

USO DE TAPAS NO ADHERIDAS EN LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CILINDROS DE CONCRETO ENDURECIDO

INV E – 408 – 13

1 OBJETO

- 1.1** Esta práctica cubre los requerimientos para un sistema de refrentado usando tapas no adheridas para ensayo de cilindros de concreto moldeados de acuerdo con las normas INV E-402 o INV E-420.
- 1.2** Las tapas no adheridas no se deben usar en ensayos de aceptación de concretos con resistencia a la compresión por debajo de 10 MPa (1500 lbf/pg²) o por encima de 80 MPa (12 000 lbf/pg²).
- 1.3** *Precaución* – Los cilindros de concreto refrentados con tapas no adheridas se rompen con mayor violencia que los refrentados con productos adheridos.

2 DEFINICIONES

- 2.1** Definición de términos específicos de esta norma:
- 2.1.1** *Almohadilla* – Una almohadilla elastomérica no adherida.
- 2.1.2** *Tapa no adherida* – Un retenedor metálico y una almohadilla elastomérica.

3 IMPORTANCIA Y USO

- 3.1** Esta práctica se refiere al uso de un sistema de refrentado no adherido para el ensayo de cilindros de concreto endurecido hechos de acuerdo con las INV E-402 o INV E-420, en lugar de los sistemas de refrentado descritos en la norma INV E-403.
- 3.2** Las almohadillas elastoméricas se deforman con la carga inicial conforme al contorno de los extremos del cilindro y están restringidas de una excesiva extensión lateral por placas y anillos metálicos utilizados para proporcionar

una distribución uniforme de la carga desde los bloques de carga de la máquina de ensayo hasta los extremos de los cilindros de concreto o de mortero.

4 MATERIALES Y EQUIPO

4.1 Materiales y equipo necesarios para producir bases de los cilindros de referencia de acuerdo con los requisitos de planitud de la norma INV E-410 y los requerimientos de la INV E-403. Esto puede incluir un equipo de fresado o materiales y equipo para producir una pasta de cemento limpia, un yeso de París de alta resistencia o tapas de mortero de azufre.

4.2 Almohadillas elastoméricas:

4.2.1 Las almohadillas deben tener un espesor de 13 ± 2 mm ($\frac{1}{2} \pm 1/16$ ") y su diámetro no deberá ser menor que el diámetro interno del anillo retenedor en más de 2 mm ($1/16$ ").

4.2.2 Las almohadillas deben ser de policloropreno (neopreno), reuniendo los requisitos de la clasificación ASTM D 2000, como sigue:

DUREZA SHORE A DURÓMETRO	CLASIFICACIÓN ASTM D 2000
50	M2BC514
60	M2BC614
70	M2BC714

4.2.2.1 La tolerancia en la Dureza A en el durómetro es ± 5 . La Tabla 408 - 1 proporciona requerimientos para el uso de tapas hechas con material que cumpla los requisitos de la Clasificación D 2000.

4.2.3 Se permiten otros materiales elastoméricos que reúnan los requisitos de comportamiento de los ensayos de calificación indicados en la Sección 7.

4.2.4 Las almohadillas elastoméricas deben ser suministradas con la siguiente información:

4.2.4.1 El nombre del fabricante o proveedor.

4.2.4.2 La dureza Shore A.**4.2.4.3** El rango aplicable de la resistencia a la compresión del concreto de la Tabla 408 - 1 o del ensayo de calificación.

Tabla 408 - 1. Requisitos para uso de almohadillas de neopreno

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN ^A		DUREZA SHORE A DURÓMETRO	ENSAYOS DE CALIFICACIÓN REQUERIDOS	NÚMERO MÁXIMO DE REUTILIZACIONES ^B
(MPa)	(lbf/pg ²)			
< 10	< 1500		No se permite	
10 a 40	1500 – 6000	50	Ninguno	100
17 a 50	2500 – 7000	60	Ninguno	100
28 a 50	4000 – 7000	70	Ninguno	100
50 a 80	7000 – 12 000	70	Requeridos	50
> 80	> 12 000		No se permite	

^A La resistencia a la compresión del concreto a la edad del ensayo se debe especificar en los documentos del contrato. Para ensayos de aceptación, es la resistencia especificada f'_c .

^B El número máximo de usos debe ser menor si las almohadillas sufren desgaste, grietas o desgarros (Ver numeral 6.2)

4.2.5 El usuario deberá mantener un registro, indicando la fecha en que la almohadilla fue puesta en servicio, la dureza Shore A de la almohadilla y el número de usos al cual ha sido sometida.

4.3 Retenedores – Un par de aditamentos metálicos para brindar soporte y para alinear las almohadillas de neopreno con las bases de los cilindros (nota 1 y Figura 408 - 1). Cada retenedor (superior e inferior) incluye un anillo de retención soldado o manufacturado integralmente a una placa de base. La altura del anillo de retención debe ser 25 ± 3 mm (1.0 ± 0.1 "). El diámetro interno del anillo retenedor no deberá ser menor del 102 % ni mayor del 107 % del diámetro del cilindro. El espesor del anillo debe ser, al menos, 12 mm (0.47") para retenedores de 150 mm (6") de diámetro y de no menos de 9 mm (0.35") para retenedores de 100 mm (4") de diámetro. La superficie de la placa de base que hace contacto con el bloque de carga debe ser plana dentro de 0.05 mm (0.002"). El espesor de la placa de base debe ser, al menos, 12 mm (0.47") para retenedores de 150 mm (6") de diámetro y de no menos de 8 mm (0.30") para retenedores de 100 mm (4") de diámetro. Las superficies de carga de los retenedores no deberán tener muescas, surcos o salientes de más de 0.25 mm (0.010") de altura o que ocupen un área mayor de 32 mm² (0.05 pg²).

Nota 1 – Retenedores hechos de acero y de algunas aleaciones de aluminio han tenido buen comportamiento.

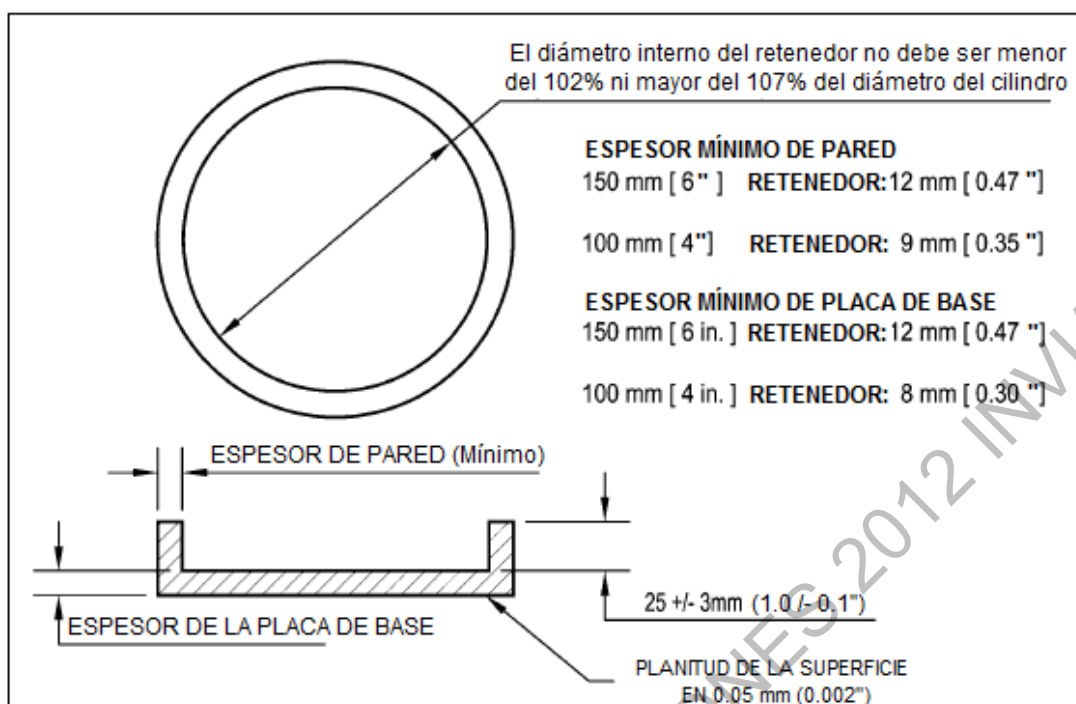


Figura 408 - 1. Ejemplo de anillo retenedor y de placa de base

5 ESPECÍMENES DE ENSAYO

- 5.1** Los especímenes serán cilindros de 150 × 300 mm (6 × 12") o de 100 × 200 mm (4 × 8") hechos de acuerdo con las normas INV E-402 o INV E-420. Ningún extremo de un cilindro podrá apartarse de la perpendicularidad al eje en más de 0.5° (equivalente aproximadamente a 3 mm en 300 mm (1/8" en 12")). Ningún diámetro individual de un cilindro puede diferir de otro en más de 2 %.

Nota 2 – Un método para medir la perpendicularidad de los extremos del cilindro consiste en colocar una escuadra de comprobación a través de cualquier diámetro y medir cuánto se aparta la hoja larga de un elemento de la superficie cilíndrica. Un método alternativo consiste en colocar la base del cilindro sobre una superficie plana y sostener la escuadra de comprobación sobre esa superficie.

- 5.2** Las depresiones bajo una regla, medidas con un calibrador de alambre redondo a través de cualquier diámetro, no deben exceder de 5 mm (0.20"). Si los extremos del cilindro no satisfacen esta tolerancia, el cilindro no se puede ensayar, a menos que las irregularidades sean corregidas mediante aserrado o fresado.

6 PROCEDIMIENTO

- 6.1** Se permite el uso de tapas no adheridas en una o ambas bases de un cilindro en lugar del refrentado mencionado en la norma INV E-403, si cumplen los requisitos de la Sección 4. La dureza de las almohadillas deberá estar de acuerdo con la Tabla 408 - 1 (nota 3).

Nota 3 – La resistencia especificada en los documentos del contrato se refiere a varias etapas de la construcción. Puede incluir requisitos de ensayos de resistencia en el instante del retiro de las formaleas o en el de la remoción del pre-esfuerzo, en adición a los requisitos de ensayo para verificar la resistencia especificada a la compresión. Por lo tanto, la selección de la almohadilla se deberá basar en el requerimiento de resistencia para la etapa de construcción para la cual se hace el ensayo.

- 6.2** Se examinan ambos lados de las almohadillas para verificar si han sufrido daño o un uso excesivo. Se deben reemplazar las almohadillas que tengan grietas o rajaduras que excedan de 10 mm (3/8") de longitud, independientemente de su profundidad. Se insertan las almohadillas en los retenedores antes de su colocación en el cilindro (Nota 4)

Nota 4 – Algunos fabricantes recomiendan espolvorear las almohadillas y las bases del cilindro con almidón de maíz o talco antes del ensayo.

- 6.3** Se centra la tapa o tapas no adheridas en el cilindro y se coloca éste sobre el bloque de carga inferior de la máquina de ensayo. Se alinea cuidadosamente el eje del cilindro con el centro de empuje de la máquina de ensayo, centrando el anillo retenedor superior en la rótula del bloque de carga. A medida que el bloque con rótula se lleva a actuar sobre el anillo de retención superior, se rota suavemente con la mano su porción móvil para obtener un apoyo uniforme. Después de la aplicación de carga, pero antes de alcanzar el 10 % de la resistencia anticipada del espécimen, se verifica que el eje del cilindro esté vertical con una tolerancia de 3.2 mm en 300 mm (1/8" en 12") y que las bases del cilindro estén centradas con los anillos retenedores. Si la alineación del cilindro no reúne estos requisitos, se libera la carga, se verifica su conformidad con lo indicado en el numeral 5.1 y se vuelve a centrar cuidadosamente. Se aplica nuevamente la carga y se verifican el centrado y la alineación del espécimen. Se permite hacer una pausa en la aplicación de la carga para verificar que el cilindro esté bien alineado.

- 6.4** Se completan la aplicación de carga, el ensayo, los cálculos y el informe con los resultados, de acuerdo con lo especificado en la norma de ensayo INV E-410 (notas 5 y 6).

Nota 5 – Algunos usuarios han reportado daños en las máquinas de ensayo debido a la liberación súbita de la energía almacenada en las almohadillas elastoméricas.

Nota 6 – Ocasionalmente, los cilindros refrentados con tapas no adheridas desarrollan un agrietamiento prematuro, aunque continúan soportando el incremento de carga. Por este motivo, la norma de ensayo INV E-410 requiere que los cilindros sean cargados hasta que se tenga la certeza de que han sido sometidos a compresión más allá de su capacidad última.

7 CALIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE REFRENTADO NO ADHERIDO Y VERIFICACIÓN DE LA REUTILIZACIÓN DE LAS ALMOHADILLAS

- 7.1** La Tabla 408 - 1 especifica las condiciones bajo las cuales se pueden calificar bajo esta Sección las almohadillas no adheridas de policloropreno (neopreno), dependiendo de la resistencia del concreto y la dureza Shore A. Las almohadillas no adheridas hechas de otros materiales elastoméricos, deben ser calificadas usando los procedimientos de la presente Sección.
- 7.2** Cuando se requieran los ensayos de calificación, ellos pueden ser hechos tanto por el proveedor como por el usuario de las almohadillas no adheridas. El usuario de las almohadillas debe retener una copia del reporte vigente de los ensayos de calificación para demostrar su conformidad con esta norma (Ver numeral A.1 del Anexo A).
- 7.3** Se debe comparar la resistencia a la compresión de cilindros moldeados y ensayados con tapas no adheridas con la de cilindros duplicados (compañeros) ensayados con extremos nivelados o refrentados para reunir los requisitos de las normas INV E-403 e INV E-410.
- 7.4** Para ser aceptables, los ensayos deben demostrar que, para un nivel de confianza de 95 % ($\alpha = 0.05$), la resistencia promedio obtenida usando tapas no adheridas no es menor al 98 % de la resistencia promedio de cilindros duplicados refrentados o nivelados de acuerdo con el numeral 7.3.
- 7.4.1** Cuando se requiera, los ensayos de calificación hechos de acuerdo con el numeral 7.5, se llevarán a cabo en el uso inicial de una tapa no adherida en el mayor y el menor nivel de esfuerzo anticipado, para establecer un rango aceptable de resistencia de cilindros para uso. En la práctica, los cilindros individuales no deben presentar resistencias más del 10 % mayores que el nivel más alto de resistencia, ni menores en más de 10 % al nivel más bajo de resistencia, calificados o especificados en la Tabla 408 - 1. Los ensayos de calificación se deben repetir siempre que haya un cambio en el diseño o en las dimensiones de los anillos retenedores, o cuando haya un cambio en la composición o en el espesor de la almohadilla, o si la dureza Shore A cambia en más

de 5 unidades. Los ensayos de calificación inicial deben incluir la verificación de que después del número máximo especificado de reutilizaciones, las almohadillas cumplen las exigencias del numeral 7.4.

- 7.4.2** Cuando los ensayos se hagan para establecer un número admisible de reutilizaciones por encima de las indicadas en la Tabla 408 - 1, solo aquellos ensayos o reutilizaciones que estén dentro de 14 MPa (2000 lb/pg²) del nivel de resistencia más alto a ser calificado, serán incluidos en el conteo de las reutilizaciones. Los laboratorios deben mantener registros del número de reutilizaciones de las almohadillas.

Nota 7 – La vida de una almohadilla depende de la dureza y del tipo de material de la almohadilla, de la resistencia del concreto, de la diferencia entre el diámetro exterior del cilindro y el diámetro interior del anillo de retención, de la desigualdad y rugosidad de las bases del cilindro, y de otros factores. Con base en la información disponible, el desgaste superficial o la abrasión del perímetro de la almohadilla son normales, siempre y cuando no reduzcan el espesor de la almohadilla alrededor del perímetro.

- 7.5** Preparación del espécimen para los ensayos de calificación y de reutilización de las almohadillas:

- 7.5.1** Se deben hacer y curar pares de cilindros individuales de una muestra de concreto de la manera más semejante posible: un cilindro de cada par es para ser ensayado después de perfilado o refrentado de acuerdo con el numeral 7.3, y el otro para ser ensayado usando el sistema de tapas no adheridas.

- 7.5.2** Se deberán elaborar un mínimo de 10 pares de cilindros con los mayores y menores niveles de resistencia deseados o anticipados (nota 8). El “nivel de resistencia” es el promedio de las resistencias de 20 o más cilindros cuyas resistencias estén dentro de un rango de 7 MPa (1000 lbf/pg²) (nota 9). De una muestra individual de concreto se pueden elaborar más de un par de cilindros, pero los cilindros deben provenir de un mínimo de dos muestras tomadas en días diferentes para cada nivel de resistencia del concreto (nota 10).

Nota 8 – Si los especímenes refrentados de acuerdo con la norma INV E-403 y los cubiertos con tapas no adheridas producen resistencias iguales, el número de pares de cilindros necesarios para demostrar la conformidad, variará desde 9 hasta más de 60, dependiendo de la variabilidad de los resultados de los ensayos. Si los dos sistemas de refrentado producen resistencias iguales, alrededor del 10 % de los laboratorios requerirán más de 60 ensayos y el 10 % de laboratorios requerirán sólo 9 ensayos para demostrar estadísticamente la conformidad.

Nota 9 – Se debe notar que el rango de resistencia permitido en ensayos de calificación para definir el nivel de resistencia es 7 MPa (1000 lbf/pg²), pero en el conteo del número de reutilizaciones de las almohadillas sólo se incluyen cilindros en un rango de 14 MPa (2000 lbf/pg²).

Nota 10 – Los cilindros para los ensayos de calificación pueden provenir de pares de cilindros ensayados en operaciones rutinarias de laboratorio y, en muchas instancias, no se requieren amasadas especiales de tanteo para los ensayos de calificación.

8 CÁLCULOS

8.1 Para cada nivel de resistencia, se calcula la diferencia de resistencia de cada par de cilindros, y se determina la resistencia promedio de cada par de cilindros con refrentado convencional y la resistencia promedio de cada par de cilindros con tapas no adheridas, como sigue:

$$d_i = x_{pi} - x_{si} \quad [408.1]$$

$$\bar{x}_s = (x_{s1} + x_{s2} + x_{s3} \dots + x_{sn}) / n \quad [408.2]$$

$$\bar{x}_p = (x_{p1} + x_{p2} + x_{p3} \dots + x_{pn}) / n \quad [408.3]$$

Donde: d_i : Diferencia en la resistencia de un par de cilindros, calculada como la resistencia del cilindro con tapas no adheridas menos la resistencia del cilindro refrentado de acuerdo con la INV E-403 (puede ser positiva o negativa)

x_{pi} : Resistencia del cilindro usando tapas no adheridas;

x_{si} : Resistencia del cilindro usando el refrentado de la norma INV E-403;

n : Número de pares de cilindros ensayados para el nivel de resistencia;

$\bar{x}_s$: Resistencia promedio de los cilindros refrentados según la norma INV E-403 para un nivel de resistencia;

$\bar{x}_p$: Resistencia promedio de los cilindros con tapas no adheridas para un nivel de resistencia.

- 8.2** Se calculan la diferencia promedio, $\bar{d}$, y la desviación estándar de la diferencia, s_d , para cada nivel de resistencia, como sigue:

$$\bar{d} = (d_1 + d_2 \dots + d_n) / n \quad [408.4]$$

$$s_d = [\Sigma(d_i - \bar{d})^2 / (n - 1)]^{1/2} \quad [408.5]$$

- 8.3** Por último, se debe satisfacer la siguiente relación:

$$x_p \geq 0.98 \bar{x}_s + (t_{sd}) / (n)^{1/2} \quad [408.6]$$

Donde: t : Valor de “t de student” para $(n-1)$ pares, para $\alpha = 0.05$, obtenido de la Tabla 408 - 2.

Tabla 408 - 2. Valores de “t de student”

$(n - 1)$	$t (\alpha = 0.05)^A$
9	1.833
14	1.761
19	1.729
100	1.662

A Se debe usar interpolación lineal para otros valores de $(n-1)$, o remitirse a tablas estadísticas apropiadas.

9 NORMAS DE REFERENCIA

ASTM C1231/C1231M – 10a

ANEXO A
(Informativo)**INFORME DE MUESTRA Y CÁLCULOS****A.1** *Informe de muestra:*

A.1.1 *Material de la almohadilla* – Lote 3742, Shore A = 52, Espesor 0.51"

A.1.2 *Anillo de retención* – Lote A, manufacturado 7 – 97.

A.1.3 *Cilindros de concreto* – Trabajo No. 7021, No. 1-10, junio 8-11, 1999.

A.1.4 *Mortero de azufre* – Lote 4321. Resistencia a la compresión de 48.2 MPa (6985 lbf/pg²).

A.1.5 Todos los ensayos a 28 días de edad.

A.2 *Resumen:*

$\bar{x}_s = 25.35 \text{ MPa (3679 lbf/pg}^2\text{)}.$

$\bar{x}_p = 25.26 \text{ MPa (3663 lbf/pg}^2\text{)}.$

$s_d = 0.328 \text{ MPa (46.06 lbf/pg}^2\text{)}.$

$n = 10.$

$t = 1.833.$

A.3 *Cálculos* – Usando la ecuación del numeral 8.3:

Sistema inglés:

$$3663 \geq (0.98) (3679) + (1.833) (46.06) / (10)^{1/2}$$

$$3663 > 3632 \text{ (el sistema califica)}$$

Métrico:

$$25.26 \geq (0.98) (25.35) + (1.833) (0.328) / (10)^{1/2}$$

$$25.26 > 25.03 \text{ (el sistema califica)}$$

PAR DE CILINDROS	ALMOHADILLA DE NEOPRENO		REFRENTADO CON AZUFRE		DIFERENCIA, d	
	MPa	lbf/pg ²	MPa	lbf/pg ²	MPa	lbf/pg ²
1	24.9	3605	24.7	3580	0.20	25
2	24.9	3605	25.4	3690	-0.50	-85
3	24.7	3585	24.7	3595	0.00	-10
4	24.6	3570	25.0	3625	-0.40	-55
5	25.0	3625	25.1	3640	-0.10	-15
6	25.2	3660	25.8	3740	-0.60	-80
7	25.9	3750	25.6	3720	0.30	30
8	25.7	3725	25.6	3720	0.10	5
9	25.5	3700	25.7	3725	-0.20	2-25
10	26.2	3805	25.9	3755	0.30	50
Promedio	(x _p) 25.26	(x _p) 3663	(x _s) 25.35	(x _s) 3679	(d) -0.090	(d) -16
Desviación estándar (s_d)					0.328	46.06