

USO DE PLACAS DE NEOPRENO PARA LA EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL HORMIGÓN

Carlos A. Milanesi¹, José M. Saavedra¹, Hugo J. Kaminsky¹, Carlos Fava²,
Darío Falcone³, Guillermo Herrera³, Francisco Hours³, Pablo Bossio³,
Agustín Rossetti³, Graciela Giaccio³, Claudio Zega⁴, María C. Torrijos⁴, Juan C Vivas⁴,
Raúl Zerbino⁴

¹ Cementos Avellaneda S.A. Argentina

² Facultad de Ingeniería UNLP, Argentina

³ LEMIT-CIC, Facultad de Ingeniería UNLP, Argentina

⁴ CONICET. LEMIT-CIC, Facultad de Ingeniería UNLP, Argentina, zerbino@ing.unlp.edu.ar

RESUMEN

Aunque se ha generalizado el encabezado con placas de neopreno en los ensayos de compresión del hormigón, permanecen algunas controversias en cuanto a cómo incide en el resultado comparado con otras alternativas. Tampoco hay mayor información sobre su influencia cuando se ensayan cilindros de diferente esbeltez y tamaño. Este trabajo muestra los resultados de un programa experimental sobre distintos hormigones con resistencias a compresión entre 30 y 55 MPa. En cada caso se moldearon 50 cilindros de 150x300 mm y 50 cilindros de 100x200 mm, que se ensayaron utilizando 5 encabezados diferentes: mortero de cemento, mortero de azufre, placas de neopreno certificadas, placas de neopreno sin certificación y pulido de ambas caras. Asimismo, 10 cilindros de 150x150 mm y otros 10 de 100x100 mm fueron ensayados mediante placas de neopreno certificadas para observar el efecto de la esbeltez sobre la resistencia.

Palabras claves: resistencia a compresión, encabezado, neopreno, mortero, azufre.

INTRODUCCIÓN

El ensayo de resistencia a compresión posee preponderancia sobre otros al momento de caracterizar o realizar el control de calidad del hormigón. En Argentina, como en muchos otros países del mundo, se realiza el ensayo sobre probetas cilíndricas de relación altura/diámetro (esbeltez) igual a 2 que requieren de un proceso de encabezado en una o ambas caras para asegurar la correcta planitud de las mismas, como así también su paralelismo y la ausencia de defectos que puedan alterar los resultados. Asegurar un encabezado apropiado posee fuertes implicancias técnicas y económicas.

En otros países se ha optado por el uso de cubos para establecer la resistencia a compresión que no hacen necesario realizar encabezados. En el *fib* Model Code 2010 [1] por ejemplo se establecen clases resistentes tanto empleando cilindros como cubos y se indica una vinculación entre ambos, sin embargo, como se comentará más adelante, esto es solo una referencia general ya que la relación entre la resistencia a compresión de cubos y prismas depende tanto del nivel de resistencia como de otras características del hormigón en cuestión [2].

En la actualidad se ha prácticamente generalizado el uso de placas de neopreno como herramienta para garantizar el correcto encabezado en los ensayos de resistencia a compresión del hormigón. Este sistema tiene, por cierto, claras ventajas como rapidez y facilidad operativa y además representa una alternativa más ecológica y sustentable en cuanto al cuidado de la salud del personal como del medio ambiente si se lo compara al tradicional encabezado de azufre. La norma IRAM 1709 [3] se refiere al uso de encabezado con placas de neopreno para probetas y testigos de hormigón y tiene como análogo a la norma ASTM C1231 [4].

A pesar de lo expuesto, y que el método sobre el uso de placas de elastómero está perfectamente validado [3-4], permanecen algunas controversias en cuanto a en qué forma incide en los resultados el empleo de este tipo de encabezado en comparación con el tradicional mortero de azufre, o también otras alternativas como el mortero de cemento o el pulido de las caras. En ocasiones se han informado mejores resultados empleando el encabezado con las placas de elastómero [5-10] pero también hay referencias de resultados más desfavorables en términos comparativos [11]. Barreda et al. [5] analizaron la incidencia de placas de neopreno de distinta dureza sobre la resistencia a compresión de hormigones en el rango de resistencias 18 a 36 MPa, encontrando con las placas de neopreno valores entre 3,5 y 12 % mayores al caso del encabezado de azufre. Un estudio sobre distintas placas de neopreno ofrecidas en el mercado, incluso con algunas que no cumplen con los requisitos de caracterización del neopreno, la resistencia de las probetas fue entre 4,5 y 10 % superior a la de las probetas con azufre [7]. En un estudio comparativo de diferentes encabezados [8] se observó que el encabezado con neopreno sin retención presentó los menores valores de resistencia y la mayor variación entre lotes; lo siguió el encabezado con pasta de cemento y las mayores resistencias se lograron con encabezados de azufre y de neopreno con retención, sin que se apreciaran diferencias significativas entre sí en los diferentes lotes. Al analizar el uso de encabezados de neopreno, mortero de azufre y caras pulidas [9] se indica que la mayor flexibilidad del encabezado de neopreno genera una mejor superficie de contacto que conduce a mayores resistencias, 6,5 % respecto al pulido y 8,6 % respecto al mortero de azufre. En hormigones de alta resistencia (entre 40 y 100 MPa) [10] se encontró que se acentúa la variabilidad de la resistencia a la compresión entre diversos sistemas de encabezado, lo que permite inferir que los sistemas resultan cada vez más sensibles a los defectos; en este caso se encontró la menor variabilidad al utilizar elastómeros. Finalmente, Medeiros et al. [11] compararon distintos sistemas de encabezado sobre cilindros de 100x200 mm, incluyendo dos métodos de desgaste para rectificado de caras, placas de neopreno con retención y mortero de azufre; al ensayar hormigones con resistencias entre 20 y 80 MPa, los resultados mostraron que el encabezado con mortero de azufre fue el más efectivo, presentando menor dispersión y en casi todos los casos el mayor valor de resistencia.

Este trabajo no pretende discutir si uno u otro sistema de encabezado da lugar a mayores o menores valores de carga, ya que de por sí el encabezado no debiera incidir sobre la carga y si la reduce, lo hará porque no fue correctamente realizado o elegido conforme el tipo de hormigón o desarrollado el ensayo. Sin embargo, es posible que los diferentes métodos disponibles puedan ser afectados por distintos factores. En el caso de las placas de neopreno el riesgo una pequeña falta de alineación de la probeta al iniciar las cargas puede resultar crítica, así como la existencia de marcas o defectos en las caras los cuales se podrían minimizar en el caso de encabezado con mortero de cemento o mortero de azufre o eliminar mediante el pulido. Por el contrario, si al pulir la planitud no es perfecta la situación no puede remediarse como ocurre con los otros sistemas. En los encabezados con morteros pueden ocurrir defectos como oquedades o desprendimiento de caras conforme la destreza de la persona que los materializa. Todo esto, más allá de las consideraciones relativas a costos de materiales, tiempos y aspectos ambientales.

Al mismo tiempo, otras cuestiones, como en qué forma cambian los resultados si se ensayan cilindros de diferente esbeltez utilizando encabezados con placas de neopreno no han sido mayormente discutidas. De todos los sistemas, el elastómero representa el material más deformable por lo cual para hacer efectivo el encabezado se debe restringir su deformación lateral a través de un anillo de acero con el diámetro adecuado.

El tipo de encabezado puede incidir en la carga máxima cuando la esbeltez decrece. Es conocido que la carga máxima crece a medida que disminuye la esbeltez para cilindros de igual diámetro, pero esto depende del nivel de fricción entre el cabezal de la máquina de ensayo y la probeta. Tradicionalmente se ha apelado a coeficientes de corrección para tener en cuenta tanto el efecto de la esbeltez como el del volumen de la probeta en relación a los cilindros estándar ($h/d = 2$), sin embargo, no siempre se tiene en cuenta que dichos factores de corrección se obtuvieron de estudios empíricos sobre los hormigones más utilizados en el momento. Esto es, no son necesariamente iguales para un hormigón de alta resistencia que para uno convencional, pueden modificarse conforme el tamaño máximo del agregado en especial cuando el hormigón posee baja resistencia [2] y por supuesto como fuera anticipado, dependen en forma directa de la fricción entre la probeta y los cabezales [12]. Otros factores como la rigidez de la máquina y la velocidad de ensayo también afectan a la resistencia y en este sentido la menor rigidez del elastómero respecto a otros encabezados, podría modificar ligeramente la respuesta.

Este trabajo muestra los resultados de un programa experimental desarrollado en el LEMIT-CIC con el aporte de varias empresas de hormigón elaborado destinado a discernir varias de las cuestiones planteadas.

PROGRAMA EXPERIMENTAL

El programa experimental consistió en el moldeo de 50 cilindros de 150x300 mm y 50 cilindros de 100x200 mm a partir de un hormigón elaborado traído al laboratorio en una motohormigonera con más de 3 m³ de material. Estos cilindros fueron destinados a ensayos de compresión utilizando 5 encabezados diferentes: mortero de cemento (C), mortero de azufre (A), placas de neopreno certificadas (N), placas de neopreno sin certificación (O) y pulido (P) de ambas caras. Asimismo, a excepción de la Serie 1, se moldearon 10 cilindros de 150x150 mm y otros 10 cilindros de 100x100 mm (M) para observar el efecto de la esbeltez sobre la resistencia a compresión utilizando placas de neopreno certificadas. La letra indica la identificación adoptada para cada Grupo.

Los primeros 100 litros de hormigón fresco a la bajada de la motohormigonera fueron descartados. Luego se obtuvo una muestra para evaluar la homogeneidad del hormigón conforme establece la norma IRAM 1876 [13]. A partir de entonces se procedió al llenado en forma normalizada [14] con el cuidado de realizarlo en forma alternada para cada tipo de encabezado de forma tal que al momento de ensayar no existiera incertidumbre de que un tipo de encabezado hubiera sido llenado con el comienzo o el final de la descarga de la motohormigonera. Al finalizar el llenado se procedió a tomar una nueva muestra de material para completar la evaluación de la homogeneidad del hormigón (asentamiento, contenido de aire, temperatura, contenido de agregado grueso, peso unitario). Las probetas fueron compactadas en una mesa vibradora durante un mismo lapso y con el cuidado de ubicar el mismo peso sobre la misma. Se emplearon moldes de acero con la excepción de algunos moldes plásticos para el caso de los cilindros de esbeltez 1.

Las probetas se desmoldaron a las 24 h (a excepción de las encabezadas con mortero de cemento que se lo hizo a las 48 h) y curadas en cámara húmeda durante 28 días. Luego se retiraron de cámara y ubicaron en ambiente de laboratorio durante más de 15 días de forma tal de que no exista incidencia en el contenido de humedad durante el ensayo. Previo al ensayo fue necesario proceder a tareas como el pulido de la Serie P o el

encabezado con mortero de azufre en la serie A. Ante la gran cantidad de probetas los ensayos demandaron dos jornadas consecutivas para cada Serie. Para cada tamaño de probeta, se fueron intercalando los ensayos de las distintos Grupo (A, P, C, N, O, M). Todos los ensayos se realizaron en la misma máquina de ensayo (AMSLER 200 Tn), ajustando la escala conforme el tamaño de probeta y nivel de resistencia del hormigón.

La experiencia se repitió en 4 jornadas (una por Serie) e incluyó hormigones con distintos niveles de resistencia, elaborados con agregados gruesos de tamaño máximo 19,0 mm. En cuanto a las características de las placas de neopreno empleadas se midió la dureza Shore obteniendo valores promedio iguales a 77 y 75 para los discos N y O de 150 mm de diámetro, y de 70 y 72 para los discos N y O de 100 mm de diámetro.

RESULTADOS

Homogeneidad del hormigón

Las propiedades en estado fresco de los cuatro hormigones (Series 1 a 4) se presentan en la Tabla 1, donde las Muestras 1 y 2 corresponden a los ensayos previos y posteriores al llenado de los cilindros. Como referencia se indica el nivel de resistencia del hormigón de cada Serie. En general las mezclas respondieron en forma adecuada a los requisitos de homogeneidad establecidos por el CIRSOC 201-2005 [15]. No se registraron mayores diferencias en el contenido de aire incorporado; cabe destacar que, si bien no se realizó el ensayo, en la Serie 2 se observó una mayor exudación.

Tabla 1: Evaluación de la homogeneidad del hormigón.

Serie			1	2	3	4
Asentamiento	mm	Muestra 1	140	145	130	175
		Muestra 2	120	95	120	140
Aire incorporado	%	Muestra 1	3,6	2,3	3,0	3,0
		Muestra 2	3,1	2,6	3,2	3,0
Temperatura	°C	Muestra 1	12	18	23	28
		Muestra 2	11	19	23	27
PUV	kg/m ³	Muestra 1	2355	2369	2355	2355
		Muestra 2	2355	2355	2341	2355
Densidad del mortero libre de aire	%	Diferencia	0,7	0,9	0,2	0,3
Contenido de agregado grueso	%	Diferencia	1,0	0,9	2,4	1,0

Resistencia a compresión

Ante todo, se destaca que la experiencia corresponde a hormigones con resistencias a compresión entre 30 y 55 MPa aproximadamente elaborados con agregados de 19,0 mm de tamaño máximo. En la Tabla 2 se presentan para todos los Grupos de cada Serie, para ambos tamaños de probeta y relación de esbeltez 2, los resultados de la resistencia media a compresión con su correspondiente coeficiente de variación y el número de probetas consideradas. Como criterio de aceptación se descartaron los ensayos con resistencias bajas que se apartaban en más del 10 % de la resistencia media. También se indican los valores relativos respecto al tradicional encabezado con mortero de azufre.

Tabla 2: Resistencia a compresión en ensayos con diferentes encabezados.

Serie	Diámetro	150 mm				100 mm				100 / 150
	Grupo	Media (MPa)	CV (%)	N	Valores relativos	Media (MPa)	CV (%)	N	Valores relativos	
1	P	34,3	3	9	0,99	34,9	4	9	0,95	1,02
	A	34,6	3	10	1	36,5	5	9	1	1,06
	N	35,5	2	9	1,02	38,4	3	10	1,05	1,08
	O	33,2	5	10	0,96	36,8	4	10	1,01	1,11
	C	34,4	3	7	0,99	35,7	3	10	0,98	1,04
2	P	31,8	4	10	0,92	32,8	8	6	0,85	1,03
	A	34,6	3	10	1	38,4	5	7	1	1,11
	N	34,3	2	10	0,99	36,9	3	10	0,96	1,08
	O	34,1	3	10	0,98	37,8	2	10	0,98	1,11
	C	33,4	3	6	0,96	35,9	3	5	0,93	1,08
3	P	29,9	2	10	0,94	31,3	3	10	0,87	1,05
	A	31,9	4	10	1	35,9	4	9	1	1,13
	N	32,6	2	10	1,02	36,9	1	10	1,03	1,13
	O	32,0	3	10	1,00	36,4	2	10	1,01	1,14
	C	33,0	2	10	1,03	32,8	6	8	0,91	0,99
4	P	48,6	1	4	0,93	58,1	4	10	1,03	1,20
	A	52,5	4	9	1	56,6	4	9	1	1,08
	N	52,1	4	10	0,99	58,4	3	10	1,03	1,12
	O	51,8	3	8	0,99	55,9	3	10	0,99	1,08
	C	51,8	4	10	0,99	52,4	4	10	0,93	1,01

La Figura 1 compara para cada serie los resultados de los diferentes grupos para ambos tamaños de probetas. En primer lugar, se observa que no hay prácticamente diferencias entre los valores obtenidos con los encabezados de azufre y de neopreno (N, O), lo muestra que ambos elastómeros cumplimentan los requisitos de la norma IRAM 1709.

En la Tabla 2 se aprecia, además, que el número de ensayos defectuosos fue menor en las probetas encabezadas con elastómero que con los otros métodos. En los Grupos A, C, P aparecen en diferentes series casos particulares que se atribuyen a defectos operativos. Entre los defectos que pueden haber motivado valores bajos a descartar, se incluyen desprendimiento o huecos en morteros de azufre, cuarteos y despegado de cabezas de cemento y falta de planitud en el caso del pulido. Nótese que los valores eliminados (que no fueron demasiados) son más frecuentes en los cilindros de mayor diámetro. Se observó un mayor descarte en la Serie 2 Grupo C; cabe recordar que este hormigón mostró mayor exudación y dificultó las tareas de preparación previa (limpieza y remoción de material débil) necesarias para la correcta aplicación del mortero de cemento. A la vez, en la Serie 4 Grupo P la gran cantidad de valores defectuosos puede estar asociada a la mayor resistencia del hormigón.

En la Tabla 2 y en la Figura 1, también se observa que la diferencia de resistencia entre probetas de 100 y 150 mm de diámetro fue en promedio del orden del 10 %, algo mayor que la que indica la bibliografía tradicional.

En la Tabla 3 se comparan los resultados obtenidos en ensayos con placas de neopreno sobre cilindros de esbelteces 1 (M) y 2 (N).

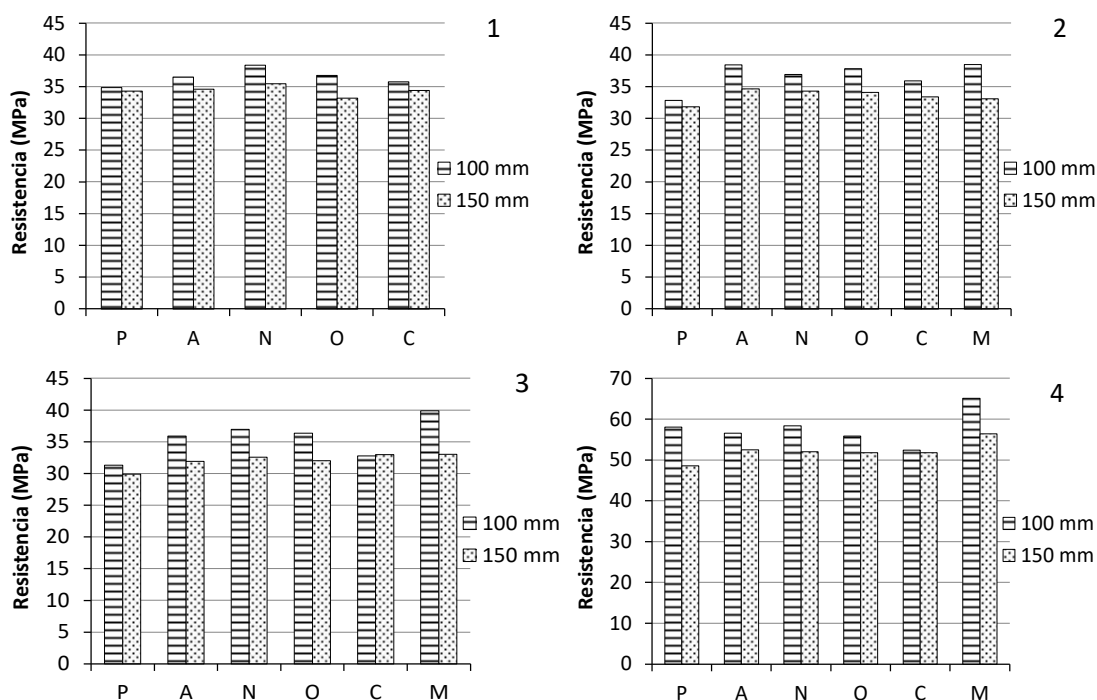


Figura 1. Resistencia media a compresión empleando distintos encabezados: C: mortero de cemento, A: mortero de azufre, N: placas de neopreno certificadas, O: placas de neopreno sin certificación, P: pulido, M: placas de neopreno certificadas (esbeltez 1).

Tabla 3: Resultados de resistencia a compresión en ensayos con placas de neopreno empleando probetas de distinta esbeltez.

Serie	Diámetro		150 mm				100 mm			
	Grupo	Media (MPa)	CV (%)	N	esbeltez 2 / esbeltez 1	Media (MPa)	CV (%)	N	esbeltez 2 / esbeltez 1	
2	N	34,3	2	10	1,04	36,9	3	10	0,96	
	M	33,1	5	10		38,5	4	10		
3	N	32,6	2	10	0,99	36,9	1	10	0,93	
	M	33,0	3	10		39,9	4	10		
4	N	52,1	4	10	0,92	58,4	3	10	0,90	
	M	56,4	4	9		65,1	3	10		

Al considerar los ensayos con placas de neopreno en cilindros de diferente esbeltez, las relaciones entre sus resistencias resultan diferentes a las encontradas con otros tipos de encabezado, lo que indica que el efecto de la esbeltez sobre la resistencia determinada es marcadamente menor. Esto se puede justificar considerando que la menor rigidez del elastómero atenúa la restricción que impone el cabezal de la máquina de ensayo, y minimiza el aumento de carga tradicionalmente verificado al reducirse la altura del cilindro.

El resultado observado al ensayar cilindros de distinta esbeltez con placas de elastómero implica que si se corrigieran los resultados de un cilindro de esbeltez 1 para llevarlo al valor estándar empleando los coeficientes tradicionales (0,87 por ejemplo se indica en las normas IRAM 1551 y ASTM C42) se podría estar subvaluando la resistencia. A tal efecto sería necesario determinar dichos factores en forma experimental con las placas de neopreno a utilizar, con el cuidado de hacerlo para el mismo tipo de hormigón (principalmente nivel de resistencia y tamaño máximo de agregado dado que estos

factores modifican la propagación de fisuras). Si bien la menor incidencia de la esbeltez se puede justificar considerando la rigidez del neopreno, se alerta que dicho efecto puede variar entre cilindros con diferentes diámetros (100 mm o 150 mm).

CONCLUSIONES

Este trabajo muestra resultados de varias series de ensayos sobre hormigones con resistencias a compresión entre 30 y 55 MPa, realizados sobre cilindros de 100 y 150 mm de diámetro, con el fin de comparar los resultados obtenidos mediante diferentes encabezados, particularmente en lo referente al uso de placas de neopreno. Las observaciones salientes se indican a continuación.

La diferencia en la resistencia promedio obtenida con el uso de placas de neopreno, respecto de los valores obtenidos con encabezado de azufre, marca la aptitud de las mismas, ya que resultad acorde a la tolerancia permitida por las normas IRAM 1709 y ASTM C1231.

El uso de placas de neopreno como método de encabezado suele dar lugar a resultados ligeramente superiores a los otros sistemas. Esto se atribuye a que, si bien todos ellos son aptos, los defectos operativos en la preparación del encabezado se minimizan, siempre que las placas sean adecuadas y sean reemplazadas en tiempo y forma tal como establece la norma.

Empleando encabezados con placas de neopreno se encontraron menores dispersiones en comparación al método de referencia (encabezado de azufre). Los resultados muestran que el uso de placas de neopreno minimiza las etapas de preparación del encabezado para el ensayo y en consecuencia los defectos operativos asociados.

Los incrementos de resistencia observados en los cilindros de 100 mm de diámetro respecto a los cilindros de 150 mm fueron en promedio del 10 %, algo mayores que los valores usuales.

El uso de placas de neopreno en cilindros de menor esbeltez atenúa los efectos de fricción entre la máquina de ensayo y la probeta y, consecuentemente, las diferencias entre cilindros de esbeltez 1 y 2 son menores que las tradicionalmente encontradas con encabezados realizados con morteros de cemento o mortero de azufre.

Finalmente, y si bien no era el motivo central de este estudio, cabe indicar que el pulido de las caras de las probetas, como método de encabezado, produjo la resistencia promedio más baja (del orden de 94 % de la resistencia obtenida con encabezado con mortero de azufre) y la más alta dispersión. Este hecho señala la importancia de disponer de un procedimiento normativo estricto para asegurar la representatividad de los resultados al emplear este método de encabezado.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a las empresas Hormigones Avellaneda S.A., Hormicova S.A., Bordigoni y Cia S.R.L. por el suministro del hormigón elaborado, a SIKA Argentina por el pulido de las caras y al personal del LEMIT-CIC por la colaboración en el trabajo experimental.

REFERENCIAS

- [1] Fédération Internationale du Béton. *fib Model Code 2010 – Final draft Vol 1*, 350 p, ISBN 978–2–88394-105-2; Vol 2, 370 p, ISBN 978-2-88394-106-9. Lausanne, Switzerland, (2012).
- [2] Di Maio A, Giaccio G, Zerbino R, “Failure mechanism of concrete, combined effects of coarse aggregate and specimen geometry”, *Const Build Mat* 10 (8), (1997), 571-575
- [3] IRAM 1709:2016 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.
- [4] ASTM C1231 / C1231M – 2015. Standard practice for use of unbonded caps in determination of compressive strength of hardened concrete cylinders. ASTM Int, West Conshohocken, PA,
- [5] Barreda M, Alderete N, Sota J, “Estudio del sistema de encabezado de probetas cilíndricas de hormigón con placas elastoméricas”, *Cemento Hormigón*, (2011), 947:36-42.
- [6] Gawatre DW, Kumar A, Giri SD, Jadhav RN, Bande BB, “Effect of capping material on strength of concrete cylinders/cores”, *IOSR J of Mech and Civil Eng*, 14(4):52-59, e-ISSN: 2278-1684, p-ISSN: 2320-334X, (2017).
- [7] Lezcano C, Ferreras E, Acosta J, Prida N, “Caracterización de placas de elastómero para el ensayo a compresión de probetas de hormigón”, En 1º Jornada de Jóvenes Investigadores en Tecnología del Cemento y el Hormigón, La Plata, Argentina, (2019), 21-24.
- [8] De Marco FF, Reginatto GM, Jacoski CA, “Análise do capeamento de corpos-de-prova utilizando neoprene com e sem reforço metálico”, *Simposio EPUSP sobre Estruturas de Concreto*. Sao Paulo, (2003).
- [9] Lopes Jerônimo V, de Araújo Souza LA, do Vale Silva B, Granata Marques G, Pinto da Silva Filho LC, “Analysis of the influence of regularization of the tops of cylindrical specimens on the compressive strength of concrete”, 53º Cong Brasileiro do Concreto - CBC2011, IBRACON, Florianópolis, (2011).
- [10] Torres S, Eggers J, “Capping systems for high-strength concrete”, *J. of Transportation Research Board*. 1979, Washington, (2006), 46–53.
- [11] Medeiros R, Pereira BA, Sipp G, Delfino T, “Investigation of the influence of different surface regularization methods for cylindrical concrete specimens in axial compression tests”, *Revista IBRACON de Estruturas e Materiais* 10(3), (2017), 568-591, <https://doi.org/10.1590/s1983-41952017000300003>
- [12] Van Mier JGM, “Fracture processes of concrete”, CRC press, USA, (1997), 448 p.
- [13] IRAM 1876:2004 Método de ensayo para determinar la homogeneidad de una mezcla de hormigón.
- [14] IRAM 1524:2004 Preparación y curado en obra de probetas para ensayos de compresión y tracción diametral.
- [15] INTI-CIRSOC (2005): Reglamento argentino de estructuras de hormigón. CIRSOC 201. Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios, Secretaría de Obras Públicas de la Nación, Edición julio 2005 (<https://www.inti.gob.ar>)