolerancia de $\pm 0,5^\circ$) y planos (con tolerancia de $\pm 0,05$ mm) (0,002 pulgadas). Si el espécimen no cumple con los requisitos mínimos de horizontalidad, debe efectuarse la nivelación con un refrentado de acuerdo con la NTC 504 (ASTM C617) ó puliendo la superficie del espécimen. Los vacíos de agregado que ocurren en los bordes de los especímenes, se deben reparar de tal forma que el área total de vacíos no exceda el 10 % del área del espécimen y las reparaciones se realicen antes de completar el refrentado o la pulida (véase la Nota 2). La nivelación puede considerarse dentro de la tolerancia de 0,05 mm (0,002 pulgadas), cuando una lámina calibradora no pase entre la superficie del espécimen y una lámina recta mantenida contra su superficie.

NOTA 2 Las reparaciones pueden hacerse pegando con productos epóxicos los agregados sueltos de nuevo en su lugar o llenando los vacíos con material del refrentado y permitiendo un adecuado tiempo para su endurecimiento.

5.4 El diámetro del espécimen de ensayo se debe medir con un calibrador con una aproximación de 0,25 mm (0,01 pulgadas), promediando dos diámetros medidos en ángulos rectos entre sí, cerca del centro de la altura del espécimen. Este diámetro promedio se puede utilizar para calcular el área de la sección del espécimen. La longitud de un espécimen normal incluyendo el refrentado, se debe medir y registrar con una aproximación de 2,54 mm (0,1 pulgada). La altura del núcleo extraído se debe medir de acuerdo con la norma ASTM C174; la altura del núcleo, incluyendo el refrentado, se debe medir y registrar con una aproximación de 2,54 mm (0,1 pulgada).

6. PROCEDIMIENTO

6.1 Se mantiene la temperatura ambiente y la humedad lo más constante posible a través del ensayo. Se anota cualquier fluctuación inusual de la temperatura o humedad en el informe.

6.2 Se usa la pareja del espécimen para determinar la resistencia a la compresión de acuerdo con el método de ensayo establecido en la NTC 673 (ASTM C39), antes del ensayo para la obtención del módulo de elasticidad.

6.3 Se coloca el espécimen con el equipo de medición de deformación acoplado, en la platina inferior o bloque de apoyo de la máquina de ensayo. Cuidadosamente, se alinea el eje del espécimen con el centro de la rótula del bloque superior de apoyo. Se toma nota de la lectura del deformímetro. A medida que el bloque superior de apoyo se lleva lentamente a asentarse sobre el espécimen, se rota la parte móvil del bloque suavemente a mano hasta que se obtenga un apoyo uniforme.

6.4 Se aplica carga al espécimen por lo menos dos veces. No se registran datos durante el primer ciclo de carga. Se calcula utilizando el promedio de los resultados de los siguientes ciclos de carga.

NOTA 3 Se recomiendan por lo menos, dos ciclos de carga para que la repetitividad del ensayo se pueda notar.

El primer ciclo de carga que es preliminar, se utiliza para ajustar los deformímetros, se observa la variación de éstos (véase la Nota 4) y se corrige cualquier comportamiento inusual antes del segundo ciclo de carga. Se obtiene cada conjunto de lecturas como se expone a continuación: se aplica la carga continuamente y sin impactos. Se ajusta la máquina de ensayo de tipo tornillo de tal manera que la cabeza móvil viaje a una tasa aproximada de 1,25 mm (0,05 pulgadas)/min, cuando la máquina esté corriendo holgada. Para máquinas que operan hidráulicamente, aplíquese la carga a una tasa constante dentro del intervalo de 241 kPa/s \pm 34 kPa/s (35 psi \pm 5 psi). Se registra sin interrupción de carga, la carga aplicada y la deformación longitudinal (1) cuando la deformación longitudinal sea 50 millonésimas y (2) cuando la carga aplicada sea igual al 40 % de la carga última (véase el numeral 6.5). La deformación total longitudinal está definida como el total de la deformación longitudinal dividida por la longitud efectiva del deformímetro. Si se va a determinar la relación de *Poisson*, debe registrarse la deformación transversal en los mismos puntos. Si se desea la curva esfuerzo-deformación, se deben tomar dos lecturas más de puntos intermedios sin interrupción de la carga, o usar un instrumento que haga un registro continuo. Inmediatamente se alcance la carga máxima, excepto el último ciclo de carga, se reduce la carga a cero a la misma velocidad que se aplicó. Si el observador falla en obtener una lectura, se completa el ciclo y se repite el ensayo. Se registra el ensayo extra en el informe.

NOTA 4 Cuando se utilice un deformímetro de carátula para medir la deformación longitudinal, es conveniente ajustarlo antes de cada ciclo de carga de tal manera que el indicador pase por el punto cero cuando la deformación longitudinal sea 50 millonésimas.

6.5 El módulo de elasticidad y la resistencia se pueden obtener en el mismo ciclo de carga aun cuando los deformímetros sean desechables, removibles o estén suficientemente protegidos para que sea posible cumplir con los requisitos de carga continua dados en la NTC 673 (ASTM C39). En este caso, se registran varias lecturas y se determina el valor de la deformación en el 40 % de la carga última por interpolación.

6.6 Si se toman lecturas intermedias, se grafican los resultados de los tres ensayos con la deformación longitudinal en las abscisas y el esfuerzo de compresión en las ordenadas. Se calcula el esfuerzo de compresión dividiendo el valor de la carga de la máquina de ensayo, por el área transversal del espécimen, obtenida mediante el procedimiento del numeral 5.4.

7. CÁLCULOS

7.1 Se calcula el módulo de elasticidad, aproximando a 350 MPa (50 000 psi) como sigue:

$$E = \frac{(S_2 - S_1)}{(\epsilon_2 - 0,000\ 050)}$$

en donde

- E = módulo de elasticidad secante, en MPa (psi)
- S_2 = esfuerzo correspondiente al 40 % de la carga última.
- S_1 = esfuerzo correspondiente a la deformación longitudinal, ϵ_1 , de las 50 millonésimas, en MPa.
- ϵ_2 = deformación longitudinal producida por el esfuerzo S_2 .

7.2 Se calcula la relación de *Poisson*, aproximando a 0,01, como sigue:

$$m = \frac{(e_{t2} - e_{t1})}{(e_2 - 0,000\ 050)}$$

en donde

- m = relación de *Poisson*.
- ε_{t2} = deformación transversal en la altura media del espécimen producida por el esfuerzo S_2
- ε_{t1} = deformación transversal en la altura media del espécimen producida por el esfuerzo S_1 .

8. INFORME

8.1 El informe debe incluir lo siguiente:

- 8.1.1** Número de identificación del espécimen.
- 8.1.2** Dimensiones del espécimen en mm (pulgadas).
- 8.1.3** Historial del curado y medio ambiente del espécimen.
- 8.1.4** Edad del espécimen.
- 8.1.5** Resistencia del concreto si está determinada.
- 8.1.6** Masa unitaria del concreto si está determinada.
- 8.1.7** Curva de esfuerzo - deformación, si está dibujada.
- 8.1.8** Módulo de elasticidad secante.
- 8.1.9** Módulo de *Poisson*, si se determina.

9. PRECISIÓN Y SESGO

9.1 PRECISIÓN

La precisión para múltiples batchadas de ensayos realizados por un operario en una misma máquina es $\pm 4,25$ % (R1S %) máximo, como está definido en la norma ASTM E177, sobre un intervalo de 17,3 Pa a $27,6 \cdot 10^9$ Pa (2,5 psi a 4×10^6 psi).

Por consiguiente los resultados de ensayos de cilindros dobles de diferentes mezclas no deben desviarse en más del 5 % del promedio de los dos.

9.2 SESGO

Este método de ensayo no tiene sesgo porque los valores determinados se pueden definir sólo en términos del mismo.

10. PALABRAS CLAVES

10.1 Ensayo a la compresión, concreto, modulo de elasticidad, relación de *Poisson*.

DOCUMENTO DE REFERENCIA

ASTM INTERNATIONAL. Standard Test Method for Static Modulus of Elasticity and Poissons Ratio of Concrete in Compression. Philadelphia, 2002, 5p, 3 il, (ASTM C469).