

# INTERLABORATORIO ENSAYO A COMPRESION DE PROBETAS DE HORMIGON: SU CONTINUIDAD EN EL TIEMPO

A. Benítez<sup>(1)</sup>, A. Castro<sup>(2)</sup>, F. Perrone<sup>(3)</sup>, D. Rodríguez Ierace<sup>(2)</sup>, A. Ruiz<sup>(1)</sup>

aruz@inti.gob.ar

<sup>(1)</sup>Dirección Técnica Tecnología del Hormigón y Aglomerantes - INTI,

<sup>(2)</sup>Servicio Argentino de Interlaboratorios - INTI,

<sup>(3)</sup>Asociación Argentina de Tecnología del Hormigón (AATH)

Palabras Clave: Comparaciones; Ensayo; Compresión; Laboratorios; Competencia; Calidad

## INTRODUCCIÓN

La resistencia a compresión de probetas de hormigón según la norma IRAM 1546 es el parámetro más utilizado como metodología de control de calidad del hormigón.

Debido a las exigencias de entidades regulatorias y usuarios en general, se requiere que los laboratorios de ensayo puedan demostrar la confiabilidad de sus resultados siendo también una herramienta dentro de un sistema de gestión ISO/IEC 17025:2017.

Con el objeto de incrementar la participación de laboratorios privados, estatales y empresas elaboradoras de hormigón, en 2019 se firmó un acuerdo de cooperación entre el INTI y la AATH, para el desarrollo y promoción de interlaboratorios referidos a hormigones mediante un plan de trabajo conjunto.

## OBJETIVOS

Describir la organización, la metodología, la estadística para la evaluación de los datos y las conclusiones obtenidas en el último programa y en anteriores experiencias.

Exponer la importancia del trabajo sinérgico entre la AATH y el INTI que contribuir a la implementación de la calidad y mejora de la seguridad de las construcciones civiles.

## DESARROLLO

Todos los programas realizados contaron con la participación de laboratorios del ámbito nacional e internacional, universitarios (42%), empresas elaboradoras de hormigón/centros técnicos de fábricas de cemento (35%) y proveedores de este ensayo tanto estatales como privados (24%).

La preparación de las probetas se realizó en el Departamento Tecnología del Hormigón con hormigones clase resistente H30 y asentamiento 15 cm, provistos por elaboradoras de hormigón.

Previamente al inicio de las operaciones, se efectuó el descarte de 250 dm<sup>3</sup> de hormigón, para minimizar fuentes de dispersión.

Luego se efectuaron dos descargas en bandejas metálicas humedecidas, tomando en cada caso una muestra para efectuar los ensayos en estado fresco, según las normas respectivas y para proceder al llenado y compactación de los moldes cilíndricos de 150x300 mm y de 100x200 mm según norma IRAM 1534. Las probetas fueron curadas hasta los 28 días, medidas, observando su aspecto, embaladas y retiradas por los participantes para ser ensayadas a los 35 días. También se evaluó la homogeneidad en estado fresco y endurecido según IRAM 1876 y 1546 respectivamente siendo éstas satisfactorias.

## RESULTADOS

Para calcular el valor medio interlaboratorio se calculó un promedio robusto de los resultados informados por los participantes y se estimó la desviación estándar interlaboratorio robusta ( $s^*$ ) utilizando el Algoritmo A que se describe en la norma ISO 5725 (1994) Parte 5 [1]. La incertidumbre del valor asignado es  $u_x = 1,25 \cdot s^* / \sqrt{p}$ , donde  $p$  es el número de participantes.

El análisis estadístico con los valores de todos los participantes en general, los obtenidos con mortero de azufre según norma IRAM 1553 [2] y con placas de elastómero no adheridas según norma IRAM 1709, pueden observarse en la Tabla 1 y la distribución de los datos informados en la Figura 1.

**Tabla 1: Resultados resistencia a la compresión**

| Tipo de tratamiento bases | % casos | Valor medio interlab. [MPa] | Desviación estándar interlab [MPa] | Desviación estándar relativa [%] | Incertidumbre Valor medio interlaboratorio [MPa] |
|---------------------------|---------|-----------------------------|------------------------------------|----------------------------------|--|
| Todos                     | 100     | 39,4                        | 1,3                                | 3,4                              | 0,8  |
| Mortero de azufre         | 21      | 38,8                        | 1,1                                | 3,0                              | 1,4  |
| Placas de elastómero      | 79      | 39,7                        | 1,4                                | 3,6                              | 0,9  |

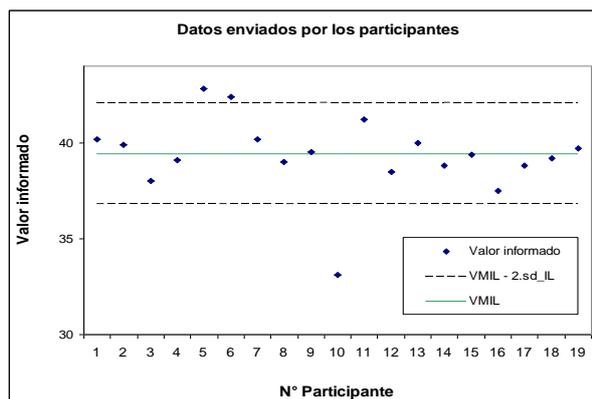


Figura 1: Distribución de datos de los participantes

La evaluación del desempeño de los participantes se realizó utilizando el cálculo del parámetro “z”, definido de la siguiente manera:

$$z = (x - x_{ref}) / s^*$$

Donde:

- x: promedio para cada laboratorio,
- x<sub>ref</sub>: valor de consenso asignado al parámetro,
- s\*: desviación estándar de reproducibilidad entre laboratorios.

La calificación del desempeño según el criterio del “parámetro z” es satisfactorio si | z | < 2, cuestionable si 2 < | z | < 3 y no satisfactorio si | z | > 3.

### DISCUSIÓN

Luego de la evaluación mediante “z”, se puede concluir que, con excepción de tres participantes del ejercicio 2019, los laboratorios obtuvieron resultados satisfactorios, dos con un desempeño “cuestionable” y uno ‘no satisfactorio’.

Cabe aclarar que se cumplió con el criterio del Reglamento CIRSOC 201:2005 [15], 4.1.6.2 que establece que la diferencia entre las resistencias extremas del grupo de probetas que constituye cada ensayo, sea menor del 15 % del promedio. Si resultara mayor, se debe rechazar el ensayo y se deben investigar el método de moldeo, curado y ensayo de las probetas. En este caso la diferencia máxima entre probetas fue 10 % y la mínima 1 %.

Se evaluó el modo de rotura en cada probeta calculando los porcentajes, discriminando además por tipo de preparación de las bases. El 56 % de los laboratorios que ensayaron con placas de elastómero no adheridas informaron un tipo de rotura N° 5 y el 31 % Tipo N° 2. En el caso de mortero de azufre el 50 % presentó rotura Tipo N° 2, el 25 % Tipo N° 1 y el restante 25 % Tipo N° 4.

Se analizaron otros parámetros indicados por la norma como de verificación de planitud y perpendicularidad, espesor, calidad del mortero

de azufre, calibración de prensa, velocidad de carga automática o manual entre otros.

Como valor agregado se realizó un análisis de los resultados de los últimos 6 ejercicios y su evolución con el objeto de establecer un plano de referencia mínimo para futuros programas. Se detectó que el 89% de los participantes tuvo un resultado calificado como “satisfactorio”, lo cual marca un nivel de desempeño aceptable. Con cada ejercicio se fue perfeccionando la información y técnicas de evaluación, pudiendo observar parámetros con variabilidad de bajo impacto en los resultados y destacando necesidades de estandarización como la incorporación de tipos de rotura.

### CONCLUSIONES

Los ejercicios históricos de ensayos de interlaboratorio a compresión realizados demuestran un alto nivel de cumplimiento en relación a la competencia técnica para la realización de los ensayos que permiten a su vez detectar casos de calificaciones cuestionables o no satisfactorios.

La metodología resulta válida y práctica para lograr una primera evaluación de capacidad que sirva como antecedente a futuras acreditaciones/certificaciones a implementar en la industria, tanto para laboratorios que realicen este ensayo a solicitud, como para empresas que realicen el autocontrol según la normativa vigente tales como la Norma IRAM 1666 de Hormigón Elaborado y el Reglamento de estructuras de Hormigón CIRSOC 201:2005.

Se considera relevante la continuidad y el apoyo de las empresas del medio para reeditar este programa e instalarlo como práctica 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, en beneficio mutuo con la industria del hormigón elaborado.

A partir de esta primera colaboración entre la AATH y el INTI, se expandió el ejercicio a un mayor número de participantes en 2022 actualmente en curso.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Norma ISO 5725-5:1994. Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results). Part 5: Alternative methods for the determination of the precision of standard measurement method.
- [2] INTI SAI, “Ensayo de aptitud “Rotura a la compresión de probetas de hormigón” PRO-03/2019 Informe final”, Buenos Aires, Junio, 2020