



Controles de calidad de hormigones tipo en plantas productoras del sur de la Región Mesopotámica Argentina.

Director Fabián Andrés Avid¹
Expositor Alberto José Palacio¹

¹ Grupo GIIICMA, Universidad Tecnológica Nacional UTN-Facultad Regional Concordia.
Salta 277, Concordia, Entre Ríos, Argentina
apalacio@frcon.utn.edu.ar, academica@frcon.utn.edu.ar

Resumen: En las provincias de Entre Ríos y Corrientes se radican diversas plantas de producción de hormigón que en general, son del tipo emergente como consecuencia del proceso de desarrollo productivo de la región. Por lo tanto, conocer la situación de sus laboratorios constituye una herramienta esencial para la implementación de controles confiables en la aceptación y rechazo del hormigón, representando además, un antecedente para el aseguramiento de la calidad y validación de la competencia de las empresas. Así mismo, debido a diversas exigencias, se requiere que los laboratorios de ensayo puedan demostrar la repetibilidad y confiabilidad de sus resultados. El objetivo de este trabajo consiste en comparar la metodología, resultados y conclusiones obtenidas en los ensayos interlaboratorios de compresión de probetas de hormigón con el laboratorio de la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Concordia. Se percibe de sumo interés observar la variabilidad de los resultados obtenidos en los ensayos de control de calidad realizados, particularmente sobre los hormigones de mayor expendio en la zona (H20, H25 y H30), con el fin de introducir mejoras según las condiciones vigentes. Todo ello en función de la aplicabilidad de los diferentes reglamentos de control de calidad. Este estudio abarca particularmente las localidades de Concordia, Chajarí, Federación, San José, Federal en Entre Ríos; Mocoretá y Monte Caseros en el sur de Corrientes. Además, permite vincular el Laboratorio de Tecnología del Hormigón de la Facultad con las industrias productoras de la región, con el objeto de intercambiar saberes e incrementar la confiabilidad en los informes realizados por los proveedores y los laboratorios del control.

Palabras Clave: Hormigón elaborado, Plantas productoras, Controles de calidad, Mesopotamia Argentina, IRAM 1666:2020



Introducción

El laboratorio perteneciente a la Facultad Regional Concordia de la Universidad Tecnológica Nacional (UTN FRCon) ha participado en distintos estudios interlaboratorios junto al Instituto Nacional de Tecnología Industrial (I.N.T.I.) y al Instituto de Cemento Portland (I.C.P.A.) con relación a cementos, bloques de hormigón y calidad de hormigones. Además, posee una extensa base de datos de control de calidad correspondientes a hormigones producidos en la región (Entre Ríos y Corrientes principalmente) así como en provincias cercanas. Siendo una entidad de referencia para la industria de la construcción, principalmente plantas de producción de hormigón y de generación de agregados para hormigón, así como para innumerables empresas constructoras de la región. Es pionero en la zona en la investigación de la durabilidad de hormigones producidos con los agregados de la zona, así como en la caracterización de agregados de la Mesopotamia. Debido a ello, se cuenta con datos fidedignos desde el año 1995, sobre hormigones de distintas calidades empleados en diversas obras.

En los últimos 30 años se observa un incremento del consumo de hormigón, tanto a nivel provincial como nacional y un crecimiento acelerado de la industria del hormigón elaborado en la región Mesopotámica, comenzando a instalarse desde hace un par de décadas distintas plantas de hormigón elaborado en la región. Es por ello que, realizar hormigones de calidad, durables y con bajo costo de mantenimiento es un objetivo primordial.

En Argentina y a nivel mundial, se aplican sistemas de calidad en donde se instrumentan interlaboratorios [1] para evaluar la resistencia a la compresión de hormigón mediante la aplicación de la Norma IRAM 1546 [2]. Esto es debido a que la resistencia a la compresión brinda un panorama general de la calidad del hormigón, por estar directamente relacionada con la estructura de la pasta de cemento.

Los reglamentos de seguridad estructural actualmente deben acompañar el desarrollo de la reglamentación CIRSOC 201:2005 [3] que tiene en cuenta una gran cantidad de cambios, y la nueva Norma IRAM 1666:2020 [4] complementa y contribuye al Reglamento brindando especificaciones para estructuras más seguras y racionales desde el punto de vista de producción, elaboración y economía. De ello se



evidencia que toda empresa u obra en la que se quiera fabricar y despachar Hormigón Elaborado debe cumplir con la normativa vigente y el cliente tiene la capacidad de exigirlo. Quien no cumpla con la nueva IRAM 1666:2020, podrá despachar “alguna mezcla”, pero no hormigón elaborado desde el punto de vista normativo, así mismo quién no haga controles de materias primas, no tenga laboratorio para ensayos de hormigón fresco, no analice estadísticamente los resultados, no posea base de datos confiable no podrá despachar hormigón elaborado. En el marco de este cambio de paradigma respecto a lo que se entiende por hormigón elaborado, se tienen conocimientos insuficientes del estado actual de la producción del hormigón en la región y su grado de aplicabilidad.

En este artículo se presenta un primer resumen de organización, evaluación de los datos y las conclusiones obtenidas, a partir de los ensayos realizados por el laboratorio en conjunto con algunas empresas elaboradoras. Se ha comenzado a trabajar con plantas locales de Concordia y Chajarí, dada la cercanía y el permanente contacto con las mismas. Se tiene por finalidad la idea de ampliar el alcance de esta investigación y sus resultados a la región inmediata ya especificada con anterioridad.

Materiales y métodos

En los interlaboratorios organizados, la preparación de las probetas se realizó con dos hormigones clase resistente H17 y H21, correspondientes a la antigua nomenclatura del reglamento CIRSOC y dos de la tipología contemporánea H25 y H30. Éstas muestras fueron suministrados por empresas proveedoras de hormigón y elaborados en hormigoneras fijas y camiones motohormigoneros. La preparación de las muestras de ensayo se efectuó en cada empresa, a cargo del personal propio.

Los procedimientos para cada pastón se sintetizan a continuación:

- Se especificaron las características generales de la planta elaboradora como ser tipología, marca, modelo, capacidad de mezclado, producción por hora, etc.
- Se indicaron las características del hormigón y luego de descargar 0,25 m³, para minimizar fuentes de dispersión (IRAM 1541) [5], se efectuaron los ensayos de caracterización en estado fresco. Se determinó temperatura ambiente,

temperatura del hormigón (IRAM 1893) [6] y asentamiento (IRAM 1536) [7]. La homogeneidad del pastón se evaluó mediante, la determinación de la densidad del hormigón fresco (IRAM 1562) [8] y del contenido de aire (IRAM 1602-2) [9], lo cual fue opcional.

- Se moldearon 12 probetas cilíndricas de 15 cm de diámetro y 30 cm de altura según norma IRAM 1534 [10] y se les asignó la identificación correspondiente.
- Durante las primeras 24 ± 8 h se almacenaron en el mismo lugar, cubiertas con un film de polietileno, asegurado con una banda elástica con el fin de evitar la pérdida de humedad del hormigón. Luego las empresas las desmoldaron, identificaron y dividieron en dos lotes de seis probetas.
- Dentro de las 48 horas posteriores al desmoldado se procedió a embalar y trasladar uno de los lotes al Laboratorio de Tecnología del Hormigón de la UTN Facultad Regional Concordia tomando las precauciones necesarias, de manera de evitar la pérdida de humedad y los golpes durante el traslado.
- Las probetas moldeadas, fueron curadas en cámaras húmedas hasta los 28 días según la norma IRAM 1534 hasta las fechas de ensayos (7 y 28 días).
- Cumplida la fecha de ensayo, cada laboratorio interviniente ensayó a compresión según lo estipulado en la norma IRAM 1546, con el encabezado normalizado IRAM 1709 [11] e indicando las características de la probeta, altura, determinación de dos diámetros y el promedio, peso, edad de rotura, carga última, resistencia y observaciones.
- Se coordinaron los ensayos en los dos laboratorios para ser realizados al mismo horario. Y, además, cada participante informó las características de la prensa utilizada y estado de constatación y/o verificación de la misma.

Resultados

Se presentan los resultados obtenidos con tres de las primeras empresas intervinientes, a las cuales se les asignó una letra identificadora, con el fin de preservar la identidad. También se informan los porcentajes de las diferencias entre extremos respecto del promedio de las 3 mediciones a cada edad. En la Tabla 1 se presentan las



comparativas en los valores de resistencia obtenidos por la empresa A y el Laboratorio de la UTN FRCon, y sus respectivas diferencias a las dos edades de ensayo.

Es importante aclarar que en todos los casos se cumplió con el criterio del Reglamento CIRSOC 201:2005 [3], 4.1.6.2 que establece que “Se debe adoptar como resultado de un ensayo (f'_{ci}) al valor que se obtiene como promedio de las resistencias de, como mínimo, dos (2) probetas cilíndricas normales, moldeadas con la misma muestra de hormigón y ensayadas a la misma edad. Se debe cumplir que la diferencia entre las resistencias extremas del grupo que constituye cada ensayo, sea menor del 15 % de la resistencia media de las probetas que constituyen el grupo. Si dicho valor resultara mayor, se debe rechazar el ensayo correspondiente y se deben investigar los procedimientos de moldeo, curado y ensayo de las probetas, con el objeto de analizar si los mismos se están realizando en un todo de acuerdo con las normas.” En estos casos la diferencia máxima entre probetas fue del 12 % y la mínima del 1 %.

Tabla 5. Resumen comparativo de las resistencias obtenidas en cada ensayo de un hormigón H17 perteneciente a la empresa A.

Ensayo	Edad [días]	N° de Muestra	Resistencia [MPa]	Promedio [MPa]	Diferencia valores extremos	% respecto del prom. de las 3 med.	Máx.	Mín.	Diferencia [MPa]
UTN FRCon	7	A1	9,9	10,2	1,2	12%	11,0	9,8	2,1
	7	A2	11,0						
	7	A3	9,8						
Empresa A	7	A7	12,0	12,3	0,6	5%	12,6	12,0	
	7	A8	12,4						
	7	A9	12,6						
UTN FRCon	28	A4	17,4	17,9	1,1	6%	18,5	17,4	0,1
	28	A5	17,7						
	28	A6	18,5						
Empresa A	28	A10	17,4	18,0	1,2	7%	18,5	17,4	
	28	A11	18,1						
	28	A12	18,5						

En la Tabla 2 y Tabla 3 se presentan los resultados obtenidos para la empresa B, evaluando un hormigón del tipo H21 y uno H30, respectivamente.



Tabla 6. Resumen comparativo de las resistencias obtenidas en un hormigón H21 perteneciente a la empresa B.

Ensayo	Edad [días]	N° de Muestra	Resistencia [MPa]	Prom. [MPa]	Dif. valores extremos	% respecto del prom. de las 3 med.	Máx.	Mín.	Diferencia [MPa]
UTN FRCon	7	B1	22,1	25,7	1,4	5%	26,3	25,0	3,3
	7	B2	26,3						
	7	B3	25,0						
Empresa B	7	B7	29,0	29,0	0,1	0%	29,0	28,9	
	7	B8	29,0						
	7	B9	28,9						
UTN FRCon	28	B4	32,5	33,5	2,0	6%	34,5	32,5	4,9
	28	B5	33,5						
	28	B6	34,5						
Empresa B	28	B10	37,5	38,3	2,2	6%	39,7	37,5	
	28	B11	37,9						
	28	B12	39,7						

Tabla 7. Resumen comparativo de las resistencias obtenidas en un hormigón H30 perteneciente a la empresa B.

Ensayo	Edad [días]	N° de Muestra	Resistencia [MPa]	Prom. [MPa]	Dif. valores extremos	% respecto del prom. de las 3 med.	Máx.	Mín.	Diferencia [MPa]
UTN FRCon	7	B1	31,2	31,7	0,7	2%	31,9	31,2	4,1
	7	B4	31,8						
	7	B5	31,9						
Empresa B	7	B7	35,7	35,7	0,1	0%	35,8	35,7	
	7	B8	35,8						
UTN FRCon	28	B2	40,0	40,8	2,2	5%	42,2	40,0	
	28	B3	42,2						
	28	B6	40,2						
Empresa B	28	B9	44,7	45,0	0,9	2%	45,6	44,7	
	28	B10	45,6						
	28	B11	45,0						
	28	B12	44,8						

En la Tabla 4 presentan los valores de resistencia obtenidos por la empresa C y sus respectivas diferencias con los resultados del laboratorio de la facultad.



Tabla 8. Resumen comparativo de las resistencias obtenidas en un hormigón H25 perteneciente a la empresa C.

Ensayo	Edad [días]	N° de Muestra	Resistencia [MPa]	Prom. [MPa]	Dif. valores extremos	% respecto del prom. de las 3 med.	Máx.	Mín.	Diferencia [MPa]
Empresa C	7	1	31,9	31,8	3,5	11%	33,5	30,0	4,9
	7	3	30,0						
	7	5	33,5						
UTN FRCon	7	2	18,8	26,9	2,2	8%	28,0	25,9	
	7	6	25,9						
	7	10	28,0						
Empresa C	28	7	39,8	40,1	1,0	2%	40,8	39,8	4,6
	28	9	40,8						
	28	11	39,8						
UTN FRCon	28	4	35,7	35,5	0,9	3%	35,9	35,0	
	28	8	35,9						
	28	12	35,0						

Discusión

Luego de la evaluación de estos primeros resultados, se puede concluir que, los participantes obtuvieron resultados satisfactorios en lo que respecta a la resistencia especificada. Entre los tres laboratorios observados, dos presentan una diferencia de 4MPa en comparación a los resultados obtenidos en el laboratorio de la UTN FRCon y, el restante, exhibe diferencias bajas del orden de 1 a 2 MPa, apreciándose que todos los resultados son sensiblemente mayores a los obtenidos por la facultad.

De los resultados arrojados por los ensayos queda a la vista que las diferencias entre las resistencias obtenidas en cada lote a las dos edades de ensayo a compresión del hormigón son significativas para resistencias superiores a 20 MPa, principalmente a la edad de diseño de 28 días. Esto puede deberse al accionamiento de la prensa hidráulica y velocidad de carga, ya que todos los laboratorios participantes poseen una máquina de ensayo que no cuenta con un control automático de la velocidad de carga.

Con respecto a la máquina de ensayo no fue solicitado el tipo de accionamiento de la misma, es decir si es manual o eléctrica. La norma IRAM 1546:2013 Mod. N° 1: 2017, 3.1.1 “Sistema de regulación de aplicación de cargas” establece como requisito que “la máquina debe proveer un sistema de regulación de aplicación de cargas tal, que éstas puedan aumentarse en forma continua y sin saltos bruscos entre los límites indicados



en 5.2.1". Esto indicaría que una máquina de accionamiento manual no cumpliría con dicho requerimiento sin embargo no se encuentra explícito.

Para la medición del diámetro y la altura de las probetas los laboratorios informan el uso de regla metálica de 40 cm. Destacamos que la totalidad de las muestras fueron reportadas como satisfactorias en lo que respecta a su estado general. Cabe aclarar que no se solicitó la información sobre el tipo de verificación que realiza cada laboratorio sobre los cabezales de neoprene como así tampoco la verificación de los aros de retención.

Conclusiones

Si bien estos son los primeros resultados obtenidos, el desarrollo de estos ensayos de interlaboratorio se desarrollaron en un clima de entusiasmo y colaboración, permitiendo a los participantes demostrar su aptitud técnica, comparar resultados con sus pares, disminuir la incertidumbre, mejorar las mediciones realizadas y evaluar sus métodos de medición y calibración.

En función de los valores determinados en los ensayos de resistencia a la compresión de probetas, se concluye que todos los participantes en todos los ensayos obtuvieron resultados aceptables en lo que respecta a su resistencia de diseño.

A partir del análisis comparativo de los resultados obtenidos por las empresas elaboradoras y el laboratorio de la UTN FRCon, se concluye que todos los participantes en todos los ensayos obtuvieron resultados sensiblemente superiores a los determinados por el laboratorio de la facultad. Esto puede atribuir al empleo generalizado de prensas hidráulicas manuales y de una máquina de ensayo automática por parte del laboratorio de la institución académica.

Se considera relevante la continuidad y el apoyo de las empresas del medio para reeditar este tipo de procedimientos e instalarlo como práctica rutinaria para el monitoreo de la competencia de los laboratorios, la detección de los factores que más inciden en los resultados, la evaluación interna de las capacidades técnicas y ofreciendo una garantía de confianza adicional a los usuarios. Fomentando la



vinculación del Laboratorio de Tecnología del Hormigón de la Facultad con las industrias productoras de la región.

Agradecimiento.

Agradecemos la colaboración de los investigadores Gonzalo Caballero y Leonardo Voscoboinik, los alumnos becarios Schirley Cornaló, Mariana Panozzo Zenere, así como al encargado de Laboratorio de Tecnología del Hormigón de la UTN-Concordia.

Agradecemos también a las empresas participantes por su colaboración y predisposición.

Referencias

- [1] INTI, “Rotura a la compresión de probetas de hormigón PRO-03/2019”. Disponible on line en: www.inti.gov.ar/areas/metrologia-y-calidad/interlaboratorios.
- [2] Norma IRAM 1546. “Hormigón de Cemento. Método de ensayo a compresión”, (2013).
- [3] Reglamento Argentino de Estructuras de Hormigón. CIRSOC 201:2005.
- [4] Norma IRAM 1666. “Hormigón elaborado. Requisitos y control de la producción”, (2020).
- [5] Norma IRAM 1541. “Hormigón de cemento pórtland. Hormigón fresco. Muestreo”, (2020).
- [6] Norma IRAM 1893. “Hormigón de cemento. Método de ensayo para la determinación de la temperatura del hormigón en estado fresco.”, (2018).
- [7] Norma IRAM 1536. “Hormigón de cemento pórtland. Método de ensayo de la consistencia utilizando el tronco de cono”, (1978).
- [8] Norma IRAM 1562. “Hormigón fresco de cemento. Método para la determinación de la densidad (masa de la unidad de volumen) y el cálculo del rendimiento y del contenido de aire (gravimétrico).”, (2012).
- [9] Norma IRAM 1602-2. “Hormigón de cemento pórtland. Método por presión para la determinación del contenido de aire en mezclas frescas de hormigones y morteros. Método B.”, (1988).
- [10] Norma IRAM 1534. “Hormigón de cemento pórtland. Preparación y curado de probetas para ensayos en laboratorio”, (2004).