



Calificación de placas de elastómero para el ensayo a compresión de probetas de hormigón	
Área:	Estructuras y construcciones civiles
Categoría:	Graduado
Regional:	Santa Fe

Calificación de placas de elastómero para el ensayo a compresión de probetas de hormigón

María Emilia FERRERAS, Julieta MARTORINA

Centro de Investigación y Desarrollo para la Construcción y la Vivienda “CECOVI” (Lavaisse 610, Santa Fe), Facultad Regional Santa Fe, UTN

E-mail de autores: meferreras@frsf.utn.edu.ar, julimartorina@gmail.com

Este trabajo ha sido realizado bajo la dirección del Ing. Carlos Defagot, en el marco del proyecto “Validación de uso de pad de neopreno en el ensayo a compresión de probetas de hormigón”. (2017 – 2018 / 2019)

Resumen

El parámetro típico de la calidad del hormigón que puede emplearse con fines estructurales es la resistencia a compresión de probetas o testigos cilíndricos. La ejecución del ensayo requiere acondicionar sus bases para asegurar una serie de requisitos, previendo en la normativa dos metodologías. Una, consiste en encabezar las bases con mortero o pasta de cemento, o con mortero de azufre; la otra, el empleo de placas de elastómero entre la base y los platos de carga.

En una etapa anterior, se realizó la verificación del cumplimiento de los requisitos impuestos por la norma para el uso de dichas placas. En el presente trabajo se propone continuar con la verificación, a partir de la aplicación del proceso de calificación propuesto en la normativa, comparando resultados arrojados en el ensayo de resistencia a compresión, empleando placas de elastómero por un lado y el encabezado tradicional con mortero de azufre por otro.

Palabras Claves: Placas de elastómero; Compresión; Hormigón

1. Introducción

La norma IRAM 1546 “Hormigón de cemento. Método de ensayo de compresión”, establece el método de ensayo para la determinación de la resistencia a compresión de probetas y testigos cilíndricos de hormigón de cemento, siendo éste el parámetro característico para tipificar el material desde el punto de vista estructural.

Para una correcta ejecución del ensayo y con el fin de obtener resultados representativos, la norma establece una preparación previa de las muestras, con especial atención a las bases, ya que se debe asegurar que las probetas y testigos a ensayar cuenten con sus bases planas y paralelas entre sí, y normales al eje longitudinal. Para conseguirlo, la norma vigente contempla dos procedimientos diferentes. En el primero se emplea para acondicionar las bases de la muestra, lo que se conoce comúnmente como encabezado, una pasta o mortero de cemento, o mortero de azufre, cuyo procedimiento se efectúa bajo lo establecido en la norma IRAM 1553. En el segundo, se utilizan placas de elastómero según norma IRAM 1709.

Conocidas las desventajas operativas, de salubridad y medioambientales de trabajar con los diferentes encabezados, es que se pretende validar el uso de las placas de elastómero (habitualmente llamados pads), ya que las mismas presentan una serie de ventajas relacionadas a

la optimización de los tiempos de ejecución de los ensayos y factores ambientales; tal como lo mencionan en sus publicaciones Barreda et al (2011) y Segerer (2007).

La norma IRAM 1709 establece un procedimiento de calificación para las placas de elastómero, a través del cual fija los niveles adecuados de resistencia máximos y mínimos del hormigón a ensayar, y la cantidad de reúsos máximos al cual es aceptable someter a las placas. Con ello busca asegurar que estos elementos no influyan en el resultado de la resistencia del material ensayado. El procedimiento plantea comparar valores medios de resistencia, para un determinado nivel de confianza, de probetas ensayadas con placas de elastómero, respecto de los resultados obtenidos de probetas ensayadas con sus bases encabezadas con mortero de azufre, para distintos niveles de resistencias. Para un laboratorio de ensayos, la aplicación de este procedimiento puede resultar tedioso, principalmente porque implica hacerse de un determinado número de pares de probetas gemelas, y ensayarlas en iguales condiciones.

Asimismo, y afortunadamente, la misma norma prevé la no obligatoriedad del proceso de calificación para los casos en que el comercializador de las placas pueda garantizar que el material con el que están fabricados sus productos sea policloropreno, designado, en términos de compuestos vulcanizados de caucho, como M2BC514, o M2BC614, o M2BC714. De aquí la trascendencia de dar en el mercado con placas para las que se puedan avalar los requisitos que esas expresiones implícitamente imponen.

Como dato adicional, puede indicarse que de los últimos interlaboratorios de ensayos a compresión de probetas de hormigón organizados por organismos nacionales, se observa que cada vez son más los laboratorios que incorporan el uso de las placas de elastómero en los ensayos. Mientras que en el interlaboratorio correspondiente al año 2013 el 52% de los laboratorios participantes ha utilizado esta forma de preparar las muestras, en el año 2016 el porcentaje se elevó hasta el 75%.

En el presente trabajo corresponde a la segunda etapa de investigación sobre la “Validación de uso de pad de neopreno en el ensayo a compresión de probetas de hormigón”, donde se evalúa el grado de cumplimiento de estos requisitos normativos en placas comercializadas actualmente en el mercado local.

2. Metodología

2.1. Consideraciones previas

En etapas previas a esta publicación, se realizó una exhaustiva búsqueda de proveedores de placas de elastómero, filtrada en ámbitos afines de la oferta local, donde se contactaron, evaluaron seis proveedores en base a las respuestas de una encuesta confeccionada a tales fines (Antony et al (2018); Acosta y Lezcano (2018)). La encuesta se confeccionó fundamentalmente orientada a indagar sobre el conocimiento que en el mercado se tiene de los requisitos normativos vigentes para este insumo.

Posteriormente, con el fin de verificar el cumplimiento de los requisitos en los productos existentes en el mercado (y considerando que en general los proveedores no realizan estas determinaciones), se planteó la realización de los respectivos ensayos de caracterización de los productos. En la Tabla I se presentan los ensayos y sus requisitos.

Tabla I. Ensayos y requisitos sobre placas de elastómero.

Ensayo	Requisito
--------	-----------

Identificación del polímero - ASTM D 3677	policloropreno
Dureza Shore A (grados) - IRAM 113003	50/60/70 (± 5)
Resistencia a la tracción (MPa) - IRAM 113004	14 mínimo
Alargamiento de rotura (%) - IRAM 113004	dureza 50 400 mínimo dureza 60 350 mínimo dureza 70 300 mínimo
Envejecimiento acelerado 70 h a 100°C - IRAM 113005 Método A	Variación de dureza (%) +15 máximo Variación de resistencia a la tracción (%) -15 máximo Variación de alargamiento de rotura (%) -40 máximo
Deformación permanente por compresión a 22 h a 100 °C - IRAM 113010. Método B (%)	35 máximo
Cambio de volumen por inmersión en aceite IRM 903 70 h a 100 °C. - IRAM 113012 (%)	+120 máximo

Dada la imposibilidad de lograr la adecuación del laboratorio para la ejecución de la totalidad de los ensayos (considerando que la identificación del polímero por norma ASTM D 3677:2010 exige la utilización de equipamiento específico), se resolvió derivar la realización de todos los ensayos a un laboratorio externo. En Tabla II se muestran los resultados de los ensayos de caracterización de los productos de cinco de los proveedores consultados (indicados con las letras A, B, C, D y E), comparándolos con los requisitos de la norma IRAM 1709, los cuales son el punto de partida para esta etapa de trabajo.

Tabla II. Resultados obtenidos sobre placas de elastómero.

Ensayo	Requisito	A	B	C	D	E
Identificación del polímero	PCI	CPAEB	PI	CPEB	PCI	PCI
Dureza Shore A (grados)	50 ± 5 60 ± 5 70 ± 5	65	69	70	66	73
Resistencia a la tracción (MPa)	14 mínimo	4.9	14.6	4.7	19.2	19.7
Alargamiento de rotura (% mínimo)						
dureza 50	400	-	-	-	-	-
dureza 60	350	220	-	-	-	-
dureza 70	300	-	291	239	332	256
Envejecimiento acelerado 70 h a 100°C						
Variación de dureza (%)	+15	+5	+2	+8	+2	+2
Variación de resistencia a la tracción (%)	-15	-12	-25	-15	+2	-3
Variación de alargamiento de rotura (%)	-40	-47	-36	-57	-2	-7
Deformación permanente por compresión a 22 h a 100 °C	35	32	43	82	26	15
Cambio de Volumen por inmersión	+120	28	169	122	51	59

en aceite IRM 903 70 h a 100 °C (%)

Siendo, CPAEB: Co-polímero de acrilonitrilo estireno-butadieno; PI: Poliisopreno; CPEB: Co-polímero estireno-butadieno; PCI: Policloropreno

2.2. Evaluación de resistencias

Queda evidenciado en el apartado anterior, que no todas las placas adquiridas de los distintos proveedores resultaron estar fabricadas con policloropreno. Como se menciona anteriormente, el requerimiento de la norma IRAM 1709 en relación al proceso de calificación al que deben someterse las placas de esa condición, es la evaluación de la resistencia a compresión comparando resultados con probetas encabezadas con mortero de azufre, para distintos niveles de resistencia.

Con el objeto de evaluar el comportamiento de estas placas, y además comparar su desempeño respecto del de las placas que sí verificaron ser de policloropreno, se confeccionaron probetas de hormigón, en cantidad suficiente, de modo de someter al proceso de calificación todas las placas adquiridas. Para esta oportunidad, se seleccionó el nivel de resistencia a compresión de 30 MPa.

Se moldearon según el procedimiento indicado en la norma IRAM 1534, a partir de dos pastones elaborados en distintos días, siete grupos probetas, dos para encabezar con azufre y otros cinco para encabezar con las distintas placas y se ensayaron a compresión en su totalidad según la norma IRAM 1546. Del primer pastón se ensayaron: 12 probetas con mortero de azufre, 12 probetas con los discos A, 11 probetas con los discos B y 11 probetas con los discos C; en el segundo pastón: 15 probetas con mortero de azufre, 15 probetas con los discos D y 15 probetas con los discos E).

3. Resultados

En la Tabla III se muestran los promedios de resultados de ensayos a compresión de grupos de probetas ensayadas haciendo uso de distintos discos elastómeros y de encabezado con mortero de azufre, junto con la variación porcentual respecto a los resultados obtenidos con mortero de azufre.

Tabla III. Resultados de ensayos a compresión.

	Polímero	Máximo MPa	Mínimo MPa	Promedio MPa	Desviación MPa	Variación %
PASTÓN 1						
M. AZUFRE	-	33,58	32,03	32,98	0,45	-
DISCOS A	CPAEB	37,12	32,65	34,91	1,16	+5,84
DISCOS B	PI	36,04	31,52	34,48	1,16	+4,53
DISCOS C	CPEB	36,10	32,78	35,17	0,96	+6,64
PASTÓN 2						
M. AZUFRE	-	37,73	32,76	34,95	1,56	-
DISCOS D	PCI	37,94	33,20	36,52	1,42	+4,48
DISCOS E	PCI	39,53	37,17	38,48	0,69	+10,08

En Tabla IV se exponen los parámetros intervinientes y la expresión que debe cumplirse para todos los grupos de pares de probetas de modo de satisfacer el proceso de calificación de las placas empleadas indicados por la norma IRAM 1709 para este nivel de resistencia.

Tabla IV. Verificación del cumplimiento del proceso de calificación, según IRAM 1709

Relación	A / AZUFRE	B / AZUFRE	C / AZUFRE	D / AZUFRE	E / AZUFRE
n	12	11	11	15	15
\bar{x}_p	34,9	34,5	35,2	36,5	38,5
\bar{x}_s	33,0	33,1	33,1	34,8	34,8
S_d	1,5	1,2	1,0	1,8	1,5
t	1,8042	1,8186	1,8186	1,7610	1,7610
x	33,1	33,1	33,0	34,9	34,8
$\bar{x}_p \geq x$	SI	SI	SI	SI	SI

Siendo:

- n : el número de pares de probetas ensayadas por niveles de resistencia a la compresión.
- \bar{x}_p : la resistencia a la compresión promedio de las probetas ensayadas con placas de elastómero, en MPa.
- \bar{x}_s : la resistencia a la compresión promedio de las probetas con sus bases preparadas según IRAM 1553, en MPa.
- S_d : el desvío estándar de las diferencias de resistencia a la compresión de los pares de probetas, en MPa.
- t : el valor de la *t de student* para $(n-1)$ pares y para $\alpha = 0,05$
- x : valor obtenido según la fórmula (1), para evaluar el cumplimiento de la norma.

$$0,98 * \bar{x}_s + \frac{(t * S_d)}{\sqrt{n}} \tag{1}$$

4. Discusión

Siguiendo lo indicado en la norma IRAM 1709, se evaluaron los requisitos de las placas de elastómero para concretar la calificación las mismas; ya que de los proveedores encuestados, sólo uno cuenta con un protocolo de ensayos físico-mecánicos que implementa en laboratorio propio, y extiende a sus clientes un certificado con los resultados. Luego, del total de las placas caracterizadas, sólo dos se identifican químicamente como policloropreno; y a su vez sólo una de estas dos cumple con la totalidad de los requisitos físico-mecánicos establecidos en la normativa vigente (Acosta y Lezcano (2018)). Por esto, es que se continuó con el próximo requerimiento de la norma, que es la evaluación comparativa de la resistencia a compresión para las placas de los diferentes proveedores.

Los resultados obtenidos en los ensayos de resistencia a compresión, por su parte, indican que para todos los grupos de pares de probetas (A / AZUFRE; B / AZUFRE; C / AZUFRE; D / AZUFRE; E / AZUFRE), el proceso de calificación resulta satisfactorio. Esto es, para los cinco tipos de placas empleadas puede decirse que con un nivel de confianza del 95%, la resistencia a

la compresión promedio obtenida utilizando las placas de elastómero es mayor al 98% de la resistencia promedio de las probetas encabezadas con mortero de azufre. El criterio de aceptación establecido en la norma IRAM 1709 consiste demostrar que la resistencia a compresión promedio de las probetas ensayadas utilizando elastómeros es como mínimo el 98% de la resistencia promedio de las probetas del mismo pastón preparadas de acuerdo con la IRAM 1553. Esto permite afirmar, valiéndose de los resultados obtenidos en esta primera instancia, que las placas de elastómeros evaluadas resultan aceptables para la realización del ensayo, aun cuando algunas de estas no cumplen con los requisitos de caracterización del elastómero, siempre para este nivel de resistencia.

Con estos resultados positivos, se puede confirmar que la incorporación del uso de placas de elastómero en el ensayo de resistencia a compresión de probetas de hormigón es claramente un avance en relación la optimización de recursos y al cuidado de la salud de los operadores y del medio ambiente. Ahora bien, ex profeso o por desconocimiento de los requisitos normativos, algunos proveedores del mercado local comercializan sus productos aduciendo que se trata de policloropreno, aunque no lo sea. Ese falso aseguramiento en la identificación del elastómero atenta contra la correcta implementación del procedimiento, propiciando el empleo de un material que no es el indicado por la norma, con el consecuente problema de confianza en los resultados que esto puede suponer.

No obstante, el procedimiento de calificación llevado a cabo para placas fabricadas con otros elastómeros, se satisfizo en todos los casos evaluados en este trabajo, para el nivel de resistencia elegido de 30 MPa. Esto significa que pese a la falta de certidumbre respecto del material con el que están fabricadas las placas o de lo expresado por los comercializadores en referencia a ello, la factibilidad de dar con productos que cumplan con lo exigido por la normativa, en este sentido, existe.

Resta, como acciones futuras, evaluar la magnitud del deterioro tras el uso en este tipo de placas, y en consecuencia la verificación del número de reúsos posibles en el marco de un procedimiento de ensayo de un laboratorio. Así también es necesario evaluar las condiciones de aceptación de la muestra en cuanto a sus bases para poder ser ensayadas con las placas de elastómero, por ejemplo en lo referente a las irregularidades superficiales, las que tienen gran incidencia en la rotura.

5. Conclusiones

La incorporación del uso de placas de elastómero en el ensayo a compresión de probetas de hormigón es claramente un avance en relación al cuidado del medio ambiente y de la salud de los operadores, así como la optimización de recursos, razones por las cuales cada vez más laboratorios de ensayo implementan el procedimiento propuesto por la norma IRAM 1709.

A pesar de que existe dificultad en el mercado para acceder a placas de policloropreno, luego del trabajo llevado a cabo, se concluye que es posible encontrar productos que satisfagan los requisitos normativos en cuanto a la calificación mediante el ensayo a compresión y brinden resultados confiables.

En este sentido, la resistencia a la compresión promedio obtenida utilizando las placas de elastómero, es mayor al 98% de la resistencia promedio de las probetas encabezadas con mortero de azufre para los cinco tipos de placas empleadas, cumpliendo con los requisitos de nivel de confianza establecidos por la norma.

Es necesario evaluar en etapas futuras, el comportamiento de las placas frente a distintos niveles de resistencia y la variación de reúsos posibles, sobre todo para los materiales que no resultan ser policloropreno.

Reconocimientos

Agradecemos el aporte del Área de Servicios y Transferencia de Tecnología del CECOVI en el desarrollo de los ensayos de laboratorio en el marco de este proyecto.

Bibliografía

Acosta, J., Lezcano, C. (2018). Validación de uso de pad de neopreno en el ensayo a compresión de probetas de hormigón. Jóvenes Investigadores Tecnológicos.

American Standard Methods (2010). ASTM D 3677. Standard Test Methods for Rubber. Identification by Infrared Spectrophotometry.

Antony, I., Defagot, C., Ferreras, M., Suarez, M. (2018). Caracterización de placas de elastómero para el ensayo a compresión de probetas de hormigón. 18º Congreso Internacional de Metalurgia y Materiales SAM-CONAMET.

Barreda, M., Alderete, N., Sota, J. (2011). Estudio del sistema de encabezado de probetas cilíndricas de hormigón con placas elastoméricas. Revista Técnica Cemento Hormigón, N° 947, 36-42.

Instituto Argentino de Normalización (2018). IRAM 1534. Hormigón de cemento. Preparación y curado de probetas en laboratorio para ensayos de compresión y de tracción por compresión diametral.

Instituto Argentino de Normalización (2013). IRAM 1546. Hormigón de cemento. Método de ensayo de compresión.

Instituto Argentino de Normalización (2008). IRAM 1553. Hormigón de cemento. Preparación de las bases de probetas cilíndricas y testigos cilíndricos, para ensayo de compresión.

Instituto Argentino de Normalización (2016). IRAM 1709. Hormigón de cemento. Método y requisitos para el uso de placas de elastómero no adheridas, empleadas para la determinación de la resistencia a la compresión de probetas y testigos cilíndricos de hormigón endurecido.

Instituto Argentino de Normalización (2002). IRAM 113001. Compuestos vulcanizados de caucho. Sistema de clasificación.

Segeber, M. (2007). Neopreno Vs. Azufre: La batalla por el encabezado. Revista Hormigonar, 12, 4, 32-36.