



Líderes en
Innovación y
Transferencia
Tecnológica



Programa Interlaboratorio de Cementos de Uso General Informe técnico

Año 2023

Preparó: Matías Camueira

Revisó: Daiana Festa

Aprobó: Damián Altgelt

Estado: FINAL

Fecha de emisión: 31 / 05 / 2024

Cantidad de hojas del informe: 60 (sesenta)

ÍNDICE

INFORME	4
1. Objetivo	4
2. Participantes	4
2.1 Nómina	4
2.2 Identificación	6
3. Materiales empleados	6
4. Preparación y distribución de las muestras de ensayo	6
5. Análisis estadístico y determinación del valor asignado y desviación estándar interlaboratorio	7
6. Resultados	7
6.1. Análisis químico	8
6.1.1. Pérdida por calcinación	8
6.1.2. Dióxido de silicio (SiO ₂)	10
6.1.3. Óxido de aluminio (Al ₂ O ₃)	12
6.1.4. Óxido férrico (Fe ₂ O ₃)	14
6.1.5. Óxido de calcio (CaO)	16
6.1.6. Óxido de magnesio (MgO)	18
6.1.7. Trióxido de azufre (SO ₃)	20
6.1.8. Cal libre (CaO)	22
6.1.9. Residuo insoluble	23
6.1.10. Óxido de sodio (Na ₂ O)	25
6.1.11. Óxido de potasio (K ₂ O)	26
6.1.12. Cloruro (Cl)	28
6.1.13. Sulfuro	29
6.1.14. Calor de hidratación a 41 horas	30
6.1.15. Calor de hidratación a 7 días	30
6.2. Ensayos físicos	31
6.2.1. Densidad	31
6.2.2. Finura. Superficie específica por el método Blaine	32
6.2.3. Agua para pasta de consistencia normal	34
6.2.4. Tiempo de fraguado inicial	35
6.2.5. Expansión en autoclave	37
6.2.6. Finura. Material retenido en tamiz IRAM 75 µm	38
6.2.7. Finura. Material retenido en tamiz IRAM 45 µm	40
6.2.8. Granulometría por difracción láser	41
6.3. Ensayos mecánicos	43
6.3.1. Masa promedio de las probetas a 2 días	43
6.3.2. Masa promedio de las probetas a 28 días	45
6.3.3. Resistencia a compresión a 2 días	46
6.3.4. Resistencia a compresión a 28 días	48
7. Conclusiones	49

8. Referencias bibliográficas	49
ANEXOS	52
ANEXO 1	52
ANEXO 2	55
ANEXO 3	59
ANEXO 4	60

INFORME

1. Objetivo

Los ejercicios interlaboratorio permiten a los participantes evaluar su desempeño técnico y demostrar la confiabilidad y consistencia de sus resultados por comparación con los obtenidos por otros laboratorios sobre muestras semejantes, y determinar, cuando sea pertinente, la necesidad de adoptar mejoras en los procedimientos y métodos de ensayo, los insumos y el instrumental que utilizan, y la actuación técnica de sus operadores. Asimismo, proporcionan evidencia objetiva de su desempeño con fines de acreditación.

Usualmente, la participación en programas interlaboratorio forma parte del Sistema de Gestión de la Calidad de los participantes, y constituye una herramienta para promover la mejora integral de sus procesos, así como del conocimiento técnico-científico del material.

2. Participantes

2.1 Nómina

En este ejercicio participaron 32 laboratorios (25 de Argentina, 2 de Brasil, 1 de Perú y 4 de Uruguay), según el siguiente detalle:

- **Argentina**

CEMENTOS AVELLANEDA S.A.

Planta San Luis
La Calera, Belgrano, Provincia de San Luis

CEMENTOS AVELLANEDA S.A.

Planta San Jacinto
Olavarría, Provincia de Buenos Aires

**CONTROL Y DESARROLLO DE
HORMIGONES S.A.**

CDH SA
Godoy Cruz, Provincia de Mendoza

**CINTEMAC - CENTRO DE INVESTIGACIÓN,
DESARROLLO Y TRANSFERENCIA EN
MATERIALES Y CALIDAD**

Laboratorio de Materiales. Universidad
Tecnológica Nacional, F.R. Córdoba
Córdoba, Provincia de Córdoba

DIRECCIÓN NACIONAL DE VIALIDAD

Laboratorio Regional NEA. 10° Distrito
Corrientes
Corrientes, Provincia de Corrientes

HOLCIM (ARGENTINA) S.A.

Centro de Desarrollo e Innovación CDi
Laboratorio de Aplicaciones
Malagueño, Provincia de Córdoba

HOLCIM (ARGENTINA) S.A.

Planta Campana
Campana, Provincia de Buenos Aires

HOLCIM (ARGENTINA) S.A.

Planta Capdeville
Capdeville, Las Heras, Provincia de Mendoza

HOLCIM (ARGENTINA) S.A.

Planta Malagueño
Malagueño, Provincia de Córdoba

HOLCIM (ARGENTINA) S.A.

Planta Puesto Viejo
Puesto Viejo, Provincia de Jujuy

**INSTITUTO DE MECÁNICA APLICADA Y
ESTRUCTURAS (IMAE)**

Laboratorio de Tecnología de Materiales.
Universidad Nacional de Rosario
Rosario, Provincia de Santa Fe

**INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGÍA
INDUSTRIAL (INTI)**

Dir. Téc. Tecnología del Hormigón y
Aglomerantes (Dptos. Tecnología del Hormigón,
y Desempeño y Control de Aglomerantes), y
Dpto. Compuestos y Productos Inorgánicos
San Martín, Provincia de Buenos Aires

LOMA NEGRA C.I.A.S.A.

Planta Barker
Benito Juárez, Provincia de Buenos Aires

LOMA NEGRA C.I.A.S.A.

Planta Catamarca
El Alto, La Calera, Provincia de Catamarca

- **Argentina** (continuación)

LOMA NEGRA C.I.A.S.A.

Planta L'Amalí
Olavarría, Provincia de Buenos Aires

LOMA NEGRA C.I.A.S.A.

Planta LomaSer
Vicente Casares, Provincia de Buenos Aires

LOMA NEGRA C.I.A.S.A.

Planta Olavarría
Olavarría, Provincia de Buenos Aires

LOMA NEGRA C.I.A.S.A.

Planta Ramallo
Ramallo, Provincia de Buenos Aires

LOMA NEGRA C.I.A.S.A.

Planta San Juan
Rivadavia, Provincia de San Juan

LOMA NEGRA C.I.A.S.A.

Planta Zapala
Zapala, Provincia de Neuquén

MAPEI ARGENTINA S.A.

Laboratorio Concrete – CADD
Belén de Escobar, Provincia de Buenos Aires

PCR S.A.

Planta Comodoro Rivadavia
Comodoro Rivadavia, Provincia de Chubut

PCR S.A.

Planta Pico Truncado
Pico Truncado, Provincia de Santa Cruz

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DE
LA PROV. DE BUENOS AIRES**

Facultad de Ingeniería Olavarría
Laboratorio de Materiales
Olavarría, Provincia de Buenos Aires

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA.
FACULTAD DE INGENIERÍA**

Unidad de Investigación y Desarrollo en
Ingeniería Civil (UIDIC). Laboratorio de
Cementos
La Plata, Provincia de Buenos Aires

- **Brasil**

GCP APPLIED TECHNOLOGIES

GCP-Sorocaba
Sorocaba, São Paulo

INTERCEMENT BRASIL S.A.

LCGIC - Laboratório Central Grupo Intercement
Nova Santa Rita, Río Grande do Sul

- **Perú**

**CIA MINERA AGREGADOS CALCAREOS S.A.
(COMACSA)**

Los Olivos, Lima

- **Uruguay**

**ANCAP - ADMINISTRACIÓN NACIONAL DE
COMBUSTIBLES, ALCOHOL Y PORTLAND**

Planta Minas
Minas, Departamento de Lavalleja

CEMENTOS ARTIGAS S.A.

Planta Minas
Minas, Departamento de Lavalleja

**ANCAP - ADMINISTRACIÓN NACIONAL DE
COMBUSTIBLES, ALCOHOL Y PORTLAND**

Planta Paysandú
Paysandú, Departamento de Paysandú

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA.
FACULTAD DE INGENIERÍA**

Instituto de Ensayo de Materiales
Departamento de Montevideo

2.2 Identificación

Para referenciar en este informe los resultados aportados por cada participante, los laboratorios fueron identificados con una designación alfanumérica del tipo "Lab #". La misma fue establecida en forma aleatoria y con reserva de confidencialidad.

3. Materiales empleados

Se empleó un Cemento Portland Compuesto (CPC) categoría 40 de acuerdo con la norma IRAM 50.000 (1), de expedición a granel, provisto por una fábrica radicada en la República Argentina.

La muestra fue obtenida de un único lote de producción por el personal de la planta, y fue remitida a la sede de ICPA en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires como carga consolidada, sellada y protegida contra la acción de la humedad. La organización del programa interlaboratorio conserva en sus registros internos los datos relativos al origen, marca comercial, fecha y código de envasado del cemento, que no se detallan en este informe por razones de confidencialidad.

Para la evaluación de resistencias mecánicas con el procedimiento de ensayo definido en la IRAM 1622 (2), EN 196-1 (3) o ISO 679 (4) se empleó arena CEN Normesand EN según normas EN 196-1 (3) e IRAM 1633 (5). Esta arena fue provista por cada laboratorio, a excepción de aquellos que solicitaron su provisión a la Organización del programa interlaboratorio.

4. Preparación y distribución de las muestras de ensayo

En cada instancia y en todo momento, el material fue mantenido a resguardo por personal de ICPA en su sede de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, en sus envases originales.

Durante su almacenamiento, el cemento fue dispuesto sobre una tarima de madera, en un ambiente seco, templado y al resguardo de la humedad, manteniendo una separación mínima de 10 cm con respecto al piso y los paramentos laterales.

La homogeneización del material se realizó de acuerdo con los lineamientos de la norma UNE EN 196-7 (6), con una instancia mecánica seguida por otra de tipo manual.

Para la homogeneización mecánica se empleó un mezclador "por volteo" o "gravedad", limpio, seco y sin restos de material pulverulento, en un procedimiento secuencial de 2 etapas de accionamiento y un intervalo de reposo. Para asegurar la hermeticidad del tambor de homogeneizado se colocó un film de polietileno en la abertura de carga, firmemente ajustado al contorno. Para la homogeneización manual, el material se dispuso sobre un film de polietileno de 200 µm de espesor nominal, y se emplearon palas de mano metálicas, limpias y secas.

El material de ensayo fue segregado en distintas muestras mediante llenado secuencial, obtenido de distintos puntos de la pila seleccionados al azar. Se utilizaron bolsas plásticas de 100 µm de espesor nominal y recipientes plásticos rígidos como envases primarios y secundarios respectivamente, para su conservación y distribución hacia los respectivos participantes.

Cada muestra de ensayo fue compuesta por una submuestra de 7 kg de cemento para los ensayos físicos y mecánicos (identificada como "FM"), y otra adicional de 2 kg para los ensayos químicos (identificada como "Q"). Ambas submuestras se dispusieron en el interior de una bolsa plástica de 100 µm de espesor nominal, junto con las cargas de arena normalizada en el caso de los participantes que solicitaron su provisión, dentro de los recipientes herméticos de plástico rígido.

Para verificar las condiciones de homogeneidad y estabilidad de las muestras se efectuó un procedimiento de muestreo y ensayo de acuerdo con lo establecido en la norma ISO 13528 (7). En los ANEXOS 3 y 4 se detalla el plan de muestreo, los ensayos realizados, los resultados obtenidos y las conclusiones.

De acuerdo con lo solicitado oportunamente por cada participante, las muestras fueron entregadas en la sede de ICPA a un representante del participante, o enviadas a través de un servicio de entrega a domicilio subcontratado por ICPA (FedEx, TNT Express by FedEx o DHL).

El período de ensayo para los participantes comenzó el 4 de diciembre de 2023, y el período de recepción de resultados se extendió hasta el 25 de marzo de 2024.

5. Análisis estadístico y determinación del valor asignado y desviación estándar interlaboratorio

El procedimiento de análisis estadístico de resultados se desarrolló de acuerdo con los criterios contemplados en la norma ISO 13528 (7), ejecutando, en resumen, los siguientes pasos:

- (a) Transcripción y análisis preliminar de los datos, segmentándolos en grupos de acuerdo con los métodos de ensayo utilizados por los participantes, e identificando en cada caso los resultados marcadamente apartados del resto.
- (b) Análisis de resultados para detección de casos de comportamiento multimodal.
- (c) Determinación del valor asignado y la desviación estándar interlaboratorio para cada determinación, adoptándose los mismos como la media robusta y el desvío estándar robusto de los datos, respectivamente, según el algoritmo A de la norma ISO 13528 (7).
- (d) Identificación de resultados “atípicos” en función a su apartamiento con respecto al valor asignado (Z-Score mayor a 3 -cálculo según Anexo 2-)

NOTA. Para las determinaciones en las que la cantidad de datos fue reducida, el valor asignado y la desviación estándar interlaboratorio fueron determinados, respectivamente, como la media aritmética y la desvío estándar de los resultados disponibles, luego de aplicar la prueba de Grubbs para detectar valores atípicos (según norma ISO 5725-2 (8)) con el siguiente criterio:

- Si el resultado de la prueba es menor o igual al valor crítico para un nivel de significancia del 5 %, el valor evaluado se acepta sin observaciones.
- Si el resultado de la prueba es mayor que el valor crítico relativo al nivel de significancia del 5 %, y es menor o igual al correspondiente al 2 % de nivel de significancia, el valor se considera “observado”.
- Si el resultado de la prueba estadística es mayor que el valor crítico relativo al nivel de significancia del 2 %, el valor se considera “atípico” y se desestima para el cálculo de los estadísticos muestrales de la determinación en análisis.

- (e) Cálculo del coeficiente de variación y la incertidumbre de medida del valor asignado.
- (f) Cálculo del estadístico de desempeño Z-Score para cada resultado informado.
- (g) Representación gráfica de los resultados.

6. Resultados

Seguidamente se presentan los parámetros estadísticos calculados sobre los resultados informados para cada determinación, y los respectivos gráficos de análisis. Asimismo se incluyen histogramas de frecuencias con los resultados informados por los participantes, de tipo simple o con agrupación de datos para los métodos de ensayo predominantes, sin incluir los datos que se identificaron como marcadamente apartados del conjunto general según el inciso a) del punto 5 del presente informe.

En aquellas determinaciones en las que los participantes utilizaron métodos de ensayos distintos se ofrece además información desagregada respecto a los valores promedio, desvío estándar y coeficientes de variación de los resultados.

En el ANEXO 1 se incluye el detalle completo de los resultados informados por los participantes, mientras que en el ANEXO 2 se presentan los resultados del parámetro “Z-Score” calculado para cada participante y para cada determinación.

Este informe omite la indicación del método de ensayo que utilizó cada participante en cada determinación, dado que, en ciertos casos, ello podría inducir a la identificación de los participantes y así afectar el criterio de confidencialidad. Sin perjuicio de lo anterior, sí se incluye junto con los estadísticos generales de cada determinación una enumeración de los métodos referenciados por los participantes.

6.1. Análisis químico

6.1.1. Pérdida por calcinación

Cantidad de resultados	23 (*)	
Media aritmética	4,27	%
Máximo	4,44	
Mínimo	3,96	
Valor asignado (x_{pt})	4,27	
Desviación estándar interlaboratorio (σ_{pt})	0,05	
Coefficiente de Variación (CV)	1,1	
Incertidumbre del valor asignado ($u(x_{pt})$)	0,01	

(*) Métodos de ensayo: IRAM 1504 (9), IRAM 1591-1 (10), ASTM C114 (11), NM18 (12).

Valores “Atípicos”		
Laboratorio L05	4,43	%
Laboratorio L08	3,96	
Laboratorio L20	4,44	

Gráfico Nº 1. Pérdida por calcinación. Histograma de frecuencias

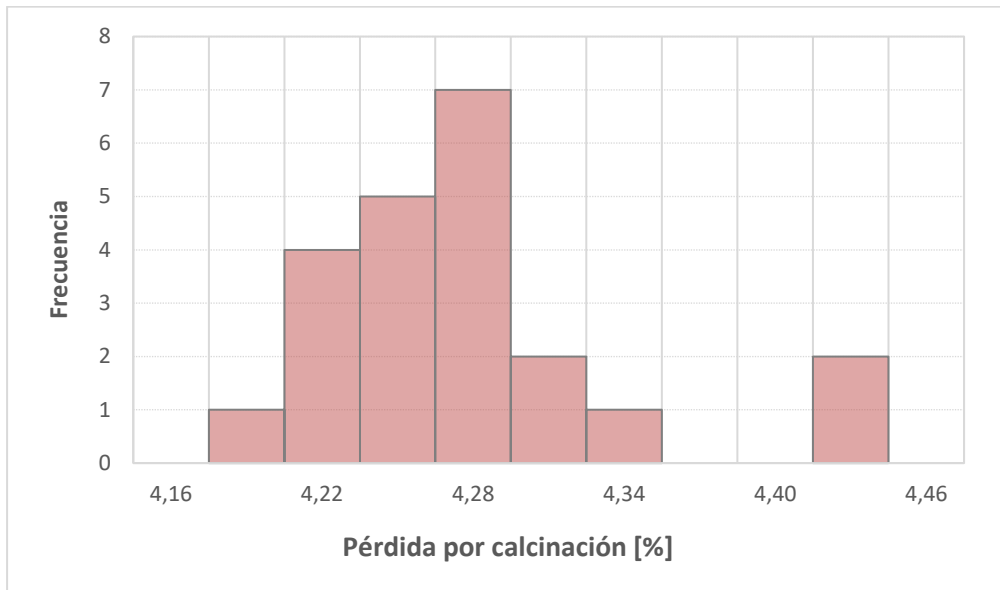
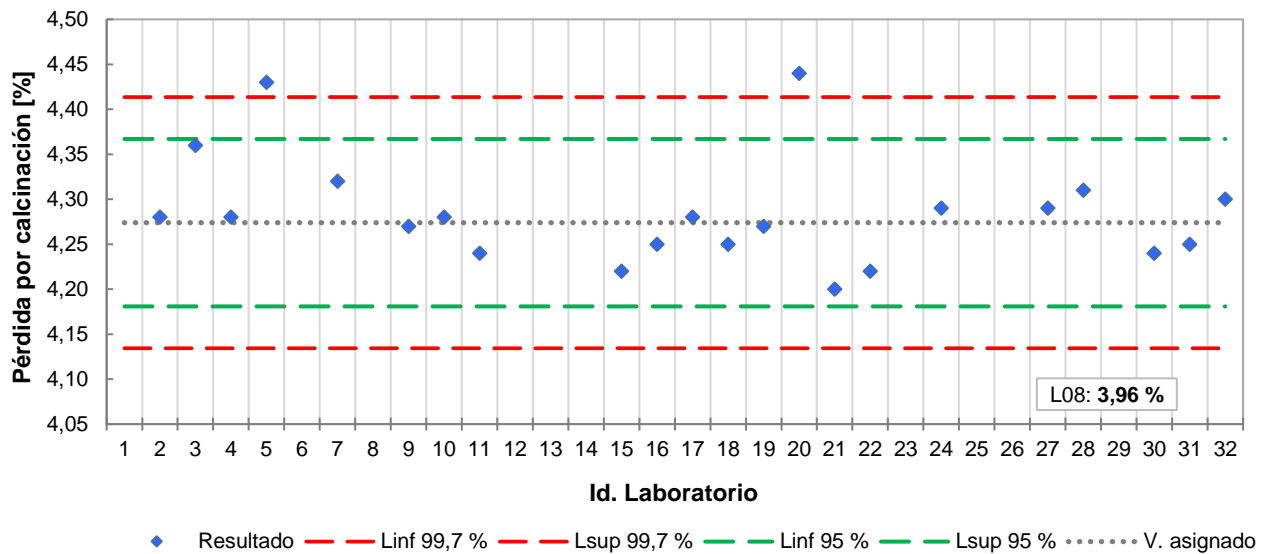


Gráfico Nº 2. Pérdida por calcinación, en gramos por 100 gramos (%)



6.1.2. Dióxido de silicio (SiO₂)

Cantidad de resultados	21 (*)	
Media aritmética	21,57	%
Máximo	21,90	
Mínimo	20,81	
Valor asignado (x_{pt})	21,63	
Desviación estándar interlaboratorio (σ_{pt})	0,13	
Coeficiente de Variación (CV)	0,6	
Incertidumbre del valor asignado (u(x_{pt}))	0,04	

(*) Métodos de ensayo: IRAM 1504 (9), ASTM C114 (11), IRAM 1714 (13), ISO 29581-2 (14), EN 196-2 (FX) (15), Fluorescencia de rayos X.

Valores "Atípicos"		
Laboratorio L05	21,07	%
Laboratorio L20	20,81	

Análisis por métodos de ensayo informados por los participantes (sin considerar atípicos)				
Método	Promedio	Desvío Estándar	Coef. Variación	Cant. de resultados
IRAM 1504, ASTM C114	21,52 %	0,18 %	0,8 %	3
EN 196-2 (FX), IRAM 1714, ISO 29581-2, Fluorescencia de rayos X	21,66 %	0,14 %	0,7 %	16

Gráfico N° 3. Dióxido de silicio. Histograma de frecuencias

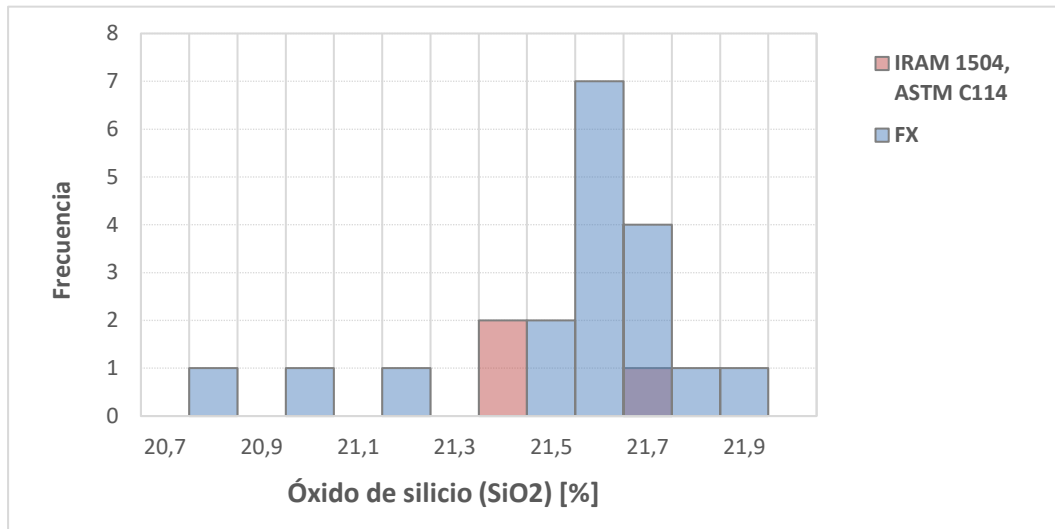
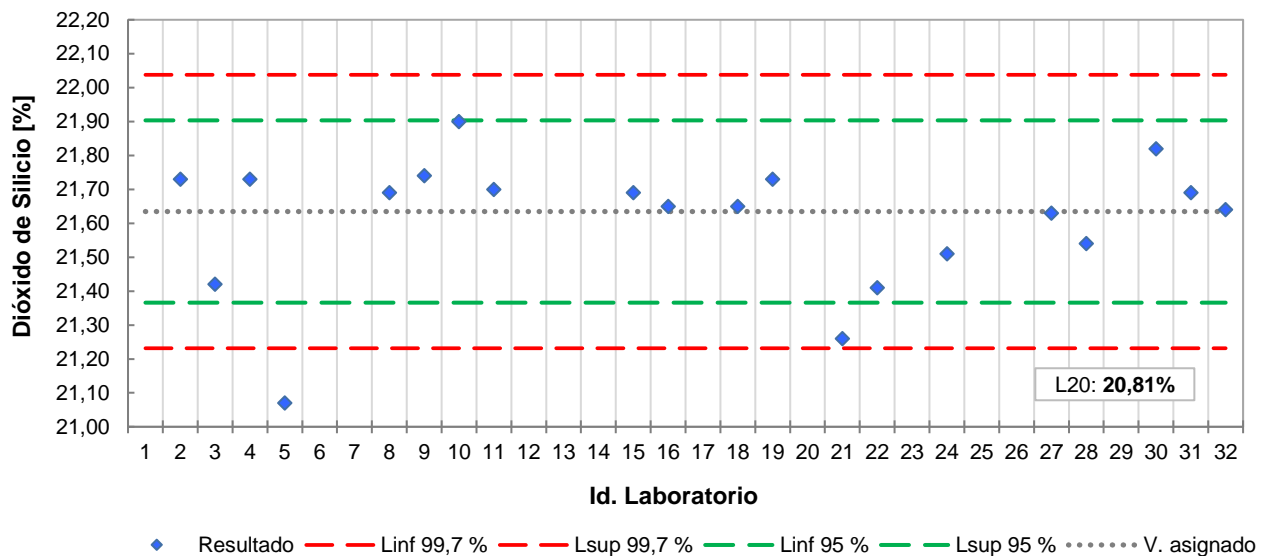


Gráfico N° 4. Dióxido de silicio, en gramos por 100 gramos (%)



6.1.3. Óxido de aluminio (Al_2O_3)

Cantidad de resultados	22 (*)	
Media aritmética	5,02	%
Máximo	5,72	
Mínimo	4,89	
Valor asignado (x_{pt})	4,99	
Desviación estándar interlaboratorio (σ_{pt})	0,04	
Coeficiente de Variación (CV)	0,9	
Incertidumbre del valor asignado ($u(x_{pt})$)	0,01	

(*) Métodos de ensayo: IRAM 1504 (9), IRAM 1591-1 (10), ASTM C114 (11), IRAM 1714 (13), ISO 29581-2 (14), EN 196-2 (FX) (15), Fluorescencia de rayos X.

Valores "Atípicos"		
Laboratorio L17	5,72	%

Análisis por métodos de ensayo informados por los participantes (sin considerar atípicos)				
Método	Promedio	Desvío Estándar	Coef. Variación	Cant. de resultados
IRAM 1504, ASTM C114, IRAM 1591-1	4,93 %	0,03 %	0,6 %	3
EN 196-2 (FX), IRAM 1714, ISO 29581-2, Fluorescencia de rayos X	5,00 %	0,05 %	1,0 %	18

Gráfico Nº 5. Óxido de aluminio. Histograma de frecuencias

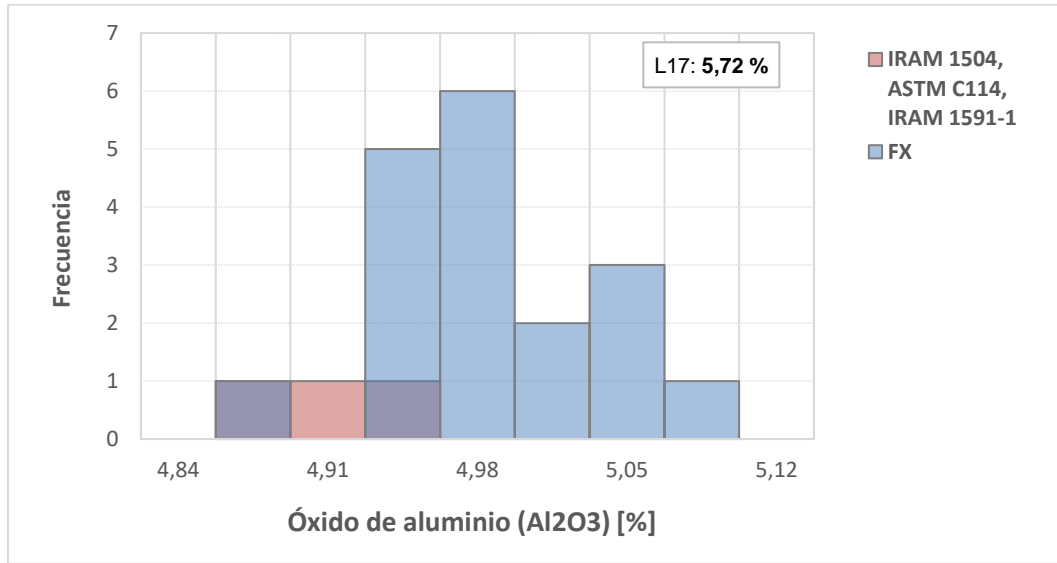
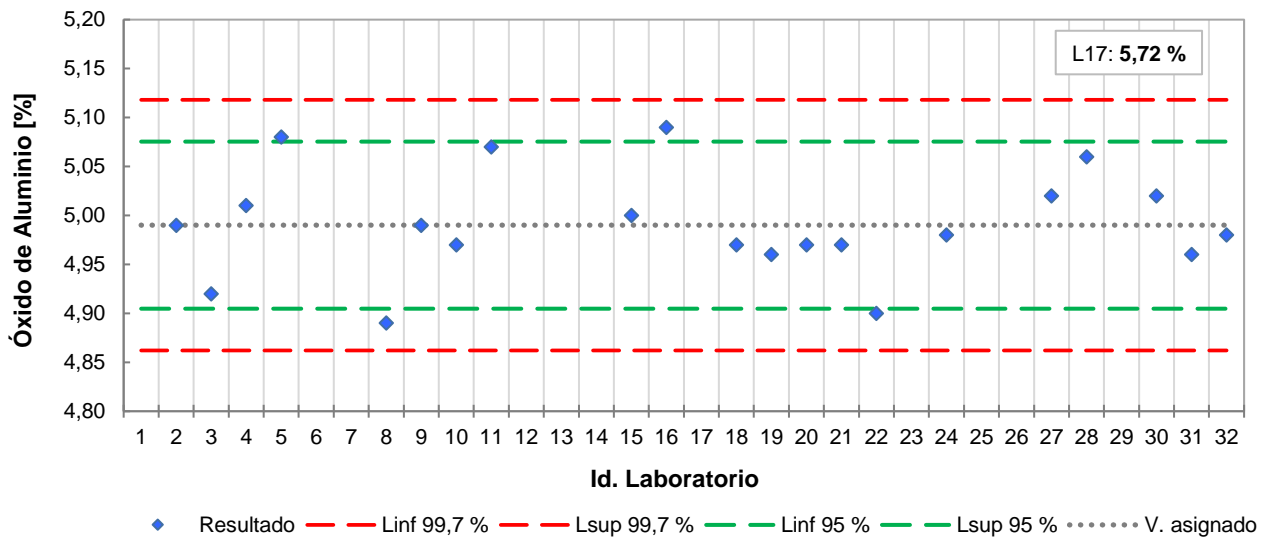


Gráfico Nº 6. Óxido de aluminio, en gramos por 100 gramos (%)



6.1.4. Óxido férrico (Fe_2O_3)

Cantidad de resultados	22 (*)	
Media aritmética	3,66	%
Máximo	3,78	
Mínimo	3,31	
Valor asignado (x_{pt})	3,67	
Desviación estándar interlaboratorio (σ_{pt})	0,08	
Coeficiente de Variación (CV)	2,1	
Incertidumbre del valor asignado ($u(x_{pt})$)	0,02	

(*) Métodos de ensayo: IRAM 1504 (9), IRAM 1591-1 (10), ASTM C114 (11), IRAM 1714 (13), ISO 29581-2 (14), EN 196-2 (FX) (15), Fluorescencia de rayos X.

Valores "Atípicos"		
Laboratorio L17	3,31	%

Análisis por métodos de ensayo informados por los participantes (sin considerar atípicos)				
Método	Promedio	Desvío Estándar	Coef. Variación	Cant. de resultados
IRAM 1504, ASTM C114, IRAM 1591-1	3,72 %	0,05 %	1,2 %	3
EN 196-2 (FX), IRAM 1714, ISO 29581-2, Fluorescencia de rayos X	3,66 %	0,07 %	2,0 %	18

Gráfico Nº 7. Óxido férrico. Histograma de frecuencias

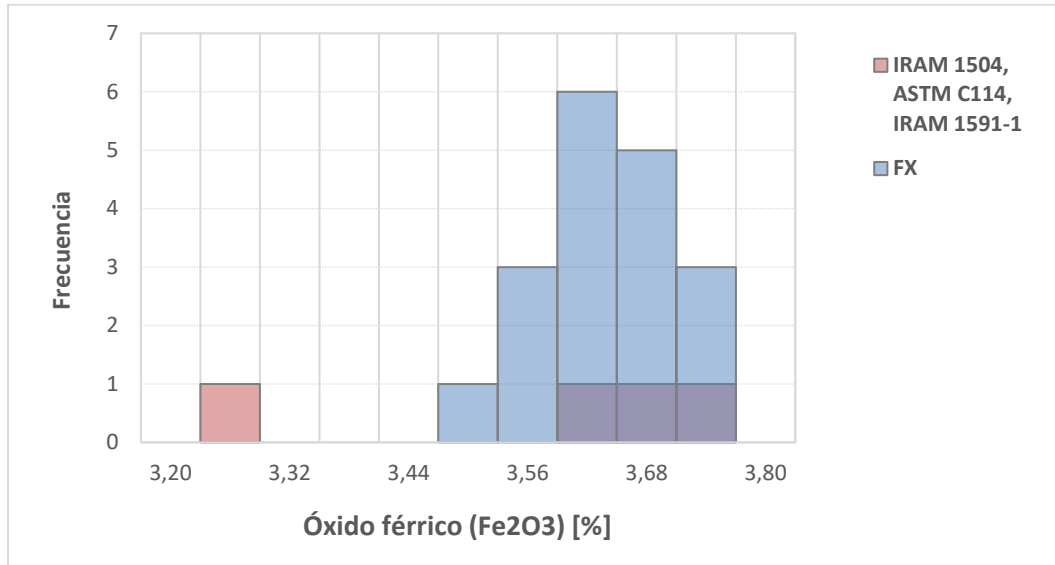
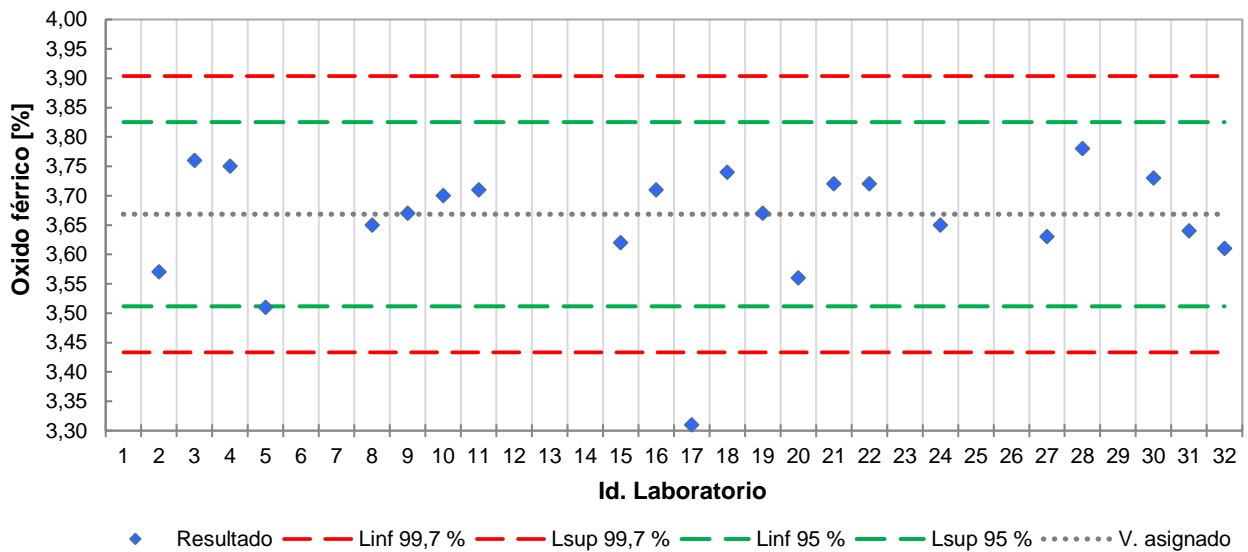


Gráfico Nº 8. Óxido férrico, en gramos por 100 gramos (%)



◆ Resultado — Linf 99,7 % — Lsup 99,7 % — Linf 95 % — Lsup 95 % V. asignado

6.1.5. Óxido de calcio (CaO)

Cantidad de resultados	22 (*)	
Media aritmética	59,48	%
Máximo	60,35	
Mínimo	59,01	
Valor asignado (x_{pt})	59,45	
Desviación estándar interlaboratorio (σ_{pt})	0,35	
Coeficiente de Variación (CV)	0,6	
Incertidumbre del valor asignado ($u(x_{pt})$)	0,09	

(*) Métodos de ensayo: IRAM 1504 (9), IRAM 1591-1 (10), ASTM C114 (11), IRAM 1714 (13), ISO 29581-2 (14), EN 196-2 (FX) (15), Fluorescencia de rayos X.

Valores “Atípicos”: no detectados

Análisis por métodos de ensayo informados por los participantes (sin considerar atípicos)				
Método	Promedio	Desvío Estándar	Coef. Variación	Cant. de resultados
IRAM 1504, ASTM C114, IRAM 1591-1	59,58 %	0,53 %	0,9 %	4
EN 196-2 (FX), IRAM 1714, ISO 29581-2, Fluorescencia de rayos X	59,46 %	0,34 %	0,6 %	18

Gráfico Nº 9. Óxido de calcio. Histograma de frecuencias

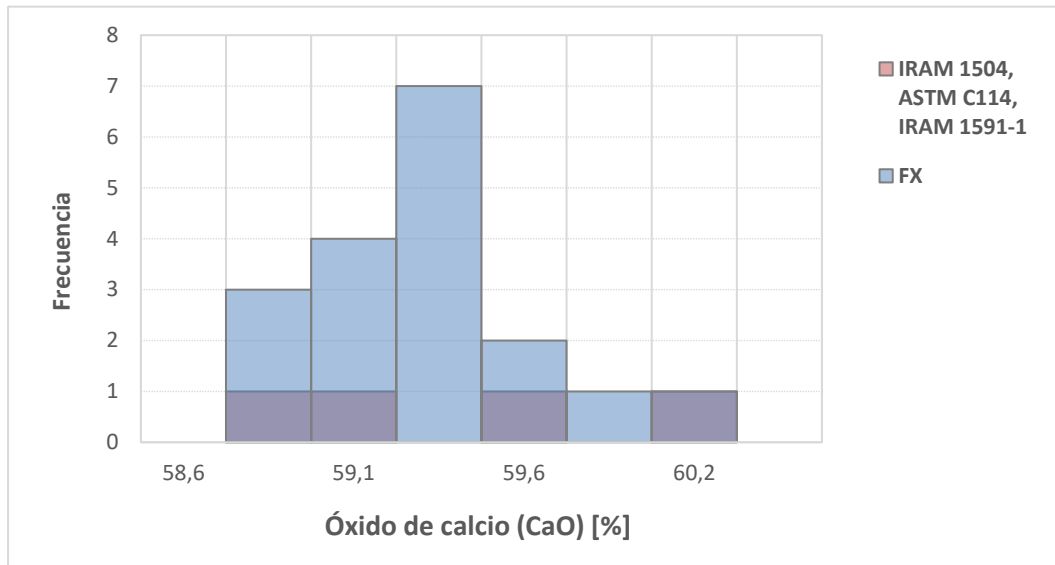
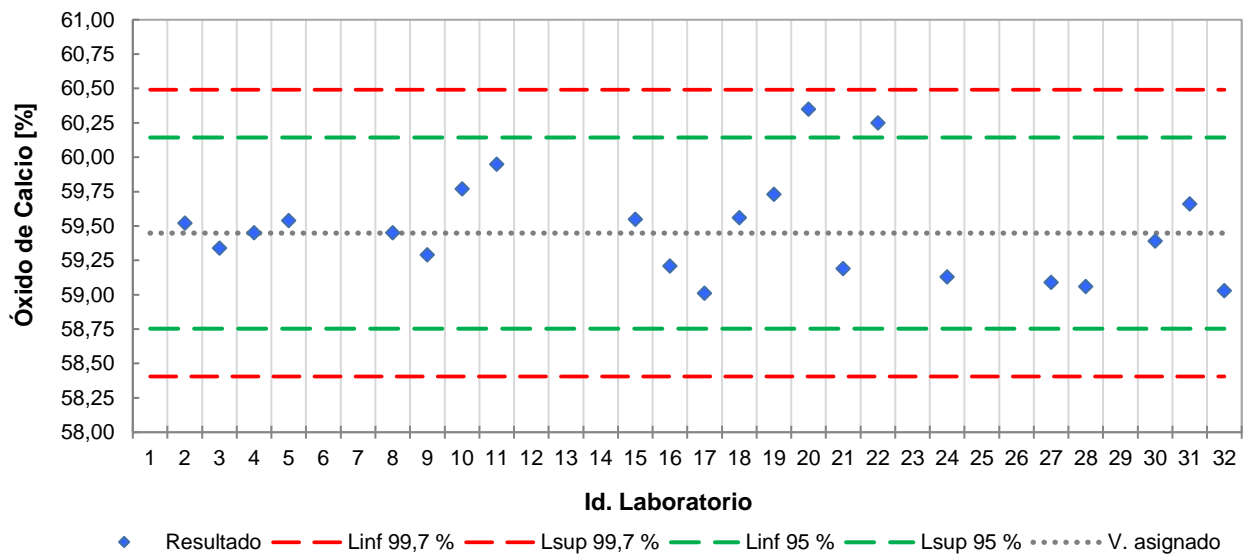


Gráfico Nº 10. Óxido de calcio, en gramos por 100 gramos [%]



◆ Resultado — Linf 99,7 % — Lsup 99,7 % — Linf 95 % — Lsup 95 % V. asignado

6.1.6. Óxido de magnesio (MgO)

Cantidad de resultados	22 (*)	
Media aritmética	1,60	%
Máximo	1,77	
Mínimo	0,63	
Valor asignado (x_{pt})	1,63	
Desviación estándar interlaboratorio (σ_{pt})	0,04	
Coeficiente de Variación (CV)	2,3	
Incertidumbre del valor asignado ($u(x_{pt})$)	0,01	

(*) Métodos de ensayo: IRAM 1504 (9), IRAM 1591-1 (10), ASTM C114 (11), IRAM 1714 (13), ISO 29581-2 (14), EN 196-2 (FX) (15), IRAM 1692 (16), Fluorescencia de rayos X.

Valores "Atípicos"		
Laboratorio L03	1,77	%
Laboratorio L04	1,51	
Laboratorio L17	0,63	

Análisis por métodos de ensayo informados por los participantes (sin considerar atípicos)				
Método	Promedio	Desvío Estándar	Coef. Variación	Cant. de resultados
IRAM 1504, IRAM 1692, IRAM 1591-1, ASTM C114	1,59 %	0,03 %	1,8 %	2
EN 196-2 (FX), IRAM 1714, ISO 29581-2, Fluorescencia de rayos X	1,65 %	0,04 %	2,7 %	17

Gráfico Nº 11. Óxido de magnesio. Histograma de frecuencias.

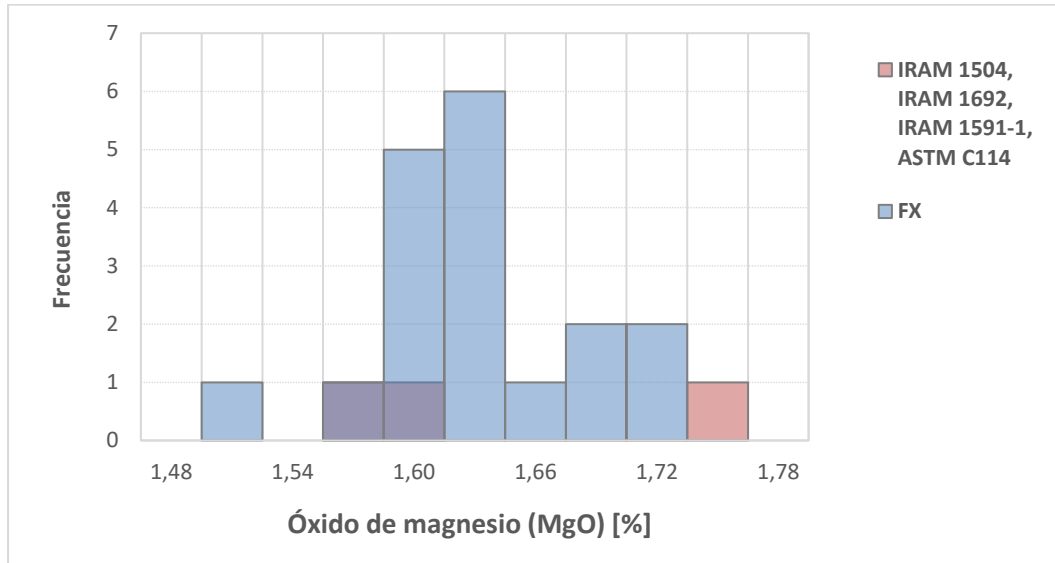
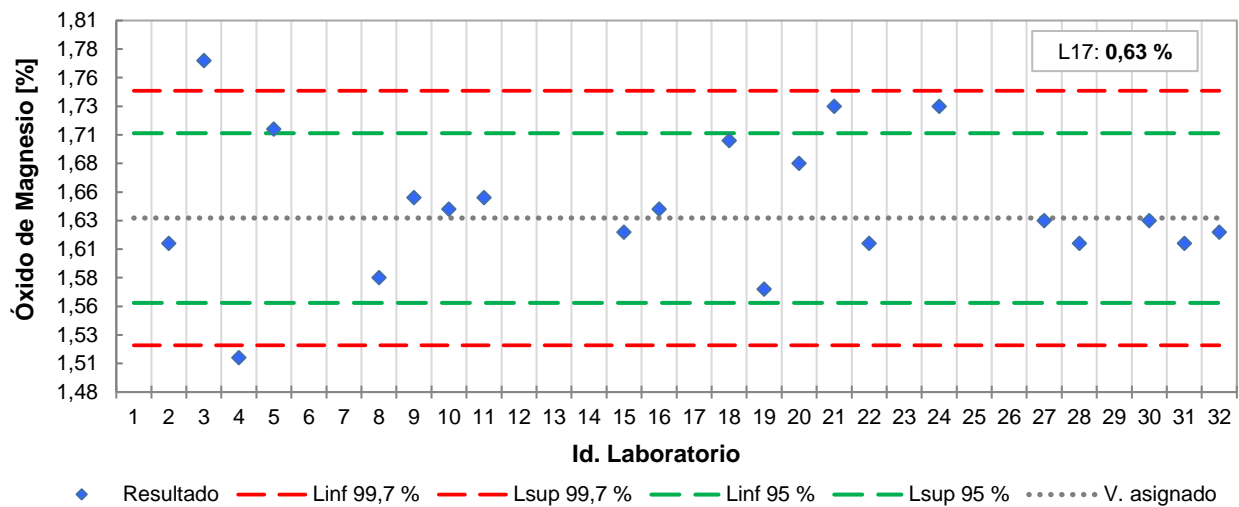


Gráfico Nº 12. Óxido de magnesio, en gramos por 100 gramos [%]



6.1.7. Trióxido de azufre (SO₃)

Cantidad de resultados	23 (*)	
Media aritmética	2,69	%
Máximo	2,87	
Mínimo	1,41	
Valor asignado (x_{pt})	2,75	
Desviación estándar interlaboratorio (σ_{pt})	0,10	
Coeficiente de Variación (CV)	3,5	
Incertidumbre del valor asignado (u(x_{pt}))	0,02	

(*) Métodos de ensayo: IRAM 1504 (9), ASTM C114 (11), IRAM 1714 (13), ISO 29581-2 (15), EN 196-2 (FX) (15), Fluorescencia de rayos X.

Valores "Atípicos"		
Laboratorio L07	1,41	%
Laboratorio L17	2,45	

Análisis por métodos de ensayo informados por los participantes (sin considerar atípicos)				
Método	Promedio	Desvío Estándar	Coef. Variación	Cant. de resultados
IRAM 1504, ASTM C114	2,65 %	0,03 %	1,3 %	3
EN 196-2 (FX), IRAM 1714, ISO 29581-2, Fluorescencia de rayos X	2,78 %	0,06 %	2,2 %	18

Gráfico N° 13. Trióxido de azufre. Histograma de frecuencias.

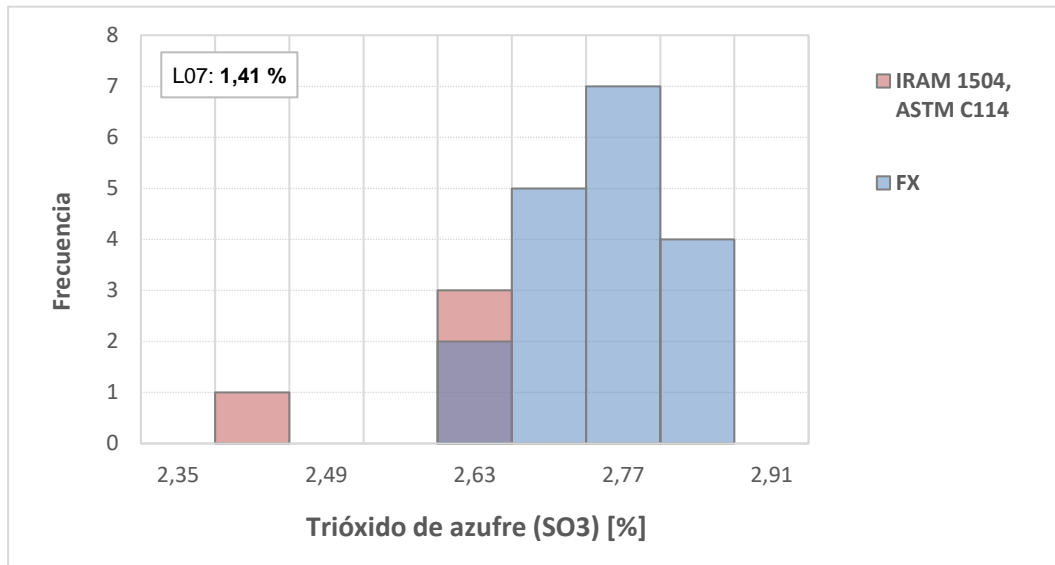
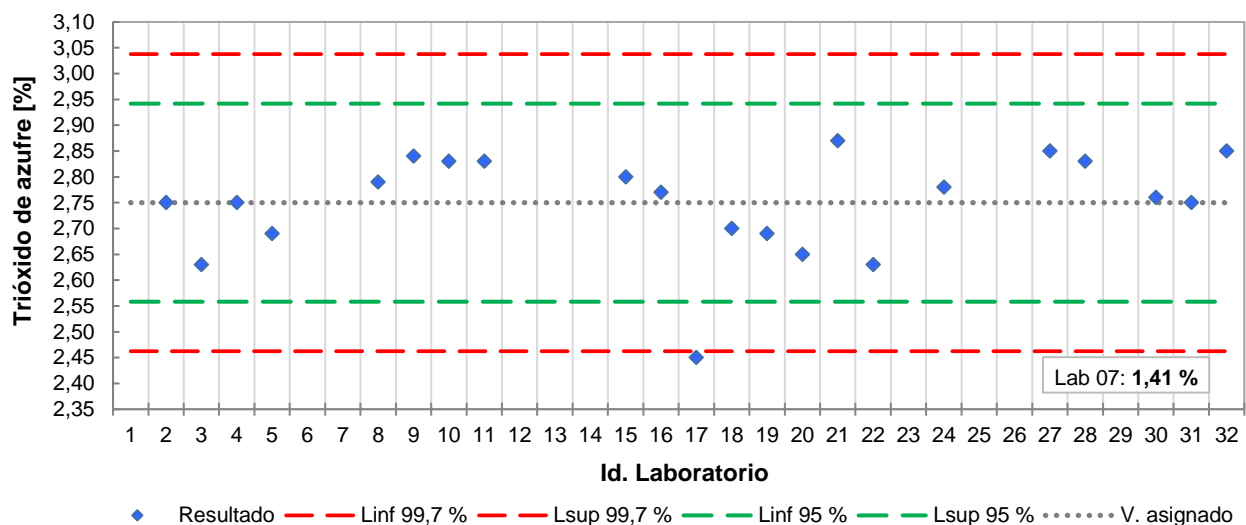


Gráfico N° 14. Trióxido de azufre, en gramos por 100 gramos (%)



6.1.8. Cal libre (CaO)

Cantidad de resultados	17 (*)	
Media aritmética	0,44	
Máximo	0,73	
Mínimo	0,11	
Valor asignado (x_{pt})	0,44	%
Desviación estándar interlaboratorio (σ_{pt})	0,23	
Coefficiente de Variación (CV)	51,4	
Incertidumbre del valor asignado ($u(x_{pt})$)	0,07	

(*) Métodos de ensayo: IRAM 1504 (9), EN 196-2 (Análisis vía química) (15),
NM 12 (17), NM 13 (18), Difracción de rayos X.

Valores “Atípicos”: no detectados

Gráfico N° 15. Cal libre. Histograma de frecuencias.

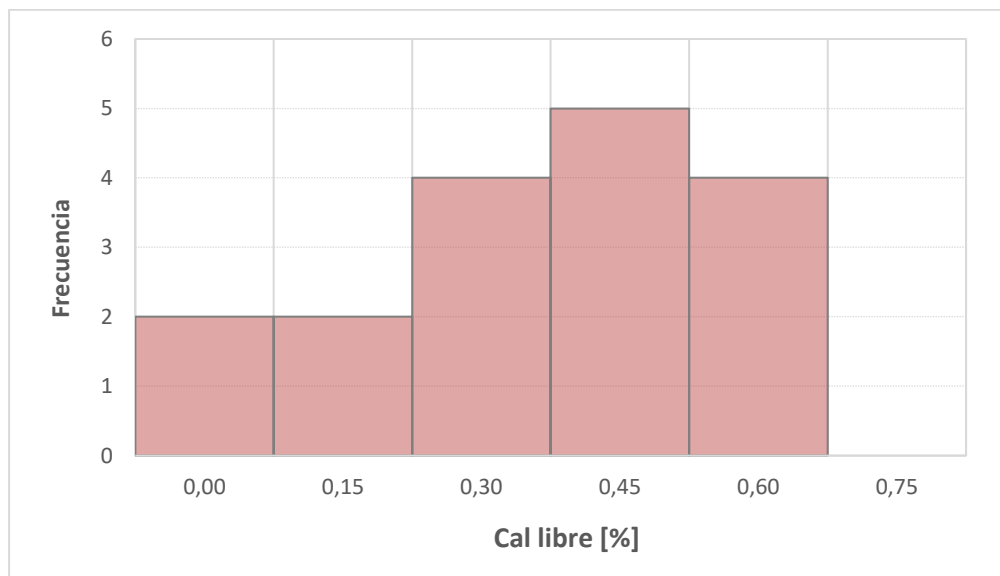
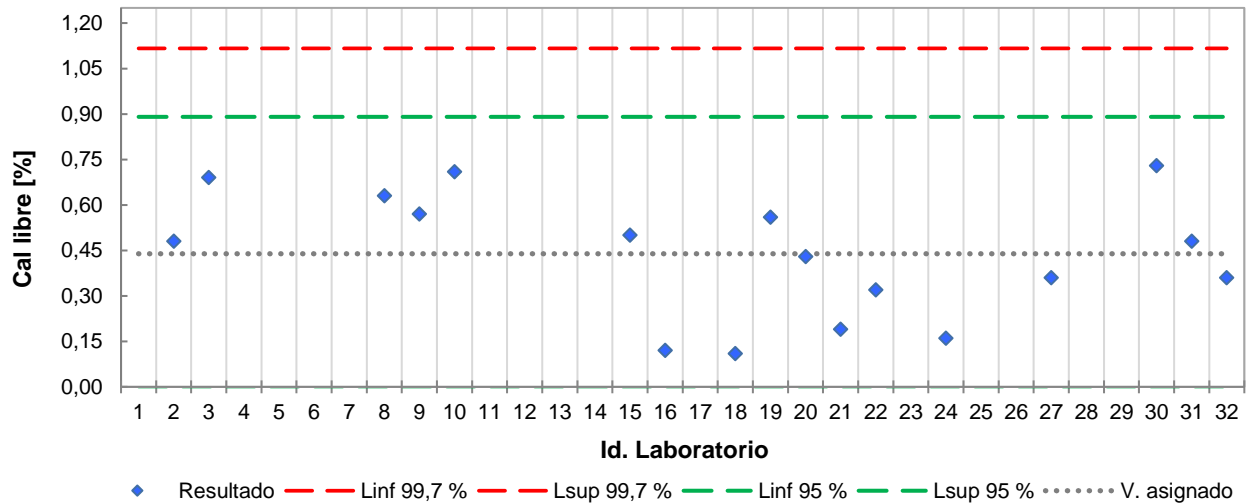


Gráfico N° 16. Cal libre, en gramos por 100 gramos (%)



6.1.9. Residuo insoluble

Cantidad de resultados	23 (*)	
Media aritmética	1,49	%
Máximo	2,06	
Mínimo	0,84	
Valor asignado (x_{pt})	1,48	
Desviación estándar interlaboratorio (σ_{pt})	0,19	
Coefficiente de Variación (CV)	13,1	
Incertidumbre del valor asignado ($u(x_{pt})$)	0,05	

(*) Métodos de ensayo: IRAM 1504 (9), IRAM 1591-1 (10), ASTM C114 (11), NM 15 (19).

Valores "Atípicos"		
Laboratorio L07	0,84	%

Gráfico N° 17. Residuo insoluble. Histograma de frecuencias.

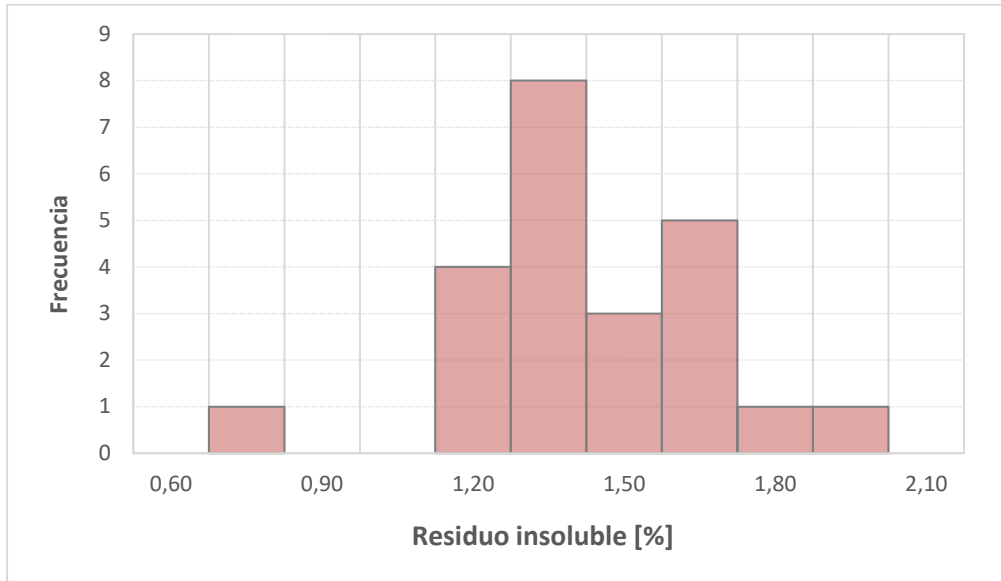
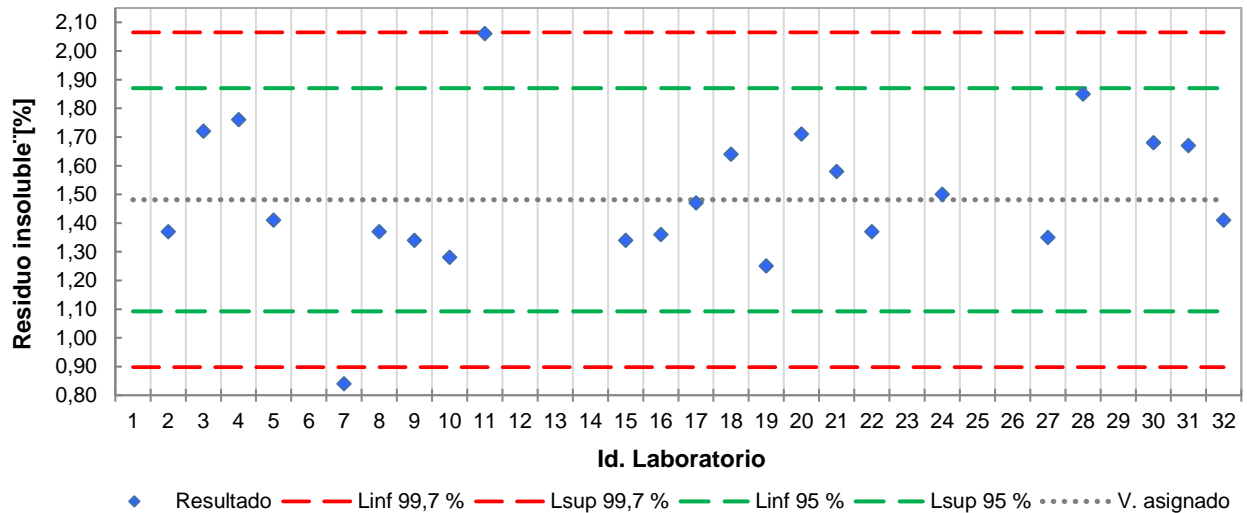


Gráfico N° 18. Residuo insoluble, en gramos por 100 gramos (%)



◆ Resultado — Linf 99,7 % — Lsup 99,7 % — Linf 95 % — Lsup 95 % V. asignado

6.1.10. Óxido de sodio (Na₂O)

Cantidad de resultados	22 (*)	
Media aritmética	0,10	
Máximo	0,37	
Mínimo	0,00	
Valor asignado (x_{pt})	0,10	%
Desviación estándar interlaboratorio (σ_{pt})	0,03	
Coeficiente de Variación (CV)	27,7	
Incertidumbre del valor asignado (u(x_{pt}))	0,01	

(*) Métodos de ensayo: IRAM 1504 (9), ASTM C114 (11), IRAM 1714 (13), ISO 29581-2 (14), EN 196-2 (FX) (15), Fluorescencia de rayos X.

Valores "Atípicos"		
Laboratorio L22	0,00	%
Laboratorio L24	0,37	

Análisis por métodos de ensayo informados por los participantes (sin considerar atípicos)				
Método	Promedio	Desvío Estándar	Coef. Variación	Cant. de resultados
IRAM 1504, ASTM C114	0,12 %	0,03 %	22,5 %	4
EN 196-2 (FX), IRAM 1714, ISO 29581-2, Fluorescencia de rayos X	0,09 %	0,03 %	36,3 %	16

Gráfico N° 19. Óxido de sodio. Histograma de frecuencias.

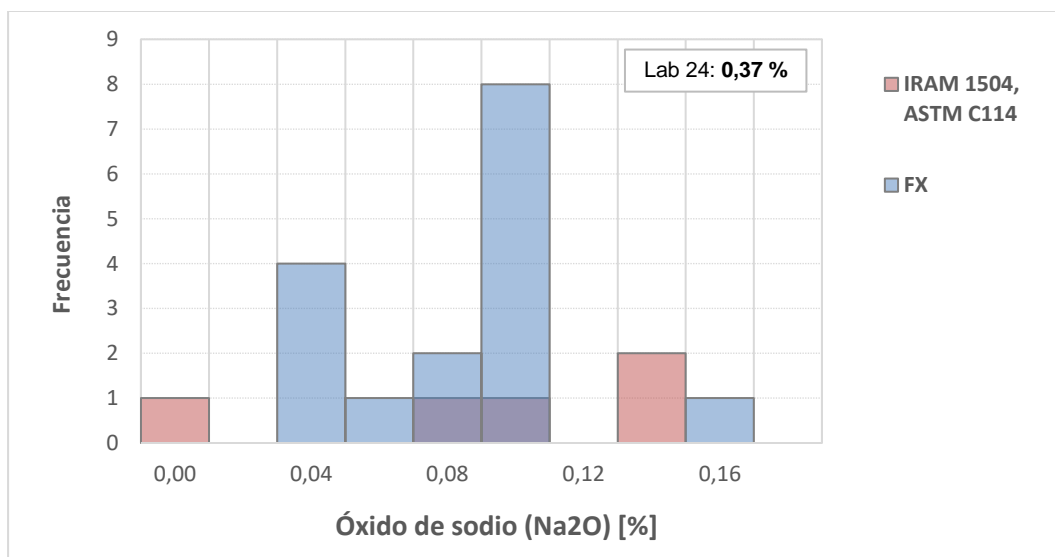
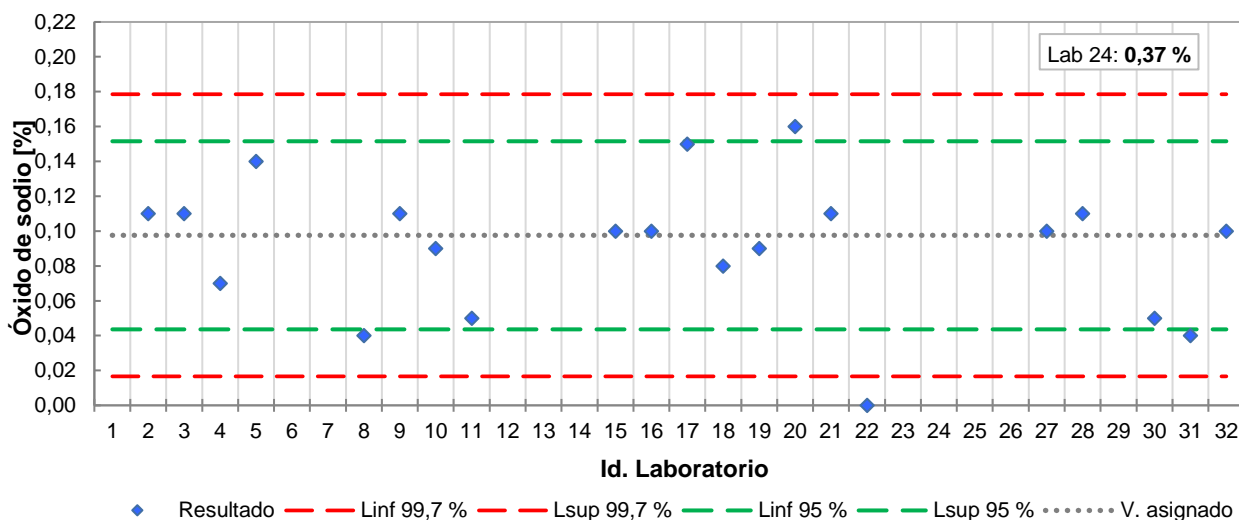


Gráfico N° 20. Óxido de sodio, en gramos por 100 gramos (%)



6.1.11. Óxido de potasio (K₂O)

Cantidad de resultados	22 (*)	
Media aritmética	0,83	%
Máximo	0,98	
Mínimo	0,54	
Valor asignado (x_{pt})	0,84	
Desviación estándar interlaboratorio (σ_{pt})	0,04	
Coefficiente de Variación (CV)	4,8	
Incertidumbre del valor asignado (u(x_{pt}))	0,01	

(*) Métodos de ensayo: IRAM 1504 (9), ASTM C114 (11), IRAM 1714 (13), ISO 29581-2 (14), EN 196-2 (FX) (15), Fluorescencia de rayos X.

Valores "Atípicos"		
Laboratorio L16	0,98	%
Laboratorio L17	0,54	
Laboratorio L21	0,56	

Análisis por métodos de ensayo informados por los participantes (sin considerar atípicos)				
Método	Promedio	Desvío Estándar	Coef. Variación	Cant. de resultados
IRAM 1504, ASTM C114	0,82 %	0,02 %	2,5 %	4
EN 196-2 (FX), IRAM 1714, ISO 29581-2, Fluorescencia de rayos X	0,85 %	0,03 %	3,9 %	15

Gráfico Nº 21. Óxido de potasio. Histograma de frecuencias.

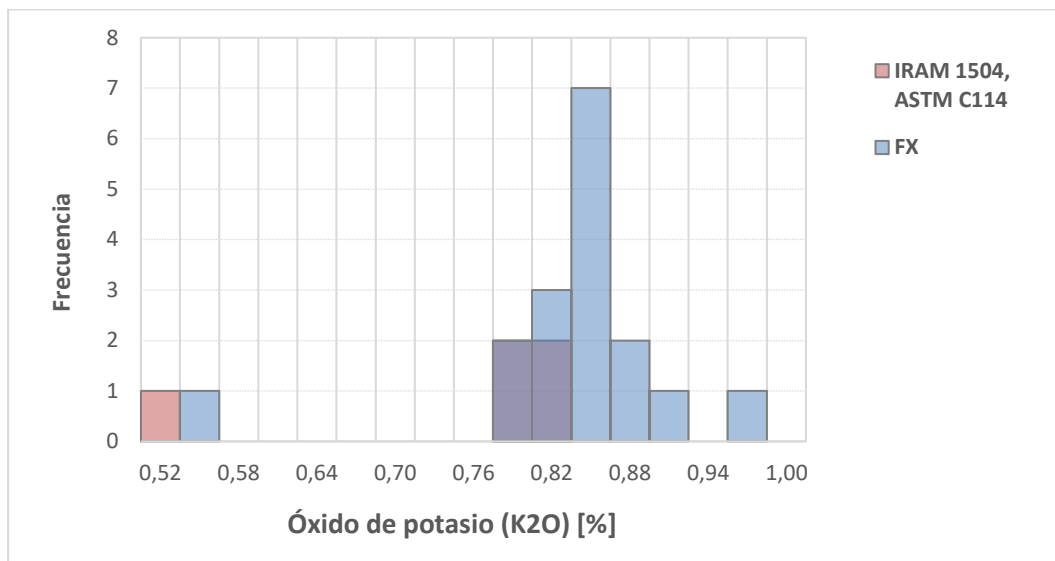
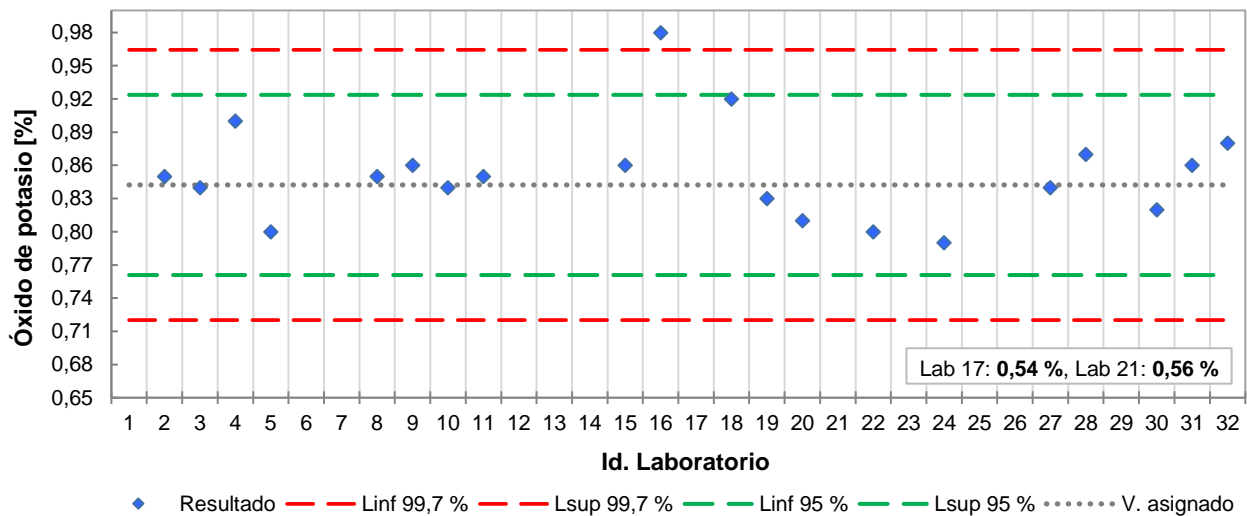


Gráfico Nº 22. Óxido de potasio, en gramos por 100 gramos (%)



6.1.12. Cloruro (Cl⁻)

Cantidad de resultados	11 (*)	
Media aritmética	0,01	
Máximo	0,03	
Mínimo	0,00	
Valor asignado (x_{pt})	0,01	%
Desviación estándar interlaboratorio (σ_{pt})	0,01	
Coefficiente de Variación (CV)	(**)	
Incertidumbre del valor asignado ($u(x_{pt})$)	0,003	

(*) Métodos de ensayo: IRAM 1591-1 (10), ASTM C114 (11), IRAM 1714 (13), EN 196-2 (Análisis vía química) (15), UNIT 1013 (20), Fluorescencia de rayos X, otro (potenciometría).

Valores “Atípicos”: no detectados

Gráfico N° 23. Cloruros. Histograma de frecuencias.

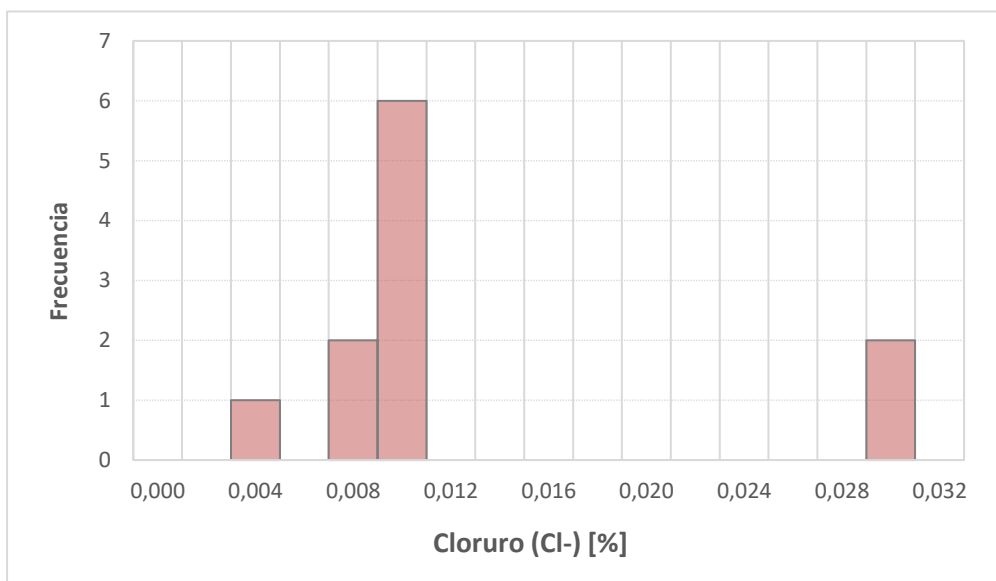
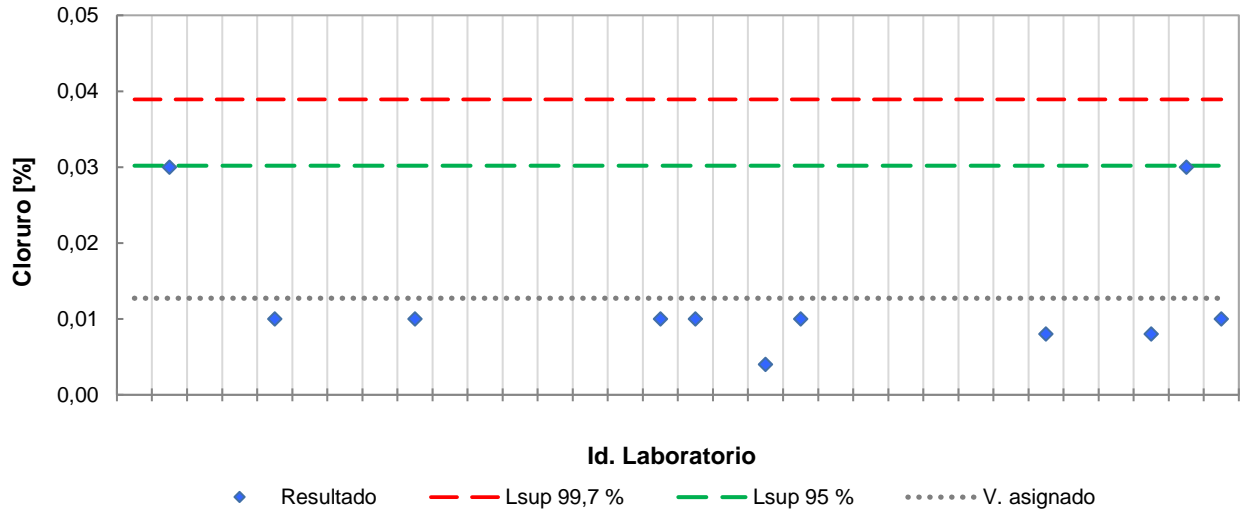


Gráfico N° 24. Cloruros, en gramos por 100 gramos (%)



6.1.13. Sulfuro

Sólo tres participantes informaron un resultado para esta determinación.

Cantidad de resultados	3 (*)	
Media aritmética	0,10	%
Máximo	0,12	
Mínimo	0,08	

(*) Métodos de ensayo: IRAM 1591-1 (10).

A continuación se indican los valores informados.

Id. Laboratorio	Resultado	
Laboratorio L03	0,12	%
Laboratorio L15	0,11	
Laboratorio L17	0,08	

6.1.14. Calor de hidratación a 41 horas

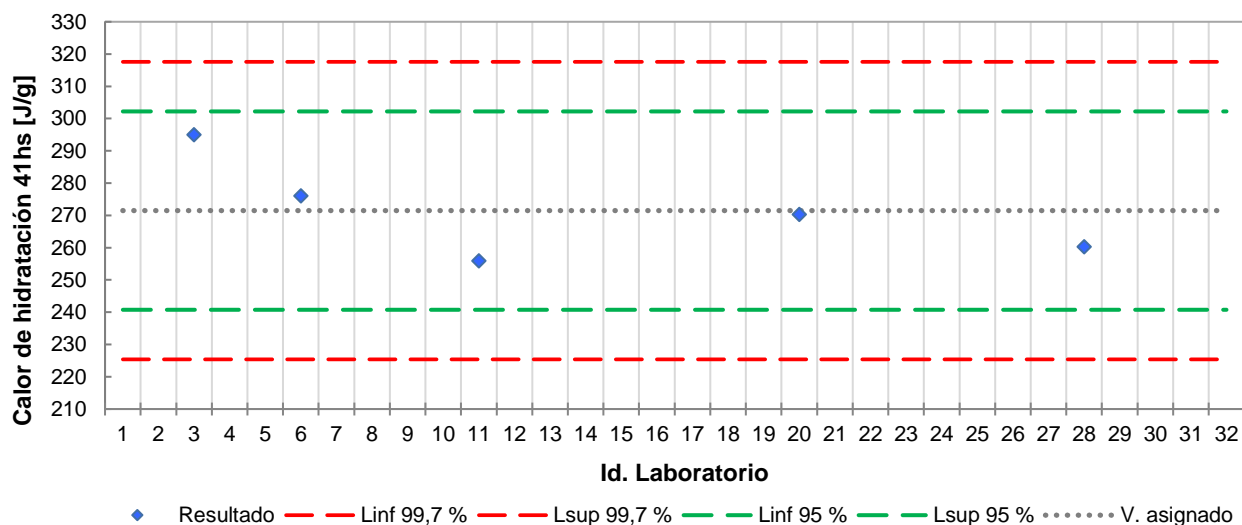
Cantidad de resultados	5 (*)	
Media aritmética	271,49	J/g
Máximo	295,00	
Mínimo	255,90	
Desviación estándar	15,36	
Coefficiente de Variación (CV)	5,7	%

(*) Método de ensayo: IRAM 1852 (21).

Valores “Atípicos”: no detectados

No se presenta histograma de frecuencias por la baja cantidad de datos disponibles

Gráfico N° 25. Calor de hidratación, en Joules por gramo (J/g)



6.1.15. Calor de hidratación a 7 días

Sólo un participante informó un resultado para esta determinación, por lo que este informe prescinde de mayor análisis al respecto. En el ANEXO 1 se indica el resultado informado.

6.2. Ensayos físicos

6.2.1. Densidad

Cantidad de resultados	29 (*)	
Media aritmética	3,07	g/cm ³
Máximo	3,16	
Mínimo	3,00	
Valor asignado (x_{pt})	3,06	
Desviación estándar interlaboratorio (σ_{pt})	0,02	
Coefficiente de Variación (CV)	0,6	%
Incertidumbre del valor asignado ($u(x_{pt})$)	0,004	g/cm ³

(*) Métodos de ensayo: IRAM 1624 (22), NM 23 (23), ABNT NBR 16605 (24), AST C188 (25).

Valores "Atípicos"		
Laboratorio L06	3,15	g/cm ³
Laboratorio L07	3,16	
Laboratorio L12	3,12	
Laboratorio L14	3,15	
Laboratorio L32	3,00	

Gráfico N° 26. Densidad. Histograma de frecuencias.

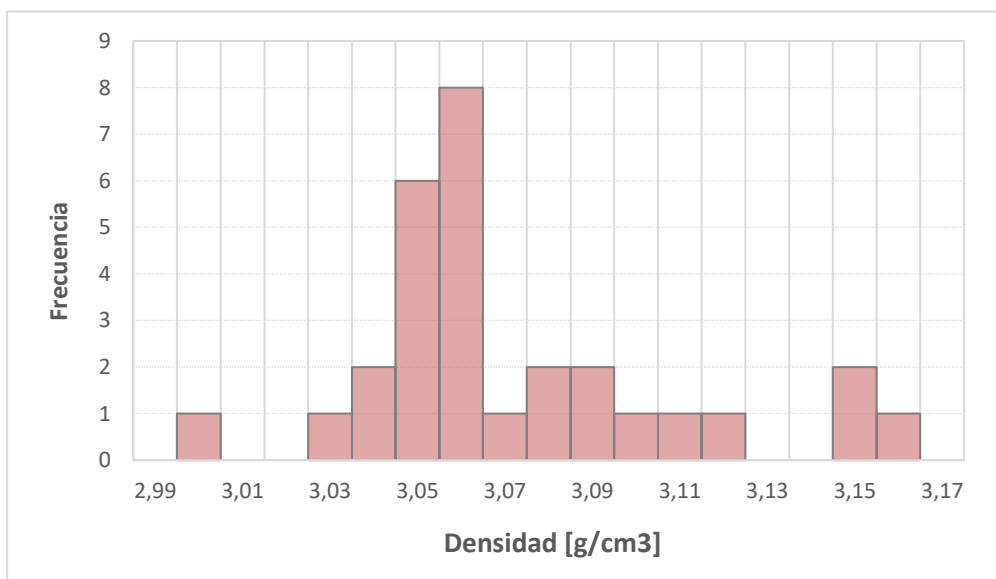
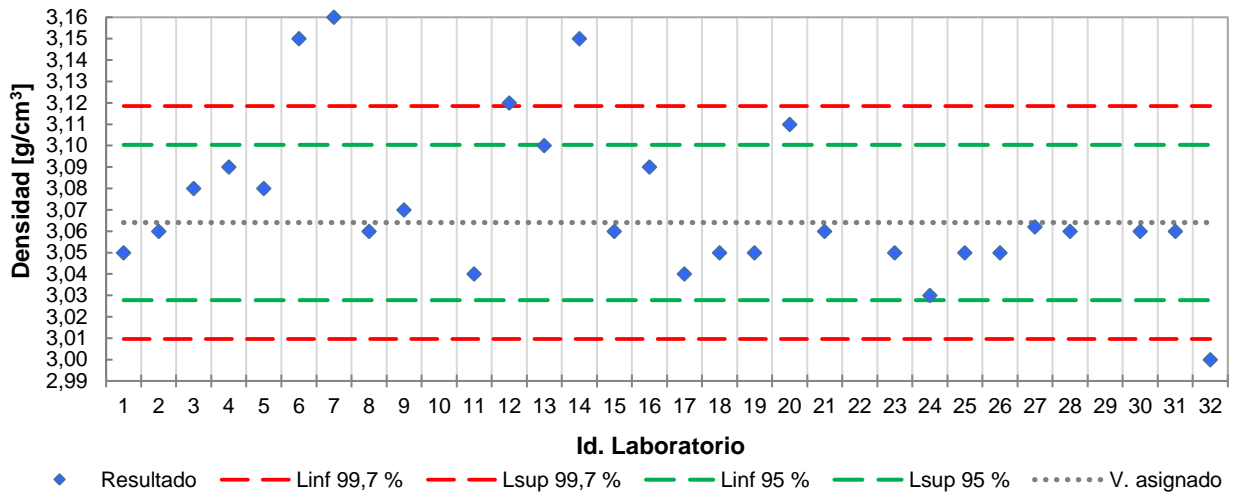


Gráfico N° 27. Densidad, en gramos por centímetro cúbico (g/cm³)



6.2.2. Finura. Superficie específica por el método Blaine

Cantidad de resultados	28 (*)	
Media aritmética	4239	cm ² /g
Máximo	4691	
Mínimo	4042	
Valor asignado (x_{pt})	4214	
Desviación estándar interlaboratorio (σ_{pt})	128	
Coeficiente de Variación (CV)	3,0	%
Incertidumbre del valor asignado (u(x_{pt}))	30	cm ² /g

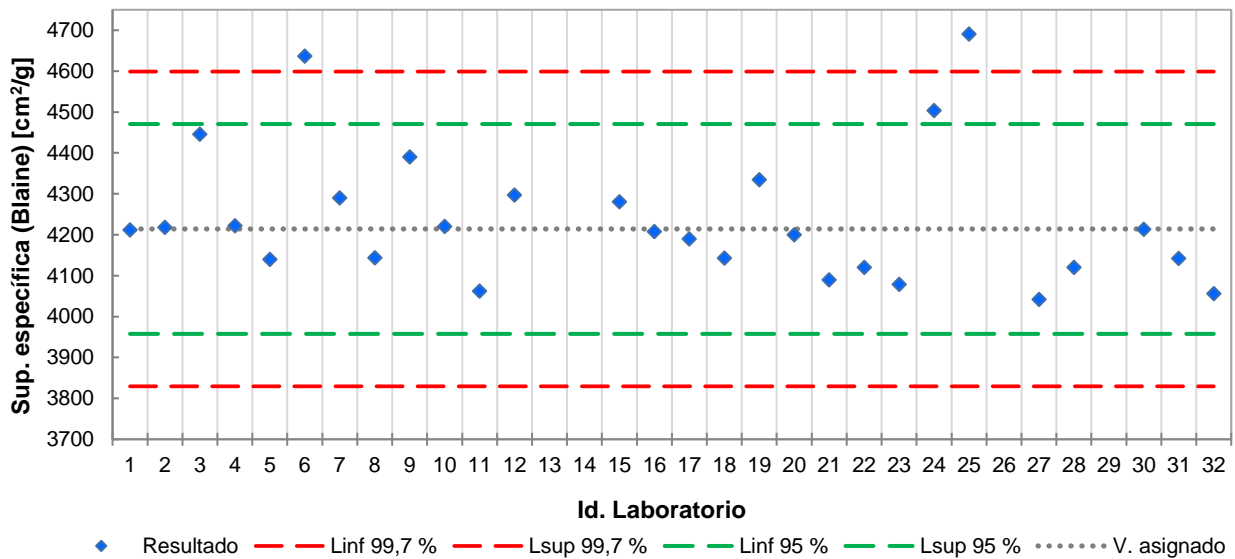
(*) Métodos de ensayo: IRAM 1623 (26), NM 76 (27), ABNT NBR 16372 (28), ASTM C204 (29).

Valores "Atípicos"		
Laboratorio L06	4637	cm ² /g
Laboratorio L25	4691	

Gráfico N° 28. Finura. Superficie específica por el método Blaine. Histograma de frecuencias.



Gráfico N° 29. Finura. Superficie específica Blaine, en centímetros cuadrados por gramo (g/cm²).



6.2.3. Agua para pasta de consistencia normal

a. Ensayos con normas IRAM 1612 (30), ABNT NBR 16606 (32), NM 43 (31) y UNIT 1382 (33)

Cantidad de resultados	30 (*)	
Media aritmética	28,0	%
Máximo	29,8	
Mínimo	25,0	
Valor asignado (x_{pt})	28,0	
Desviación estándar interlaboratorio (σ_{pt})	0,8	
Coefficiente de Variación (CV)	2,7	
Incertidumbre del valor asignado ($u(x_{pt})$)	0,2	

Valores "Atípicos"		
Laboratorio L01	25,0	%

Análisis por métodos de ensayo informados por los participantes (sin considerar atípicos)				
Método	Promedio	Desvío Estándar	Coef. Variación	Cant. de resultados
IRAM 1612, ABNT NBR16606	28,2 %	0,7 %	2,6 %	25
NM 43, UNIT 1382	27,7 %	0,6 %	2,2 %	4

Gráfico Nº 30. Agua para Pasta de Consistencia Normal. Histograma de frecuencias.

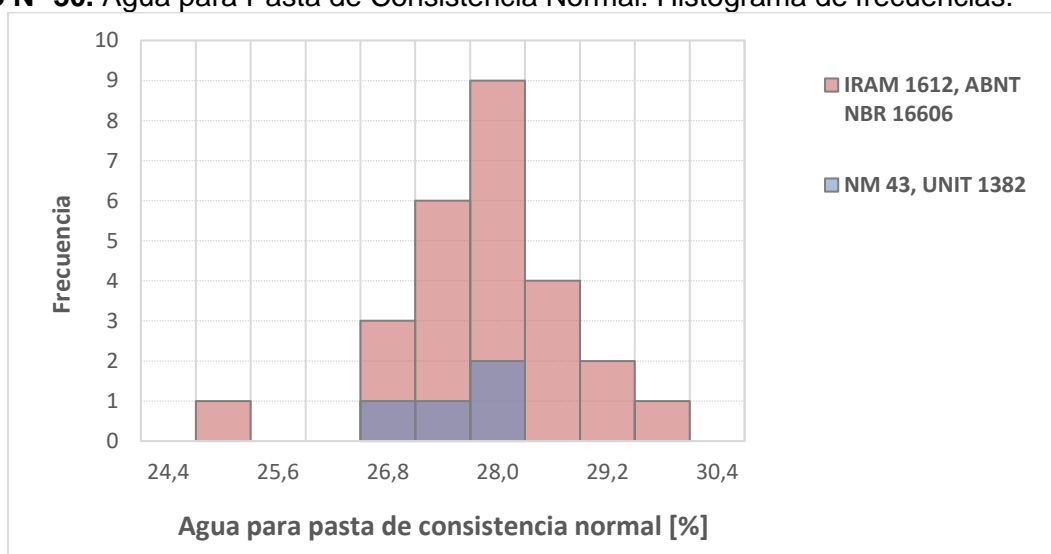
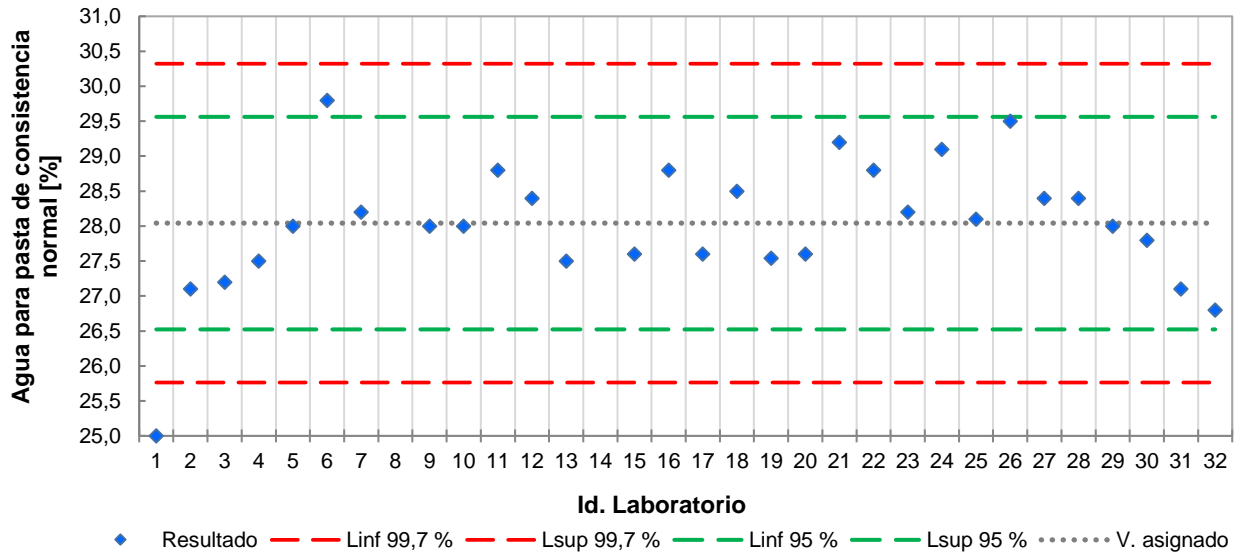


Gráfico N° 31. Agua para Pasta de Consistencia Normal, en gramos por 100 gramos (%)



b. Ensayos con otros métodos:

Método utilizado	Cantidad de resultados	Resultados informados		Media aritmética		Desvío estándar	
ASTM C187 (34)	1	20,4	%	-	%	-	%

6.2.4. Tiempo de fraguado inicial

a. Ensayos con normas IRAM 1619 (35), ABNT NBR 16607 (37), NM 65 (36) y UNIT 1382 (33)

Cantidad de resultados	30 (*)	
Media aritmética	188	min
Máximo	260	
Mínimo	135	
Valor asignado (x_{pt})	185	
Desviación estándar interlaboratorio (σ_{pt})	20	
Coefficiente de Variación (CV)	10,8	%
Incertidumbre del valor asignado ($u(x_{pt})$)	5	min

(*) Métodos de ensayo: IRAM 1619 (35), NM 65 (36), UNIT 1382 (33), ABNT NBR 16607 (37).

Valores "Atípicos"		
Laboratorio L29	260	min

Gráfico N° 32. Tiempo de fraguado inicial. Histograma de frecuencias.

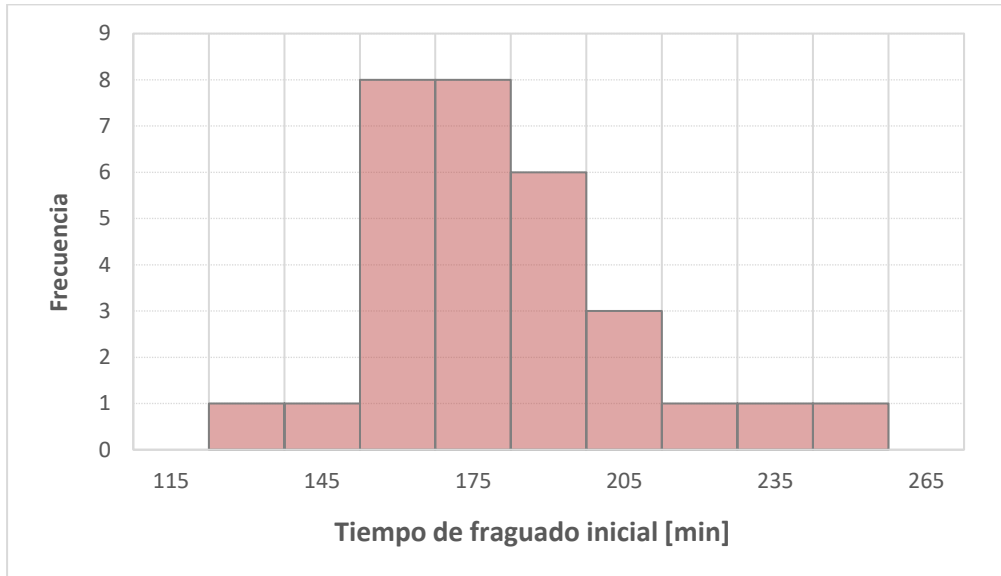
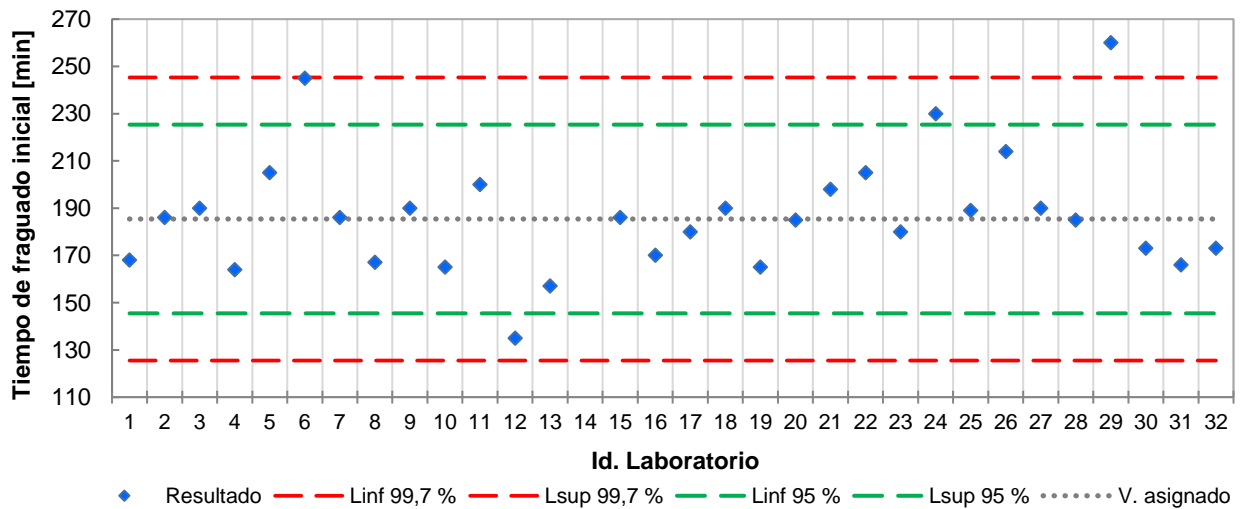


Gráfico N° 33. Tiempo de fraguado inicial, en minutos (min).



b. Ensayos con otros métodos

Método utilizado	Cantidad de resultados	Resultados informados	Media aritmética	Desvío estándar
ASTM C191 (38)	1	167 min	- min	- min

6.2.5. Expansión en autoclave

Cantidad de resultados	20 (*)	
Media aritmética	-0.014	
Máximo	0.040	
Mínimo	-0.090	
Valor asignado (x_{pt})	-0.013	%
Desviación estándar interlaboratorio (σ_{pt})	0,030	
Coefficiente de Variación (CV)	(**)	
Incertidumbre del valor asignado ($u(x_{pt})$)	0,008	

(*) Métodos de ensayo: IRAM 1620 (39), UNIT 514 (40).

(**) Se omite el cálculo del coeficiente de variación en virtud de la magnitud del valor asignado y la desviación estándar interlaboratorio correspondientes a esta determinación.

Valores "Atípicos": no detectados

Gráfico N° 34. Expansión en autoclave. Histograma de frecuencias.

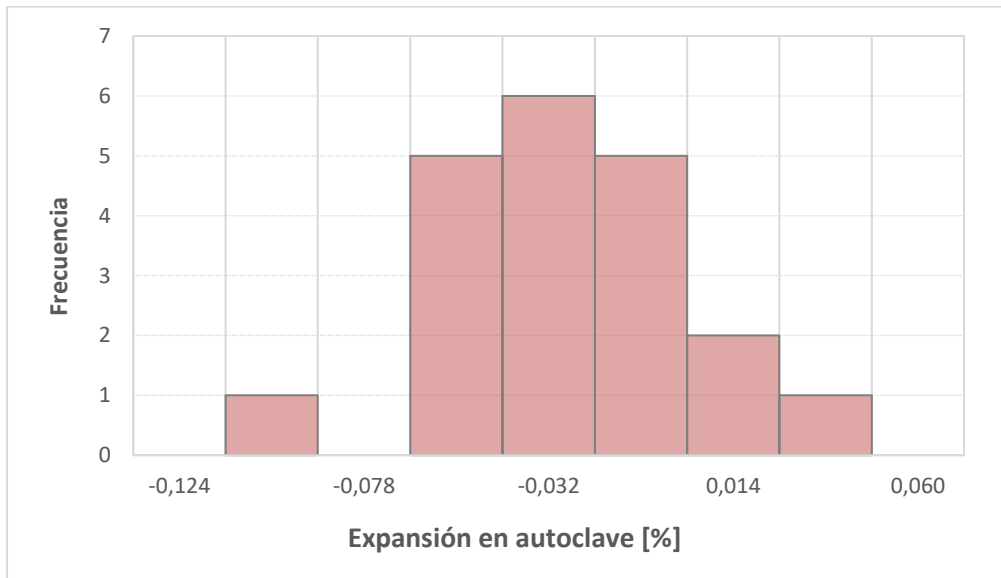
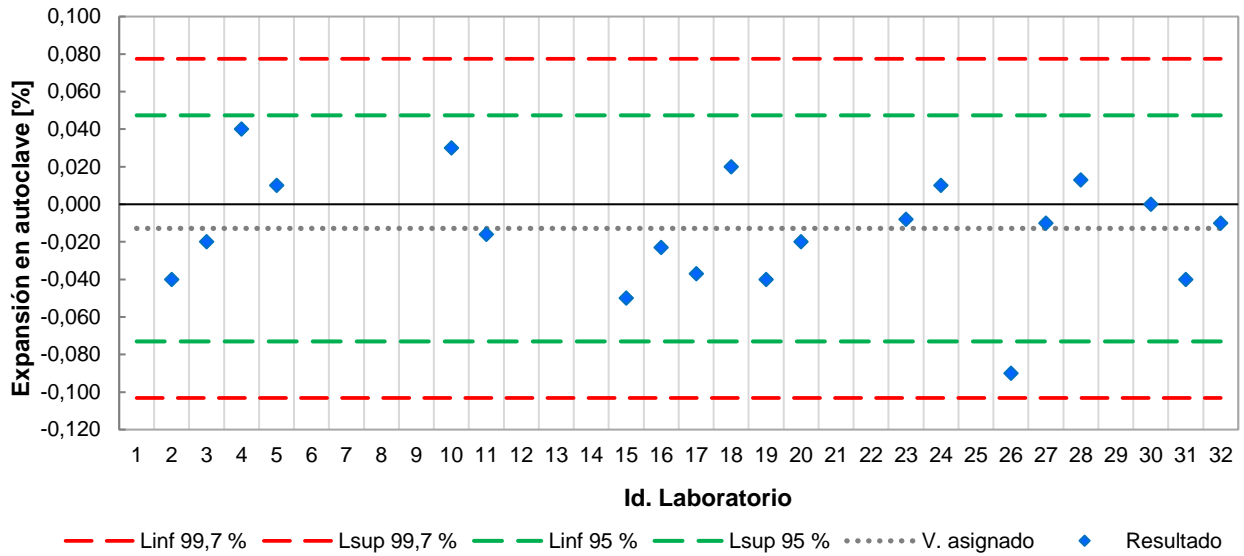


Gráfico N° 35. Expansión en autoclave, en por ciento (%)



6.2.6. Finura. Material retenido en tamiz IRAM 75 µm

Cantidad de resultados	26 (*)	
Media aritmética	1,1	%
Máximo	1,5	
Mínimo	0,2	
Valor asignado (x_{pt})	1,1	
Desviación estándar interlaboratorio (σ_{pt})	0,1	
Coeficiente de Variación (CV)	10,2	
Incertidumbre del valor asignado ($u(x_{pt})$)	0,03	

(*) Métodos de ensayo: IRAM 1621 (41), UNIT 1064 (42), UNIT 327 (43), ABNT NBR 12826 (44), EN 196-6 (45), IRAM 1623 (26), Otros (tamizador aerodinámico).

Valores "Atípicos"		
Laboratorio L21	1,5	%
Laboratorio L23	0,2	

Gráfico N° 36. Finura. Material retenido en tamiz IRAM 75 μm . Histograma de frecuencias.

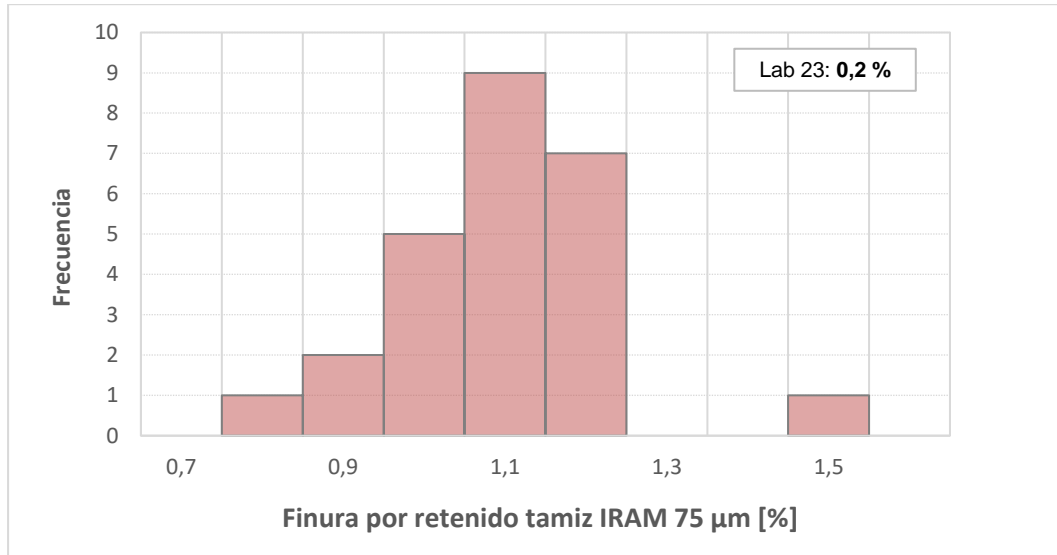
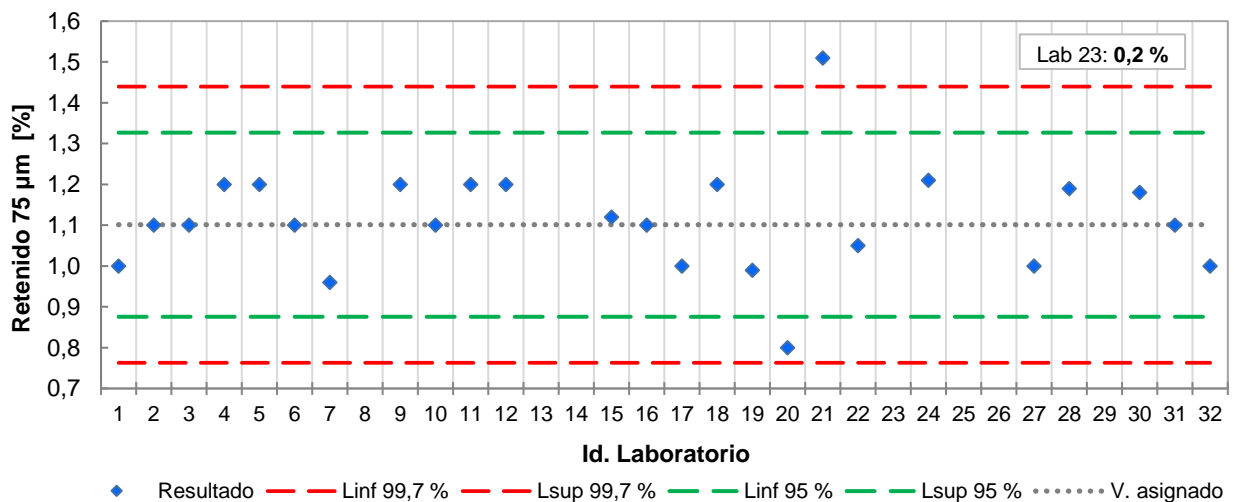


Gráfico N° 37. Finura. Material retenido en tamiz IRAM 75 μm , en por ciento (%).



6.2.7. Finura. Material retenido en tamiz IRAM 45 μm

Cantidad de resultados	22 (*)	
Media aritmética	3,0	%
Máximo	3,7	
Mínimo	1,2	
Valor asignado (x_{pt})	3,1	
Desviación estándar interlaboratorio (σ_{pt})	0,3	
Coefficiente de Variación (CV)	8,2	
Incertidumbre del valor asignado ($u(x_{pt})$)	0,1	

(*) Métodos de ensayo: UNIT 327 (42), ABNT 12826 (44), ASTM C1891 (45), EN 196-6 (46), otros (tamizador aerodinámico, IRAM 1623 (27), procedimiento interno basado en IRAM 1621 (41)).

Valores "Atípicos"		
Laboratorio L17	1,2	%

Gráfico N° 38. Finura. Material retenido en tamiz IRAM 45 μm (Tamizado bajo corriente de aire). Histograma de frecuencias.

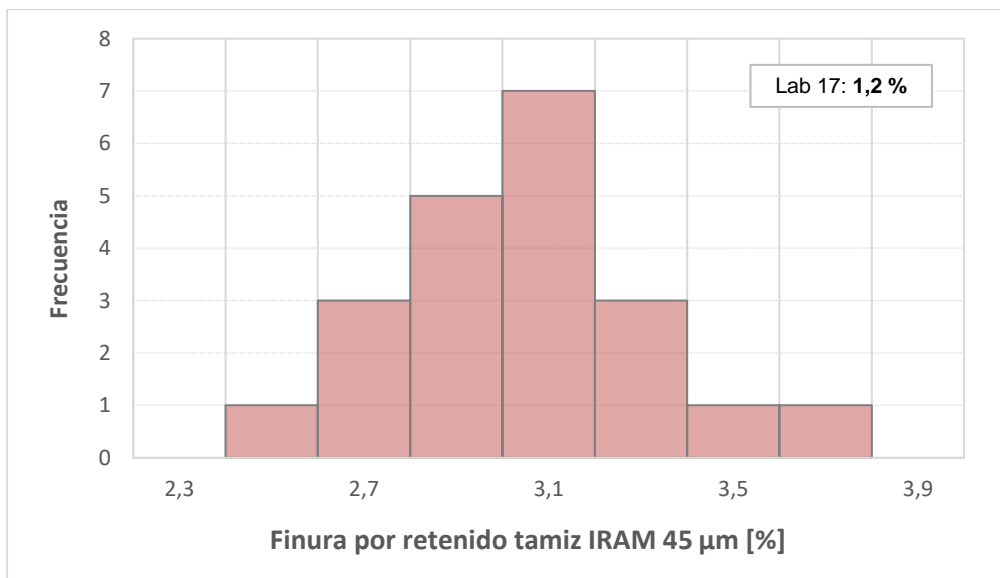
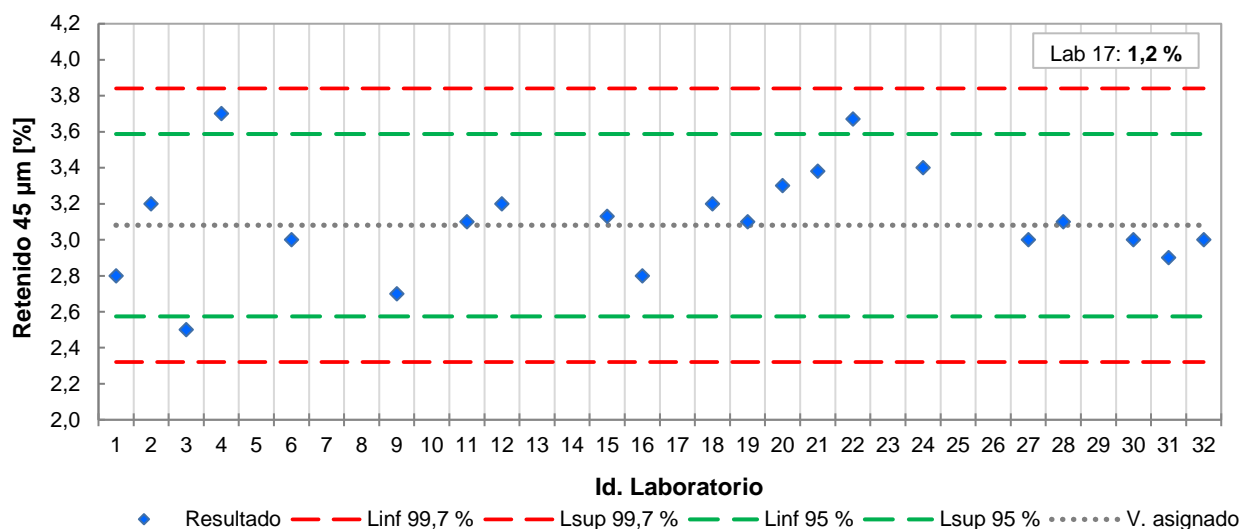


Gráfico N° 39. Finura. Material retenido en tamiz IRAM 45 µm (Tamizado bajo corriente de aire), en por ciento (%).



6.2.8. Granulometría por difracción láser

Esta determinación contó con la participación de 8 laboratorios. A continuación se presentan los resultados informados por cada participante, el promedio general y una estimación del tamaño de partícula para los percentiles del 10 %, 50 % y 90 %.

Resultados individuales (*):

Id. Lab	Volumen acumulado por tamaño de partícula (en µm), en %																
	1,25	2,0	4,0	6,3	8,0	10,0	12,5	16	32	40	50	63	80	90	100	125	160
L01	8,2	12,4	23,8	33,8	40,0	46,7	52,9	63,8	89,2	94,5	97,7	99,2	99,8	99,9	99,9	100,0	100,0
L08(**)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
L09	3,9	7,7	18,7	29,7	36,3	43,1	50,6	60,0	87,1	93,5	97,5	99,6	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
L12	8,8	14,5	29,8	41,7	47,3	52,6	57,8	64,5	85,7	91,2	95,6	98,6	99,9	100,0	100,0	100,0	100,0
L15	8,3	14,5	25,1	37,1	43,9	51,3	55,4	54,2	91,1	94,4	99,1	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
L20	7,1	11,3	22,4	32,4	38,3	44,2	50,7	59,0	84,2	90,3	94,3	96,8	98,0	98,3	98,5	98,8	99,2
L21	15,7	26,5	44,4	57,6	63,9	71,4	79,2	87,4	99,8	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
L32	12,9	19,1	31,7	42,6	49,6	56,3	63,2	70,8	89,1	93,1	96,1	98,0	99,2	99,5	99,7	99,9	100,0

(*) Medios de suspensión empleados por los participantes: en líquido (alcohol etílico) y al aire (aerosol).

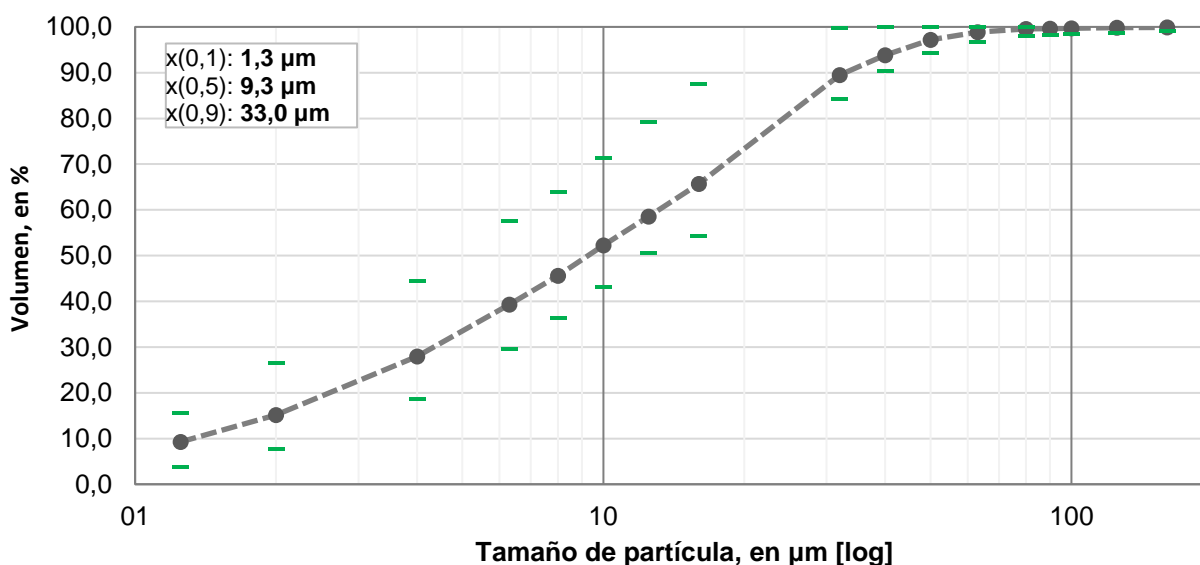
(**) Sólo informa percentiles 10 %, 50 % y 90 %

Id. Lab	Tamaño de partículas para percentiles 10, 50 y 90 %		
	X(0,1) en μm	X(0,5) en μm	X(0,9) en μm
L01	1,58	11,03	32,98
L08	10,50	16,90	25,10
L09	2,40	12,30	35,00
L12	1,52	9,60	40,45
L15	1,75	11,63	37,38
L20	1,80	12,20	39,60
L21	0,88	4,94	17,42
L32	0,90	8,10	33,50

Estadísticos generales:

Volumen acumulado por tamaño de partícula (en μm)																	
1,25	2,0	4,0	6,3	8,0	10,0	12,5	16	32	40	50	63	80	90	100	125	160	
Promedio (%)																	
9,3	15,1	28,0	39,3	45,6	52,2	58,5	65,7	89,5	93,8	97,2	98,9	99,6	99,7	99,7	99,8	99,9	
Desviación Estándar (%)																	
3,9	6,1	8,5	9,4	9,4	9,7	10,1	10,9	5,1	3,1	2,0	1,2	0,7	0,6	0,6	0,4	0,3	
Tamaño de partículas para percentiles 10, 50 y 90 % (Estim)																	
X(0,1): 1,8 μm						X(0,5): 15,5 μm						X(0,9): 52,9 μm					

Gráfico N° 40. Granulometría por difracción láser, en % respecto a volúmenes acumulados



NOTA. Las marcas en verde denotan los valores máximo y mínimo entre los informados por los participantes para cada tamaño de partícula.

6.3. Ensayos mecánicos

6.3.1. Masa promedio de las probetas a 2 días

a. Probetas moldeadas según normas IRAM 1622 (2), EN 196-1 (3) e ISO 679 (4)

Cantidad de resultados	30 (*)	
Media aritmética	582,3	g
Máximo	603,7	
Mínimo	569,8	
Valor asignado (x_{pt})	581,6	
Desviación estándar interlaboratorio (σ_{pt})	6,6	
Coeficiente de Variación (CV)	1,1	%
Incertidumbre del valor asignado ($u(x_{pt})$)	1,5	g

Valores "Atípicos"		
Laboratorio L06	603,7	g

b. Probetas moldeadas con otros métodos

Método utilizado	Cantidad de resultados	Resultados informados		Media aritmética		Desvío estándar	
ASTM C109 (46)	2	281,2	g	280,6	g	-	g
		280,0					

Gráfico N° 41. Masa promedio de las probetas preparadas según normas IRAM 1622 (2), EN 196-1 (3) e ISO 679 (4), a 2 días. Histograma de frecuencias.

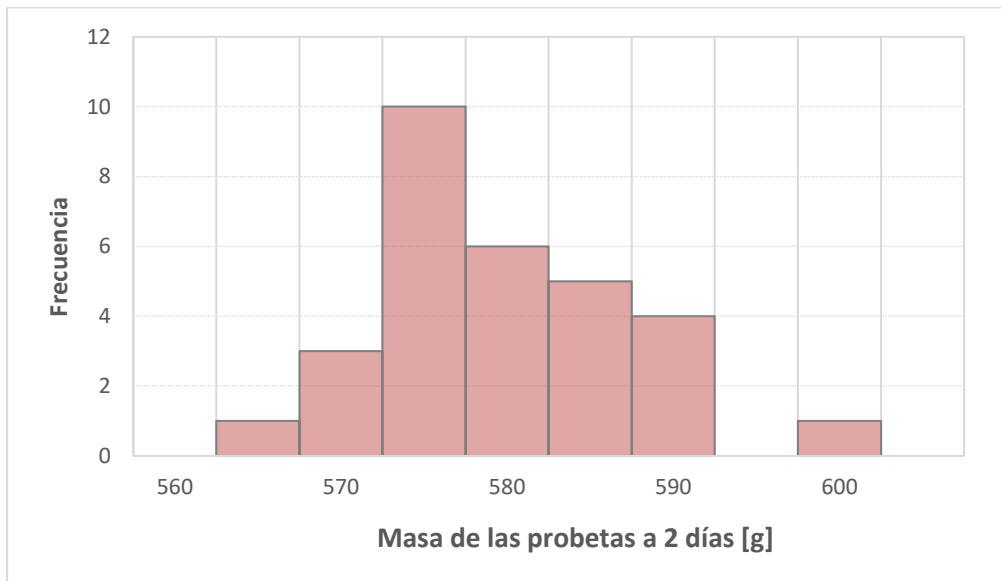
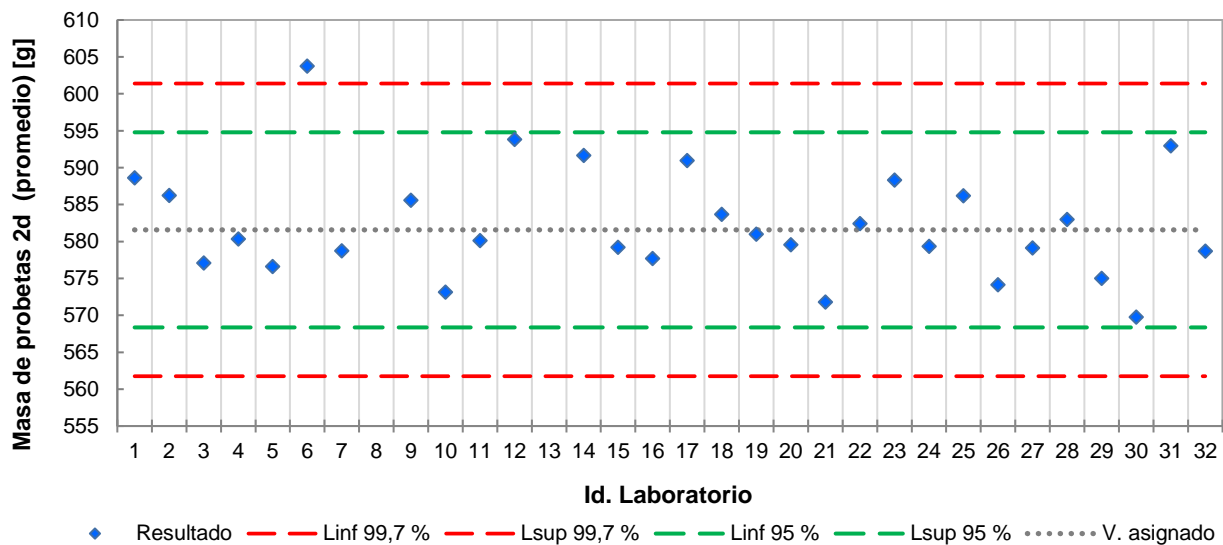


Gráfico N° 42. Masa promedio de las probetas preparadas según normas IRAM 1622 (2), EN 196-1 (3) e ISO 679 (4), a 2 días, en gramos (g).



6.3.2. Masa promedio de las probetas a 28 días

a. Probetas moldeadas según normas IRAM 1622 (2), EN 196-1 (3) e ISO 679 (4)

Cantidad de resultados	30 (*)	
Media aritmética	583,2	g
Máximo	595,1	
Mínimo	572,0	
Valor asignado (x_{pt})	582,7	
Desviación estándar interlaboratorio (σ_{pt})	5,7	
Coefficiente de Variación (CV)	1,0	%
Incertidumbre del valor asignado ($u(x_{pt})$)	1,29	g

Valores "Atípicos": no detectados

b. Probetas moldeadas con otros métodos

Método utilizado	Cantidad de resultados	Resultados informados		Media aritmética		Desvío estándar	
ASTM C109 (46)	2	285,8	g	284,1	g	-	g
		282,5					

Gráfico Nº 43. Masa promedio de las probetas preparadas según normas IRAM 1622 (2), EN 196-1 (3) e ISO 679 (4), a 28 días. Histograma de frecuencias.

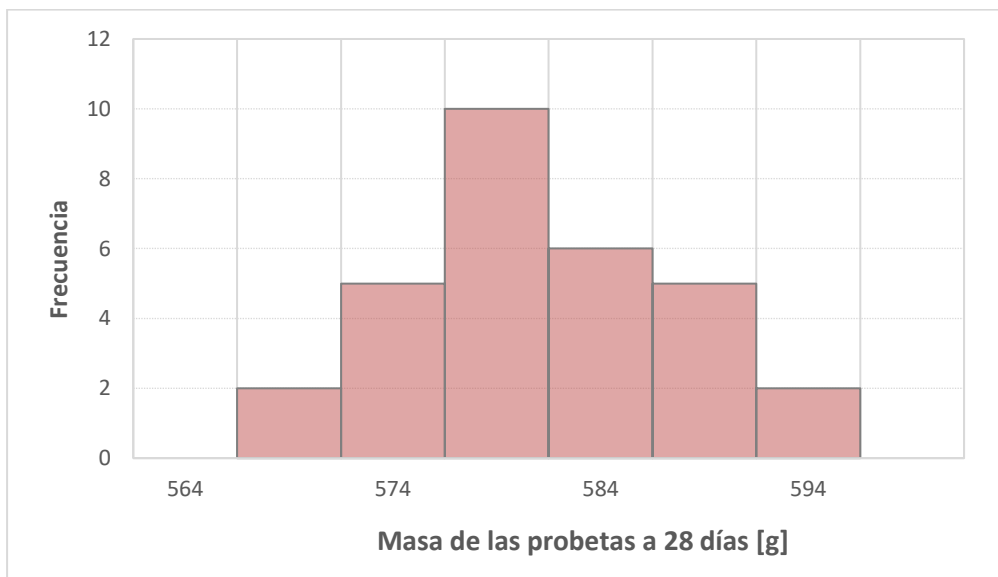
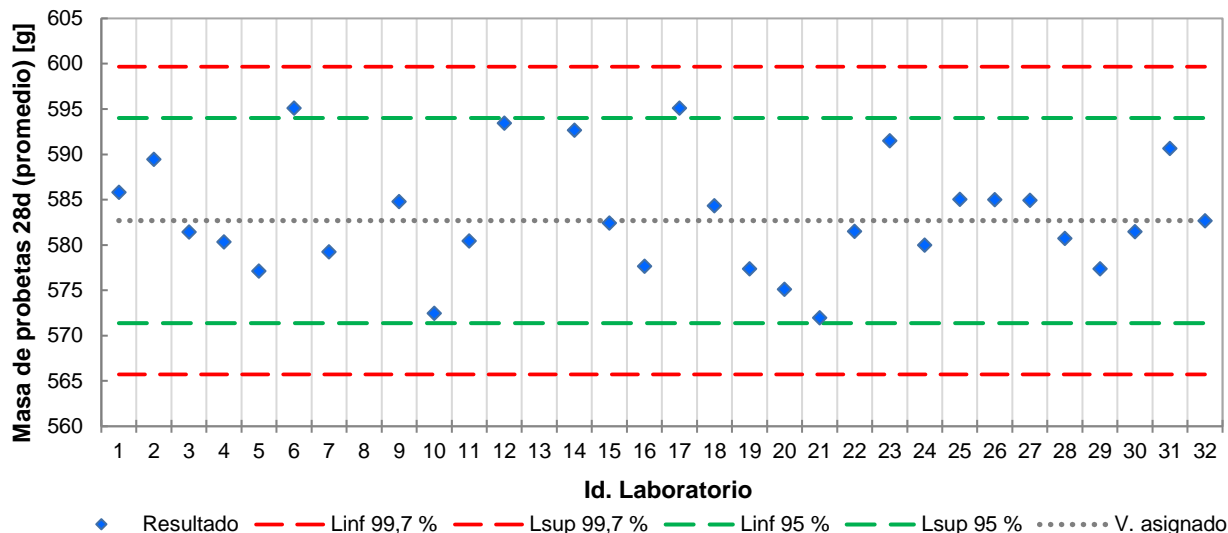


Gráfico N° 44. Masa promedio de las probetas preparadas según normas IRAM 1622 (2), EN 196-1 (3) e ISO 679 (4), a 28 días, en gramos (g)



6.3.3. Resistencia a compresión a 2 días

a. Ensayos según normas IRAM 1622 (2), EN 196-1 (3) e ISO 679 (4)

Cantidad de resultados	30 (*)	
Media aritmética	25,2	MPa
Máximo	36,1	
Mínimo	22,3	
Valor asignado (x_{pt})	24,7	
Desviación estándar interlaboratorio (σ_{pt})	1,5	
Coefficiente de Variación (CV)	5,9	%
Incertidumbre del valor asignado ($u(x_{pt})$)	0,3	MPa

Valores "Atípicos"		
Laboratorio L14	36,1	MPa

b. Ensayos según otros métodos

Método utilizado	Cantidad de resultados	Resultados informados		Media aritmética		Desvío estándar	
		25,4	MPa	27,4	MPa	-	MPa
ASTM C109 (46)	2	29,5					

Gráfico N° 45. Resistencia a compresión a 2 días. Histograma de frecuencias.

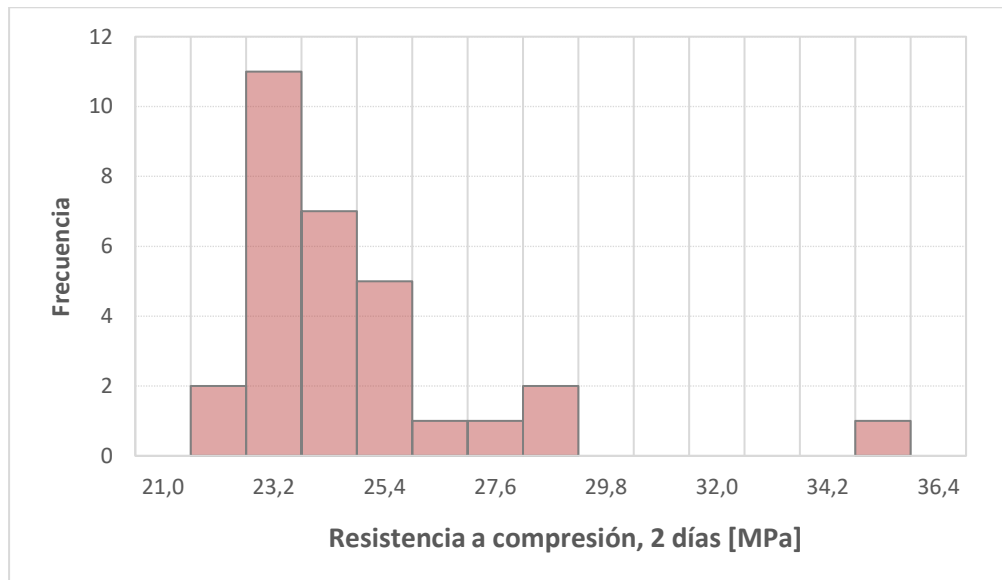
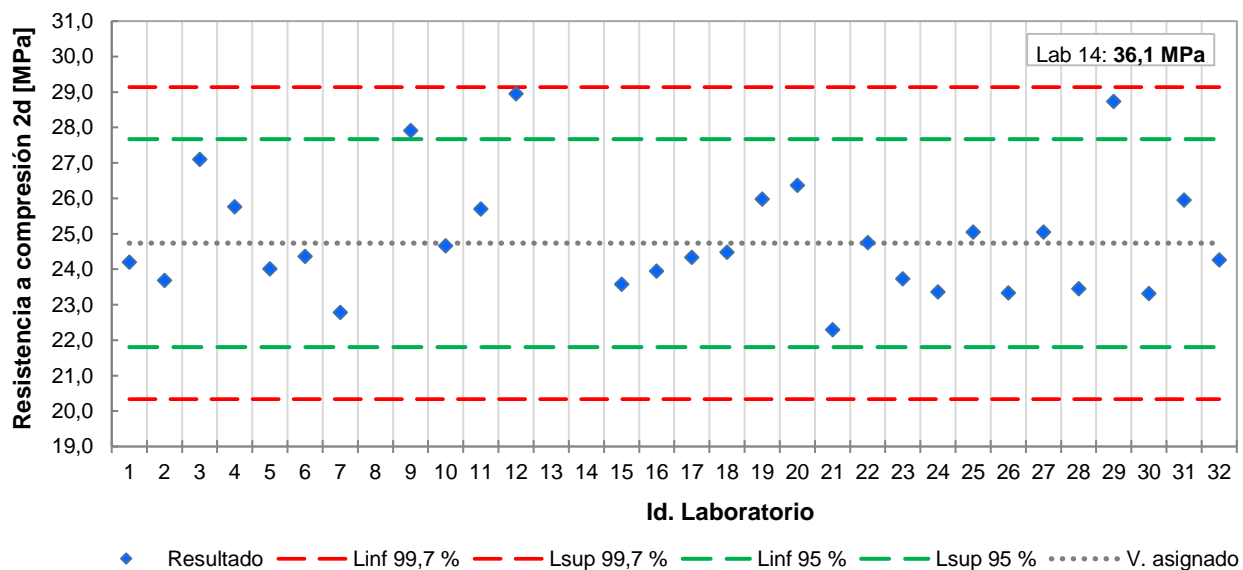


Gráfico N° 46. Resistencia a compresión a 2 días según método de ensayo IRAM 1622 (2), EN 196-1 (3) e ISO 679 (4), en Megapascal (MPa).



NOTA. Los resultados obtenidos en ensayos según la norma ASTM C109 (46) no se incluyen en el gráfico anterior por corresponder a un método distinto al de las IRAM 1622 (2), EN 196-1 (3) e ISO 679 (4).

6.3.4. Resistencia a compresión a 28 días

a. Ensayos según normas IRAM 1622 (2), EN 196-1 (3) e ISO 679 (4)

Cantidad de resultados	30 (*)	
Media aritmética	52,6	MPa
Máximo	69,6	
Mínimo	42,4	
Valor asignado (x_{pt})	52,3	
Desviación estándar interlaboratorio (σ_{pt})	2,7	
Coeficiente de Variación (CV)	5,1	%
Incertidumbre del valor asignado ($u(x_{pt})$)	0,6	MPa

Valores "Atípicos"		
Laboratorio L14	69,6	MPa
Laboratorio L22	42,4	

b. Ensayos según otros métodos

Método utilizado	Cantidad de resultados	Resultados informados		Media aritmética		Desvío estándar	
ASTM C109 (46)	2	39,2	MPa	46,3	MPa	-	MPa
		53,3					

Gráfico N° 47. Resistencia a compresión a 28 días. Histograma de frecuencias.

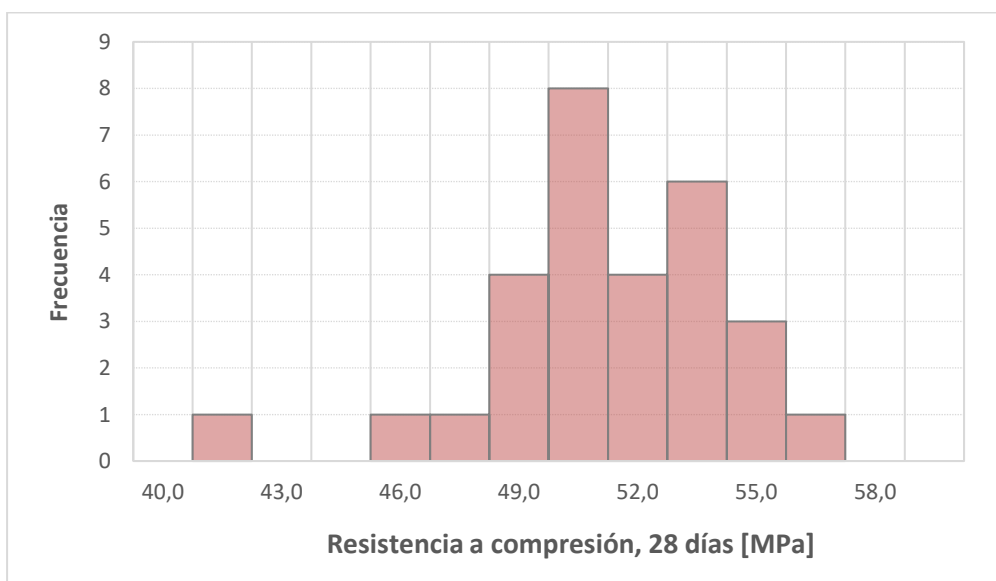
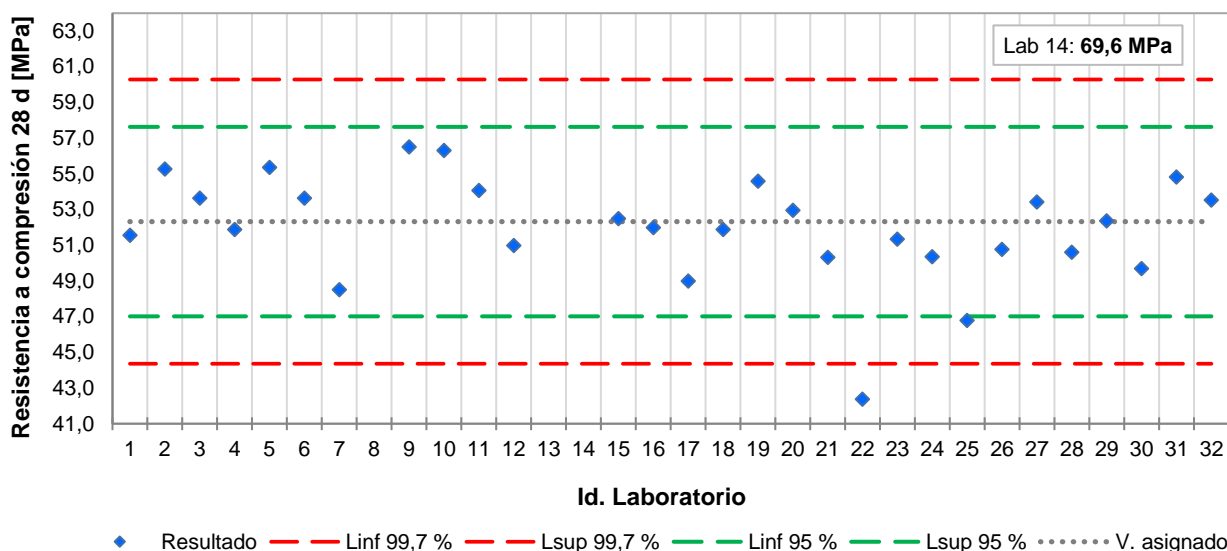


Gráfico N° 48. Resistencia a compresión a 28 días según método de ensayo IRAM 1622 (2), EN 196-1 (3) e ISO 679 (4), en Megapascal (MPa).



NOTA. Los resultados obtenidos en ensayos según la norma ASTM C109 (46) no se incluyen en el gráfico anterior por corresponder a un método distinto al de las IRAM 1622 (2), EN 196-1 (3) e ISO 679 (4).

7. Conclusiones

Sobre un total de 582 resultados informados por los participantes para las 27 determinaciones incluidas en el alcance de este programa interlaboratorio, el 88,5 % fueron calificados con un valor de z-score comprendido entre 2,0 y -2,0, demostrando un desempeño satisfactorio de la mayoría de los participantes. En tanto, el 5,6 % de los resultados corresponden a casos de desempeño “dudoso” ($2,0 < |z| < 3,0$), y el 5,9 % a casos de desempeño no satisfactorio ($|z| > 3,0$).

Por otra parte, el 28,1 % de los participantes obtuvo una calificación “satisfactoria” ($|z| < 2,0$) en todas las determinaciones en los que participaron.

8. Referencias bibliográficas

- (1) Norma IRAM 50000. Cemento. Cemento para uso general. Composición, características, evaluación de la conformidad y condiciones de recepción.
- (2) Norma IRAM 1622. Cemento portland. Determinación de resistencias mecánicas.
- (3) Norma EN 196-1. Methods of testing cement – Part 1. Determination of strength.
- (4) Norma ISO 679. Test methods. Determination of strength.
- (5) Norma IRAM 1633. Arena normalizada.
- (6) Norma UNE EN 196-7. Métodos de ensayo de cementos. Parte 7: Métodos de toma y preparación de muestras de cemento.
- (7) Norma ISO 13528. Statistical methods for use in proficiency testing by interlaboratory comparisons.

- (8) Norma ISO 5725-2. Exactitud (Veracidad y precisión) de métodos de medición y resultados. Parte 2: Método básico para la determinación de repetibilidad y reproducibilidad de un método estándar de medición.
- (9) Norma IRAM 1504. Cemento Portland. Análisis químico.
- (10) Norma IRAM 1591-1. Cementos. Métodos de ensayo. Parte I: Análisis químico por vía húmeda.
- (11) Norma ASTM C114. Estándar test methods for chemical analysis of hydraulic cement.
- (12) Norma NM 18:04. Cemento. Análisis químico. Determinación de la pérdida por calcinación.
- (13) Norma IRAM 1714. Conglomerantes hidráulicos y sus adiciones. Análisis químico por espectrometría de fluorescencia de rayos X.
- (14) Norma ISO 29581-2. Methods of testing cement. Chemical analysis of cement. Part 2: analysis by x-ray fluorescence.
- (15) Norma EN 196-2. Methods of testing cement. Part 2: Chemical analysis of cement.
- (16) Norma IRAM 1692. Cementos. Métodos rápidos de análisis químico.
- (17) Norma NM 12. Cemento Portland. Análisis químico. Determinación de óxido de calcio libre.
- (18) Norma NM 13. Cemento Portland. Análisis químico. Determinación del óxido de calcio libre con etilenglicol.
- (19) Norma NM 15. Cemento Portland. Análisis químico. Determinación del residuo insoluble.
- (20) Norma UNIT 1013. Cemento Portland. Análisis químico. Determinación del contenido de cloruro.
- (21) Norma IRAM 1852. Cementos. Determinación del calor de hidratación. Método del calorímetro de Langavant.
- (22) Norma IRAM 1624. Cemento. Método de ensayo para la determinación de la densidad.
- (23) Norma NM 23. Cemento Portland. Método de determinación de la densidad absoluta.
- (24) Norma ABNT NBR 16605. Cimento Portland e outros materiais em pó — Determinação da massa específica
- (25) Norma ASTM C188. Standard Test Method for Density of Hydraulic Cement.
- (26) Norma IRAM 1623. Cemento portland. Método de ensayo de finura por tamizado seco y por determinación de la superficie específica por permeabilidad al aire (método de Blaine).
- (27) Norma NM 76. Cemento Portland. Determinación de la finura mediante la permeabilidad al aire (método de Blaine).
- (28) Norma ABNT NBR 16372. Cimento Portland e outros materiais em pó - Determinação da finura pelo método de permeabilidade ao ar (método de Blaine)
- (29) Norma ASTM C204. Standard Test Methods for Fineness of Hydraulic Cement by Air-Permeability Apparatus
- (30) Norma IRAM 1612. Cemento. Método de ensayo para la determinación de la consistencia normal.
- (31) Norma NM 43. Cemento Portland. Determinación de la pasta de consistencia normal.
- (32) Norma ABNT NBR 16606. Cimento Portland - Determinação da pasta de consistência normal
- (33) UNIT 1382. Cementos - Métodos de ensayo - Determinación de consistencia normal y tiempo de fraguado
- (34) Norma ASTM C187. Standard Test Method for Amount of Water Required for Normal Consistency of Hydraulic Cement Paste
- (35) Norma IRAM 1619. Cemento. Método de ensayo para la determinación del tiempo de fraguado.
- (36) Norma NM 65. Cemento Portland. Determinación del tiempo de fraguado.

- (37) Norma ABNT NBR 16607. Cimento Portland - Determinação dos tempos de pega
- (38) Norma ASTM C191. Standard Test Methods for Time of Setting of Hydraulic Cement by Vicat Needle
- (39) Norma IRAM 1620. Cemento. Método de ensayo de la expansión en autoclave.
- (40) UNIT 514. Cemento - Ensayo en autoclave para determinar la estabilidad de volumen
- (41) Norma IRAM 1621. Cemento portland. Método de ensayo de finura por tamizado húmedo.
- (42) Norma UNIT 1064. Cementos. Método de determinación de la finura por tamizado húmedo con tamiz 75 μ m.
- (43) Norma UNIT 327. Cemento Portland. Determinación de la finura por medio de tamizado seco.
- (44) Norma ABNT NBR 12826. Cimento Portland e outros materiais em pó — Determinação do índice de finura por meio de peneirador aerodinâmico.
- (45) Norma EN 196-6. Métodos de ensayo de cementos. Parte 6: Determinación de la finura.
- (46) ASTM C 1891. Estándar Test Method for Fineness of Hydraulic Cement by Air Jet Sieving at 45- μ m (No. 325)
- (47) ASTM C109. Estándar Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars (Using 2-in. or [50 mm] Cube Specimens)



Damián M. Altgelt
Director Ejecutivo ICPA

ANEXOS

ANEXO 1

Tabla resumen de resultados informados por los participantes

Id. Lab	PPC (%)	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	CaO (%)	MgO (%)	SO ₃ (%)	Cal libre (%)	Res Ins. (%)	Na ₂ O (%)	K ₂ O (%)	Cl ⁻ (%)	S ⁻ (%)
L01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
L02	4,28	21,73	4,99	3,57	59,52	1,61	2,75	0,48	1,37	0,11	0,85	0,03	-
L03	4,36	21,42	4,92	3,76	59,34	1,77	2,63	0,69	1,72	0,11	0,84	-	0,12
L04	4,28	21,73	5,01	3,75	59,45	1,51	2,75	-	1,76	0,07	0,90	-	-
L05	4,43	21,07	5,08	3,51	59,54	1,71	2,69	-	1,41	0,14	0,80	0,01	-
L06	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
L07	4,32	-	-	-	-	-	1,41	-	0,84	-	-	-	-
L08	3,96	21,69	4,89	3,65	59,45	1,58	2,79	0,63	1,37	0,04	0,85	-	-
L09	4,27	21,74	4,99	3,67	59,29	1,65	2,84	0,57	1,34	0,11	0,86	0,01	-
L10	4,28	21,90	4,97	3,70	59,77	1,64	2,83	0,71	1,28	0,09	0,84	-	-
L11	4,24	21,70	5,07	3,71	59,95	1,65	2,83	-	2,06	0,05	0,85	-	-
L12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
L13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
L14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
L15	4,22	21,69	5,00	3,62	59,55	1,62	2,80	0,50	1,34	0,10	0,86	-	0,11
L16	4,25	21,65	5,09	3,71	59,21	1,64	2,77	0,12	1,36	0,10	0,98	0,01	-
L17	4,28	-	5,72	3,31	59,01	0,63	2,45	-	1,47	0,15	0,54	0,01	0,08
L18	4,25	21,65	4,97	3,74	59,56	1,70	2,70	0,11	1,64	0,08	0,92	-	-
L19	4,27	21,73	4,96	3,67	59,73	1,57	2,69	0,56	1,25	0,09	0,83	0,00	-
L20	4,44	20,81	4,97	3,56	60,35	1,68	2,65	0,43	1,71	0,16	0,81	0,01	-
L21	4,20	21,26	4,97	3,72	59,19	1,73	2,87	0,19	1,58	0,11	0,56	-	-
L22	4,22	21,41	4,90	3,72	60,25	1,61	2,63	0,32	1,37	0,00	0,80	-	-
L23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
L24	4,29	21,51	4,98	3,65	59,13	1,73	2,78	0,16	1,50	0,37	0,79	-	-
L25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
L26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
L27	4,29	21,63	5,02	3,63	59,09	1,63	2,85	0,36	1,35	0,10	0,84	0,01	-
L28	4,31	21,54	5,06	3,78	59,06	1,61	2,83	-	1,85	0,11	0,87	-	-
L29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
L30	4,24	21,82	5,02	3,73	59,39	1,63	2,76	0,73	1,68	0,05	0,82	0,01	-
L31	4,25	21,69	4,96	3,64	59,66	1,61	2,75	0,48	1,67	0,04	0,86	0,03	-
L32	4,30	21,64	4,98	3,61	59,03	1,62	2,85	0,36	1,41	0,10	0,88	0,01	-

ANEXO 1 (Continuación)

Tabla resumen de resultados informados por los participantes

Id. Lab	Calor de hidratación a 41 horas (J/g)	Calor de hidratación a 7 días (J/g)	Densidad (g/cm³)	Superficie Esp. Blaine (cm²/g)	Agua para Pasta de Consistencia Normal (%)	Tiempo fraguado inicial (min)	Expansión en Autoclave (%)
L01	-	-	3,05	4212	25,0	168	-
L02	-	-	3,06	4218	27,1	186	-0,040
L03	295,00	-	3,08	4446	27,2	190	-0,020
L04	-	-	3,09	4222	27,5	164	0,040
L05	-	-	3,08	4140	28,0	205	0,010
L06	276,00	-	3,15	4637	29,8	245	-
L07	-	-	3,16	4290	28,2	186	-
L08	-	-	3,06	4144	20,4	167	-
L09	-	-	3,07	4390	28,0	190	-
L10	-	-	-	4220	28,0	165	0,030
L11	255,90	-	3,04	4062	28,8	200	-0,016
L12	-	-	3,12	4297	28,4	135	-
L13	-	-	3,10	-	27,5	157	-
L14	-	-	3,15	-	-	-	-
L15	-	-	3,06	4281	27,6	186	-0,050
L16	-	-	3,09	4208	28,8	170	-0,023
L17	-	-	3,04	4190	27,6	180	-0,037
L18	-	-	3,05	4143	28,5	190	0,020
L19	-	-	3,05	4335	27,5	165	-0,040
L20	270,30	-	3,11	4200	27,6	185	-0,020
L21	-	-	3,06	4090	29,2	198	-
L22	-	-	-	4120	28,8	205	-
L23	-	-	3,05	4079	28,2	180	-0,008
L24	-	-	3,03	4504	29,1	230	0,010
L25	-	-	3,05	4691	28,1	189	-
L26	-	-	3,05	-	29,5	214	-0,090
L27	-	-	3,06	4042	28,4	190	-0,010
L28	260,23	-	3,06	4120	28,4	185	0,013
L29	-	-	-	-	28,0	260	-
L30	-	-	3,06	4213	27,8	173	0,000
L31	-	-	3,06	4142	27,1	166	-0,040
L32	-	307,99	3,00	4056	26,8	173	-0,010

ANEXO 1 (Continuación)

Tabla resumen de resultados informados por los participantes

Id. Lab	Retenido 75 µm (%)	Retenido 45 µm (%)	Masa de probetas a 2 días (g)	Masa de probetas a 28 días (g)	Resist. Comp. 2 d (MPa)	Resist. Comp. 28 d (MPa)
L01	1,0	2,8	588,6	585,8	24,2	51,6
L02	1,1	3,2	586,2	589,5	23,7	55,3
L03	1,1	2,5	577,1	581,4	27,1	53,6
L04	1,2	3,7	580,3	580,3	25,8	51,9
L05	1,2	-	576,6	577,1	24,0	55,4
L06	1,1	3,0	603,7	595,1	24,4	53,6
L07	1,0	-	578,7	579,3	22,8	48,5
L08	-	-	281,2	285,8	25,4	39,2
L09	1,2	2,7	585,6	584,8	27,9	56,5
L10	1,1	-	573,1	572,5	24,7	56,3
L11	1,2	3,1	580,1	580,4	25,7	54,1
L12	1,2	3,2	593,8	593,4	29,0	51,0
L13	-	-	280,0	282,5	29,5	53,3
L14	-	-	591,7	592,7	36,1	69,6
L15	1,1	3,1	579,2	582,4	23,6	52,5
L16	1,1	2,8	577,7	577,7	24,0	52,0
L17	1,0	1,2	590,9	595,1	24,3	49,0
L18	1,2	3,2	583,7	584,3	24,5	51,9
L19	1,0	3,1	581,0	577,4	26,0	54,6
L20	0,8	3,3	579,6	575,1	26,4	53,0
L21	1,5	3,4	571,8	572,0	22,3	50,3
L22	1,1	3,7	582,4	581,5	24,8	42,4
L23	0,2	-	588,3	591,5	23,7	51,4
L24	1,2	3,4	579,3	580,0	23,4	50,4
L25	-	-	586,2	585,0	25,1	46,8
L26	-	-	574,1	585,0	23,3	50,8
L27	1,0	3,0	579,1	584,9	25,1	53,4
L28	1,2	3,1	583,0	580,7	23,5	50,6
L29	-	-	575,0	577,4	28,7	52,4
L30	1,2	3,0	569,8	581,5	23,3	49,7
L31	1,1	2,9	593,0	590,7	26,0	54,8
L32	1,0	3,0	578,7	582,7	24,3	53,5

NOTA. Los resultados de distribución granulométrica por difracción láser se detallan en el punto 6.2.10.



Damián M. Altgelt
Director Ejecutivo

ANEXO 2

Z-score para los laboratorios participantes

Para la evaluación de los resultados informados por los participantes se empleó el criterio del parámetro “z-value” definido de la siguiente manera, de acuerdo con lo indicado en la norma ISO 13528:

$$z_i = \frac{x_i - X_{ref}}{S}$$

Donde,

x_i : resultado de ensayo para la determinación de análisis, del participante “i”

X_{ref} : valor asignado para la determinación de análisis en este estudio interlaboratorio, calculado según se indica en 5.c.

S: desviación estándar para la determinación de análisis en este estudio interlaboratorio, calculado según se indica en 5.c.

De acuerdo con la norma ISO 13528 (7), el parámetro “z-value” puede ser interpretado con el siguiente criterio:

Para $|z| < 2,0$ Desempeño “aceptable”

Para $2,0 < |z| < 3,0$ Desempeño “cuestionable”

Para $|z| \geq 3,0$ Desempeño “no satisfactorio”

Los valores del parámetro “z” calculados se indican a continuación.

ANEXO 2 (Continuación)

Tabla resumen del parámetro “Z-Score”, por participante y determinación

Id. Lab	PPC	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	Cal libre	Res Ins.	Na ₂ O	K ₂ O	Cl ⁻	S ⁻
L01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
L02	0,13	0,71	0,00	-1,26	0,21	-0,60	0,00	0,18	-0,57	0,46	0,19	1,91	-
L03	1,85	-1,60	-1,64	1,17	-0,31	3,71	-1,25	1,11	1,23	0,46	-0,06	-	0,80
L04	0,13	0,71	0,47	1,04	0,01	-3,29	0,00	-	1,43	-1,02	1,42	-	-
L05	3,35	-4,20	2,11	-2,02	0,26	2,10	-0,63	-	-0,37	1,57	-1,04	-0,30	-
L06	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
L07	0,99	-	-	-	-	-	-13,97	-	-3,30	-	-	-	-
L08	-6,75	0,41	-2,35	-0,24	0,01	-1,41	0,42	0,85	-0,57	-2,13	0,19	-	-
L09	-0,08	0,78	0,00	0,02	-0,46	0,48	0,94	0,58	-0,73	0,46	0,44	-0,30	-
L10	0,13	1,97	-0,47	0,40	0,93	0,21	0,83	1,20	-1,04	-0,28	-0,06	-	-
L11	-0,73	0,49	1,87	0,53	1,44	0,48	0,83	-	2,97	-1,76	0,19	-	-
L12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
L13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
L14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
L15	-1,16	0,41	0,23	-0,62	0,29	-0,33	0,52	0,27	-0,73	0,09	0,44	-	0,32
L16	-0,51	0,11	2,34	0,53	-0,69	0,21	0,21	-1,41	-0,62	0,09	3,38	-0,30	-
L17	0,13	-	17,11	-4,57	-1,26	-27,01	-3,13	-	-0,06	1,94	-7,43	-0,30	-1,12
L18	-0,51	0,11	-0,47	0,91	0,32	1,83	-0,52	-1,46	0,82	-0,65	1,91	-	-
L19	-0,08	0,71	-0,70	0,02	0,81	-1,68	-0,63	0,54	-1,19	-0,28	-0,30	-1,41	-
L20	3,57	-6,14	-0,47	-1,38	2,59	1,29	-1,04	-0,04	1,17	2,31	-0,79	-0,30	-
L21	-1,59	-2,79	-0,47	0,66	-0,74	2,63	1,25	-1,10	0,51	0,46	-6,93	-	-
L22	-1,16	-1,67	-2,11	0,66	2,31	-0,60	-1,25	-0,53	-0,57	-3,62	-1,04	-	-
L23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
L24	0,34	-0,93	-0,24	-0,24	-0,92	2,63	0,31	-1,24	0,10	10,10	-1,28	-	-
L25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
L26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
L27	0,34	-0,03	0,70	-0,49	-1,03	-0,06	1,04	-0,35	-0,68	0,09	-0,06	-0,30	-
L28	0,77	-0,70	1,64	1,42	-1,12	-0,60	0,83	-	1,89	0,46	0,68	-	-
L29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
L30	-0,73	1,38	0,70	0,78	-0,17	-0,06	0,10	1,29	1,02	-1,76	-0,55	-0,30	-
L31	-0,51	0,41	-0,70	-0,36	0,61	-0,60	0,00	0,18	0,97	-2,13	0,44	1,91	-
L32	0,56	0,04	-0,24	-0,75	-1,20	-0,33	1,04	-0,35	-0,37	0,09	0,93	-0,30	-

ANEXO 2 (Continuación)

Tabla resumen del parámetro “Z-Score”, por participante y determinación

Id. Lab	Calor de hidratación a 41 horas	Calor de hidratación a 7 días	Densidad	Superficie Específica Blaine	Agua para Pasta de Consistencia Normal	Tiempo de fraguado inicial	Expansión en Autoclave
L01	-	-	-0,77	-0,02	-4,00	-0,87	-
L02	-	-	-0,22	0,03	-1,24	0,03	-0,90
L03	1,53	-	0,88	1,81	-1,11	0,23	-0,24
L04	-	-	1,43	0,06	-0,71	-1,07	1,75
L05	-	-	0,88	-0,58	-0,06	0,98	0,76
L06	0,29	-	4,74	3,30	2,31	2,98	-
L07	-	-	5,29	0,59	0,21	0,03	-
L08	-	-	-0,22	-0,55	(*)	(*)	-
L09	-	-	0,33	1,37	-0,06	0,23	-
L10	-	-	-	0,05	-0,06	-1,02	1,42
L11	-1,01	-	-1,33	-1,19	1,00	0,73	-0,11
L12	-	-	3,08	0,65	0,47	-2,52	-
L13	-	-	1,98	-	-0,71	-1,42	-
L14	-	-	4,74	-	-	-	-
L15	-	-	-0,22	0,52	-0,58	0,03	-1,23
L16	-	-	1,43	-0,05	1,00	-0,77	-0,34
L17	-	-	-1,33	-0,19	-0,58	-0,27	-0,80
L18	-	-	-0,77	-0,55	0,60	0,23	1,09
L19	-	-	-0,77	0,94	-0,66	-1,02	-0,90
L20	-0,08	-	2,53	-0,11	-0,58	-0,02	-0,24
L21	-	-	-0,22	-0,97	1,52	0,63	-
L22	-	-	-	-0,73	1,00	0,98	-
L23	-	-	-0,77	-1,05	(*)	-0,27	0,16
L24	-	-	-1,88	2,26	1,39	2,23	0,76
L25	-	-	-0,77	3,72	0,08	0,18	-
L26	-	-	-0,77	-	1,92	1,43	-2,56
L27	-	-	-0,11	-1,34	0,47	0,23	0,09
L28	-0,73	-	-0,22	-0,73	0,47	-0,02	0,86
L29	-	-	-	-	-0,06	3,74	-
L30	-	-	-0,22	-0,01	-0,32	-0,62	0,43
L31	-	-	-0,22	-0,56	-1,24	-0,97	-0,90
L32	-	(*)	-3,53	-1,23	-1,64	-0,62	0,09

(*) No determinado. Se omite el cálculo del parámetro Z por la baja cantidad de resultados en la determinación o método utilizado

ANEXO 2 (Continuación)

Tabla resumen del parámetro “Z-Score”, por participante y determinación

Id. Lab	Retenido 75 µm	Retenido 45 µm	Masa de probetas 2 días	Masa de probetas 28 días	Resist. Compres. 2 d	Resist. Compres. 28 d
L01	-0,90	-1,11	1,06	0,55	-0,37	-0,29
L02	-0,01	0,47	0,71	1,20	-0,72	1,11
L03	-0,01	-2,29	-0,68	-0,22	1,61	0,49
L04	0,88	2,44	-0,19	-0,42	0,70	-0,17
L05	0,88	-	-0,75	-0,98	-0,49	1,15
L06	-0,01	-0,32	3,35	2,19	-0,25	0,49
L07	-1,25	-	-0,43	-0,61	-1,33	-1,43
L08	-	-	0,71	0,71	-0,71	-0,71
L09	0,88	-1,50	0,60	0,37	2,17	1,57
L10	-0,01	-	-1,28	-1,81	-0,05	1,50
L11	0,88	0,08	-0,22	-0,40	0,66	0,66
L12	0,88	0,47	1,85	1,90	2,87	-0,50
L13	-	-	-0,71	-0,71	0,71	0,71
L14	-	-	1,53	1,76	7,74	6,51
L15	0,17	0,19	-0,36	-0,05	-0,79	0,07
L16	-0,01	-1,11	-0,59	-0,89	-0,54	-0,13
L17	-0,90	-7,42	1,42	2,19	-0,27	-1,25
L18	0,88	0,47	0,32	0,29	-0,17	-0,17
L19	-0,99	0,08	-0,09	-0,94	0,85	0,85
L20	-2,67	0,87	-0,30	-1,34	1,11	0,24
L21	3,62	1,18	-1,48	-1,90	-1,66	-0,76
L22	-0,45	2,33	0,13	-0,21	0,01	-3,75
L23	-7,99	-	1,02	1,56	-0,68	-0,37
L24	0,96	1,26	-0,34	-0,48	-0,93	-0,74
L25	-	-	0,70	0,41	0,21	-2,09
L26	-	-	-1,13	0,41	-0,96	-0,59
L27	-0,90	-0,32	-0,37	0,40	0,21	0,41
L28	0,79	0,08	0,21	-0,35	-0,88	-0,65
L29	-	-	-0,99	-0,94	2,72	0,02
L30	0,70	-0,32	-1,79	-0,22	-0,97	-0,99
L31	-0,01	-0,71	1,72	1,41	0,83	0,94
L32	-0,90	-0,32	-0,44	-0,01	-0,32	0,46



Damián M. Altgelt
Director Ejecutivo ICPA

ANEXO 3

Análisis de homogeneidad de las muestras

Para evaluar la hipótesis de homogeneidad de las muestras enviadas a los participantes se estableció un procedimiento de muestreo en base a lo indicado en la norma ISO 13528 (7), utilizando como parámetro de análisis (mensurando) el retenido en tamiz 75 μm vía húmeda, según IRAM 1621 (41).

El estudio se efectuó a partir de porciones de material procedentes de 7 muestras de ensayo preparadas para ser distribuidas con los participantes. Las muestras se prepararon por duplicado y fueron entregadas al laboratorio de ensayo¹, identificadas como "MH 1" a "MH 14".

En la siguiente tabla se presentan los resultados de los retenidos en el tamiz 75 μm , para cada determinación. Para cada muestra se aplicó la prueba de Cochran para analizar la varianza de los resultados, antes del análisis de conformidad de los resultados con el criterio de aceptación de la hipótesis de homogeneidad que establece la norma ISO 13528 (7).

Muestras	MH		MH		MH		MH		MH		MH		MH	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Ret. en tamiz 75 μm (g/100g)	1,1	1,3	1,2	1,3	1,2	1,2	1,3	1,1	1,3	1,3	1,2	1,3	1,3	1,2

Según el criterio alternativo indicado en el Anexo B de la norma ISO 13528 (7), se verifica la condición de homogeneidad para la desviación estándar interlaboratorio del ensayo (σ_{pt}), adoptado como 0,12 g/100g.



Damián M. Altgelt
Director Ejecutivo ICPA

¹ INTI. Instituto Nacional de Tecnología Industrial. Departamento Tecnología del Hormigón. Dirección Técnica Tecnología del Hormigón y Aglomerantes. Subgerencia Operativa de Construcciones e Infraestructura. Av. General Paz 5445, Parque Tecnológico Miguelete, Edificio 10. San Martín, Prov. Bs.As (OT 224-3907).

ANEXO 4

Análisis de estabilidad de las muestras

Para evaluar la hipótesis de estabilidad de las muestras se estableció un procedimiento de muestreo en base a lo indicado en la norma ISO 13528 (7), utilizando como parámetro de análisis (mensurando) a la pérdida por calcinación del cemento.

El estudio se efectuó a partir de porciones de material procedentes de 6 de las muestras de ensayo preparadas para los participantes. Las primera porción fue obtenida de 3 muestras seleccionadas al azar entre las enviadas a los participantes, mientras que la segunda porción se obtuvo de otras tres muestras remanentes (preparadas en idénticas condiciones que las enviadas a los participantes, pero conservadas en ICPA), luego de 90 días de la fecha de preparación y envío de las muestras a los participantes. Cada porción fue distribuida en 6 recipientes independientes, que fueron enviadas al laboratorio designado² para su ensayo.

Se asignaron las siguientes identificaciones a las muestras: "ME 1", "ME 2", "ME 3", "ME 4", "ME 5" Y "ME 6" para la primera porción, y "ME 7", "ME 8", "ME 9", "ME 10", "ME 11" Y "ME 12" para la segunda.

El método de ensayo empleado fue el descrito en el apartado 11 de la norma IRAM 1504 (9). En la siguiente tabla se presentan los resultados informados por el laboratorio.

	E01 (diciembre 2023)	E02 (marzo 2024)
Submuestra #1	4,37	4,32
Submuestra #2	4,38	4,37
Submuestra #3	4,35	4,32
Submuestra #4	4,37	4,33
Submuestra #5	4,35	4,35
Submuestra #6	4,36	4,37

NOTA: Todos los valores están expresados en %.

Según el criterio del Anexo B de la ISO 13528 (7) se verifica la condición de estabilidad, para σ_{pt} asumido igual a 0,05 g / 100 g (desvío estándar robusto según algoritmo A de la ISO 13528 (7) de los datos obtenidos en este programa interlaboratorio de cementos ICPA), y considerando una incertidumbre expandida del método de ensayo de 0,1 g / 100 g.



Damián M. Altgelt
Director Ejecutivo ICPA

² INTI. Instituto Nacional de Tecnología Industrial. Departamento Desempeño y Control de Aglomerantes - Dirección Técnica Tecnología del Hormigón y Aglomerantes - Subgerencia Operativa de Construcciones e Infraestructura. Av. General Paz 5445, Parque Tecnológico Miguelete, Edificio 33. San Martín, Prov. Bs.As. (OT 224-3912 y OT 224-4116).