

INSTITUTO BOLIVIANO DE METROLOGÍA IBMETRO



INFORME FINAL

ENSAYO DE APTITUD

Código: EQO-009/2025 - 02

**“DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS FÍSICO-
MECÁNICOS Y QUÍMICOS EN CEMENTO”
MATRIZ: CEMENTO**

DIRECCIÓN DE METROLOGÍA
INDUSTRIAL Y CIENTÍFICA – DMIC

Fecha de emisión: 2026-01-15

Elaborado por:	Yamil Acho Sarzuri	Fecha:	2025-12-29
Revisado y aprobado por:	Jose Luis Gonzales Quino	Fecha:	2025-12-29
Informacion actualizada en:			2026-01-15

El presente documento ha sido elaborado en la Dirección de Metrología
Industrial y Científica del Instituto Boliviano de Metrología

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.02	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 2 de 76	Vigente desde: 2024-10-15	N° de Registro: 009/2025

POLÍTICA DEL IBMETRO PARA EL USO DE INFORMES DE ENSAYO DE APTITUD

La política del Instituto Boliviano de Metrología (IBMETRO) como proveedor de Ensayos de Aptitud que cumple con los requisitos de la norma ISO 17043:2023 se centra en asegurar que los informes finales de resultados de Ensayos de Aptitud se utilicen como una herramienta confiable para evaluar y mejorar la competencia técnica de los laboratorios participantes. El IBMETRO se compromete a proporcionar informes claros, imparciales y basados en evidencia, que incluyan los datos necesarios para la toma de decisiones internas de calidad, preservando la confidencialidad y la integridad de la información individual de cada participante.

Los informes finales en su versión preliminar se constituyen en versiones previas cuyo objetivo es que los participantes verifiquen la información contenida y realizar cambios en los mismos según sea necesario. Algunos cambios pueden afectar a las evaluaciones de desempeño de los participantes, por esta razón los informes finales en su versión preliminar no sustituyen al Informe Final.

Un Informe Final, una vez publicado en nuestra página web, no podrá ser cambiado ni se aceptarán observaciones sobre el contenido, salvo que el Sistema de Gestión de Calidad del IBMETRO así lo requiera.

El informe final del Ensayo de Aptitud será enviado a cada participante vía correo electrónico y será publicado en la página web del IBMETRO (www.ibmetro.gob.bo).

Los participantes y partes interesadas pueden solicitar una impresión oficial del Ensayo de Aptitud, el mismo tendrá un costo adicional.

El IBMETRO se reserva el derecho de utilizar la información del presente informe de Ensayo de Aptitud como fuente para publicaciones o labores didácticas, siempre que se respete el anonimato de los participantes.

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.02	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 3 de 76	Vigente desde: 2024-10-15	N° de Registro: 009/2025

ACTUALIZACIÓN DEL INFORME DE ENSAYO DE APTITUD

*Este informe con código **EQO-009/2025 - 02** reemplaza al informe con código **EQO-009/2025 - 01** en su totalidad, quedando **ANULADO** el informe con código **EQO-009/2025 - 01**. Los cambios realizados son los siguientes:*

Código de informe	Fecha emisión	Modificación realizada
EQO-009/2025 - 02	2026-01-15	- En la página 17 se corrigieron los valores de pérdida por calcinación reportados por un participante debido a un error en la transcripción de los mismos, esta corrección no afecta los resultados ni la evaluación de los demás participantes. - En la página 58, se modificó el título del anexo 17.2.5 de "Pérdida por calcinación" a "Residuo insoluble".

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.02	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 4 de 76	Vigente desde: 2024-10-15	N° de Registro: 009/2025

Índice

1.	INTRODUCCIÓN.....	6
2.	ORGANIZACIÓN	6
3.	UNIDAD DE COORDINACIÓN.....	6
4.	OBJETIVOS	7
5.	ACTIVIDADES DE PROVEEDORES EXTERNOS	7
6.	DESCRIPCIÓN DE LOS ÍTEMS DE ENSAYO	7
7.	HOMOGENEIDAD Y ESTABILIDAD DE LOS ÍTEMS DE ENSAYO	8
8.	VALORES DE REFERENCIA	8
9.	CONFIDENCIALIDAD	10
10.	EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO	10
11.	RESULTADOS.....	12
11.1.	Ensayo de expansión en autoclave	12
11.2.	Estabilidad volumétrica (Le Chatelier)	14
11.3.	Oxido de magnesio.....	16
11.4.	Perdida por calcinación	18
11.5.	Residuo Insoluble	21
11.6.	Resistencia a la compresión 3 días	23
11.7.	Resistencia a la compresión 7 días	25
11.8.	Resistencia a la compresión 28 días	27
11.9.	Superficie específica de Blaine Mínima	29
11.10.	Tamiz 325	32
11.11.	Tiempo de fraguado final	34
11.12.	Tiempo de fraguado inicial	36
11.13.	Trióxido de azufre.....	38
11.14.	Puzolanidad	41
12.	LABORATORIOS PARTICIPANTES	41
13.	OBSERVACIONES GENERALES SOBRE EL DESEMPEÑO DE LOS LABORATORIOS..	42
14.	CONCLUSIONES	42

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.02	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 5 de 76	Vigente desde: 2024-10-15	N° de Registro: 009/2025

15.	APELACIONES.....	43
16.	REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA	43
17.	ANEXOS	44
17.1	Evaluación del tipo de arena utilizada en el parámetro de resistencia a la compresión	44
17.1.1	Resistencia a la compresión 3 días.....	44
17.1.2	Resistencia a la compresión 7 días.....	46
17.1.3	Resistencia a la compresión 28 días.....	49
17.2	Métodos reportados por los participantes.....	53
17.2.1	Ensayo de expansión en autoclave	53
17.2.2	Estabilidad volumétrica (Le Chatelier)	53
17.2.3	Oxido de magnesio	55
17.2.4	Perdida por calcinación	57
17.2.5	Residuo Insoluble.....	59
17.2.6	Resistencia a la compresión 3 días.....	60
17.2.7	Resistencia a la compresión 7 días.....	63
17.2.8	Resistencia a la compresión 28 días	65
17.2.9	Superficie específica de Blaine Mínima	67
17.2.10	Tamiz 325	68
17.2.11	Tiempo de fraguado final.....	71
17.2.12	Tiempo de fraguado inicial	72
17.2.13	Trióxido de azufre.....	73
17.2.14	Puzolanicidad	76

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.02	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 6 de 76	Vigente desde: 2024-10-15	N° de Registro: 009/2025

1. INTRODUCCIÓN

IBMETRO viene organizando rondas de Ensayo de Aptitud dirigido a apoyar a los laboratorios u organismos de inspección que realizan ensayos en la matriz de cemento con la finalidad de mejorar las capacidades analíticas y la gestión en organismos de inspección y laboratorios bolivianos.

Para que un laboratorio u organismo de inspección sea considerado competente es necesario que asegure la confiabilidad de sus resultados. La participación regular en programas de ensayos de aptitud es uno de los medios disponibles para que demuestren su desempeño.

La participación en estos programas es un requisito establecido en las normas de competencia técnica para laboratorios de ensayo. También es un requisito exigido por la Dirección Técnica de Acreditación en Bolivia (DTA-CRI-015) y en algunos casos puede ser un requerimiento establecido en la legislación vigente.

2. ORGANIZACIÓN



Dirección de Metrología Industrial y Científica
 Instituto Boliviano de Metrología – IBMETRO
 Unidad de Metrología Química
 La Paz, Municipio de Achocalla, Av. Illimani, Z. Valle Hermoso
 (+591) 72015382; (+591) 71543136
www.ibmetro.gob.bo

3. UNIDAD DE COORDINACIÓN

COMITÉ TÉCNICO – CIENTÍFICO

Ing. Yamil Acho – Coordinador y Responsable Técnico del ensayo de Aptitud
 Lic. Julian Morales – Responsable estadístico del ensayo de aptitud
 Lic. Jose Luis Gonzales – Supervisor de la Unidad de Metrología Química
 Ing. Henry Paco Marino – Director de Metrología Industrial y Científica

PERSONAL DE APOYO

Lic. Jimena Torrez – Colaborador técnico
 Lic. Gilda Cruz Ochoa - Colaborador Técnico
 Lic. Fernando Huanca - Colaborador Técnico

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.02	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 7 de 76	Vigente desde: 2024-10-15	N° de Registro: 009/2025

4. OBJETIVOS

- Presentar los resultados de la evaluación del desempeño de los laboratorios participantes en el ensayo de aptitud EQO-009-2025 "DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS FÍSICO-MECÁNICOS Y QUÍMICOS EN CEMENTO" que contempla los parámetros de: Resistencia a la compresión, Tamiz 325, Superficie específica de Blaine Mínima, Tiempo de fraguado inicial, Tiempo de fraguado final, Estabilidad volumétrica (Le Chatelier), Ensayo de expansión en Autoclave, Óxido de magnesio, Trióxido de azufre, Residuo insoluble, Pérdida por calcinación, Puzolanidad. Siguiendo los lineamientos establecidos en la Norma ISO/IEC 17043:2023.
- Proveer una herramienta objetiva para que los laboratorios participantes demuestren su competencia técnica ante entes acreditadores y demás partes interesadas.
- Promocionar a los Ensayos de Aptitud que organiza el IBMETRO como herramientas para el aseguramiento interno de la calidad de los organismos de evaluación de la conformidad nacionales.
- Fortalecer la infraestructura nacional de la calidad y la confianza de los usuarios de esta infraestructura.

5. ACTIVIDADES DE PROVEEDORES EXTERNOS

El Laboratorio de Química Orgánica del IBMETRO preparó los ítems de las muestras de CEMENTO P 30 para este ensayo de aptitud a partir de estas muestras.

6. DESCRIPCIÓN DE LOS ÍTEMS DE ENSAYO

Identificación	Matriz	Cantidad de Muestra	Parámetros
EQO-009/2025	Cemento	Aprox. 9 kg	Resistencia a la compresión Tamiz 325 Superficie específica de Blaine Mínima Tiempo de fraguado inicial Tiempo de fraguado final Estabilidad volumétrica (Le Chatelier) Ensayo de expansión en Autoclave Óxido de magnesio Trióxido de azufre Residuo insoluble Pérdida por calcinación Puzolanidad

Tabla 1. Descripción de los ítems de ensayo

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.02	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 8 de 76	Vigente desde: 2024-10-15	N° de Registro: 009/2025

7. HOMOGENEIDAD Y ESTABILIDAD DE LOS ÍTEMS DE ENSAYO

La homogeneidad y la estabilidad de los ítems de ensayo de aptitud fueron evaluadas siguiendo los lineamientos de la norma ISO 17043:2023 e ISO 13528:2022 para garantizar que no tengan influencia en la evaluación de la aptitud de los participantes.

Para evaluar la homogeneidad en los ítems de ensayo de aptitud se verifica que la desviación estándar de debido a la inhomogeneidad (s_s) cumpla el siguiente criterio:

$$s_s \leq 0,3 \sigma_{pt} \quad (1)$$

Para evaluar la estabilidad de los ítems de ensayo de aptitud se verifica que la incertidumbre debido a la inestabilidad (u_{stab}) cumpla el siguiente criterio:

$$u_{stab} \leq 0,3 \sigma_{pt} \quad (2)$$

Cuando no se cumpla (1) y/o (2) se procederá de acuerdo a la sección 10, para incluir la incertidumbre del valor asignado en la desviación estándar para evaluación de aptitud σ_{pt} .

Cuando la desviación estándar para la evaluación de aptitud σ_{pt} es calculada como la desviación estándar de los resultados de los participantes, los componentes de la incertidumbre debido a la inhomogeneidad, transporte e inestabilidad están en gran parte reflejados en la variabilidad de los participantes.

8. VALORES DE REFERENCIA

Para el parámetro de puzolanidad se utilizó el resultado del certificado de conformidad del producto como valor asignado el valor.

El valor asignado x_{pt} para cada uno del resto de los parámetros se obtuvo a partir de la mediana de los resultados, calculada según la siguiente ecuación:

$$Mediana = X_{\frac{n+1}{2}} \quad \text{Si "n" es impar} \quad (3)$$

$$Mediana = \frac{X_{\frac{n}{2}} + X_{\frac{n+1}{2}}}{2} \quad \text{Si "n" es par} \quad (4)$$

Siendo x_i el promedio individual de las mediciones de cada muestra (A y B), el cual fue calculado según la siguiente ecuación:

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.02	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 9 de 76	Vigente desde: 2024-10-15	N° de Registro: 009/2025

$$x_i = \frac{Valor_1 + Valor_2}{2} \quad (5)$$

Siendo Valor 1 y Valor 2 los resultados reportados por los laboratorios (para la muestra A y B).

Para estimar la incertidumbre del valor asignado de los ítems de ensayo en los parámetros a evaluar, se considera los siguientes aportes:

$$u(x_{pt}) = \sqrt{u_{char}^2 + u_{hom}^2 + u_{trans}^2 + u_{stab}^2} \quad (6)$$

Dónde:

$u(x_{pt})$ es la incertidumbre estándar del valor asignado.

u_{char} es la incertidumbre estándar de la caracterización.

u_{hom} es la incertidumbre estándar debido a las diferencias entre ítems de ensayo de aptitud ("inhomogeneidad").

u_{trans} es la incertidumbre estándar debido a la inestabilidad causada por el transporte de los ítems de ensayo de aptitud.

u_{stab} es la incertidumbre estándar de la inestabilidad durante el periodo del ensayo de aptitud.

Cuando el valor asignado ha sido calculado por consenso de los datos de participantes, la incertidumbre estándar de cada uno de los valores asignados ha sido estimada mediante la siguiente expresión:

$$u(x_{pt}) = \frac{1,25 * s^*}{\sqrt{p}} \quad (7)$$

Siendo

s^* = desviación estándar robusta

p = Número de Laboratorios participantes en el parámetro.

Cuando el valor asignado y la desviación estándar robusta en (7) son determinados con los datos de los participantes la incertidumbre del valor asignado puede asumirse que incluye los efectos de la incertidumbre debido a la inhomogeneidad, transporte e inestabilidad.

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.02	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 10 de 76	Vigente desde: 2024-10-15	N° de Registro: 009/2025

La incertidumbre del valor asignado debe cumplir que:

$$u(x_{pt}) \leq 0,3 \sigma_{pt} \quad (8)$$

Cuando no se cumpla (8) se procederá de acuerdo a la sección 10, para incluir la incertidumbre del valor asignado en la desviación estándar para evaluación de aptitud (σ_{pt}).

Para el parámetro de puzolanicidad se tomó como desviación estándar para la evaluación de aptitud el valor reportado en la norma boliviana NB 642 Cemento – Ensayo de puzolanicidad

Para cada uno del resto de parámetros la desviación estándar para la evaluación de aptitud se calculó con la Mediana de la Dispersión Absoluta (MADe), calculada de la siguiente manera:

$$\sigma_{pt} = MADe = 1,4826 * Me | x_i - Me_{x_i} | \quad (9)$$

Dónde:

Me =valor de la mediana

x_i =resultados de cada Laboratorio

Me_{x_i} =mediana de los resultados de cada Laboratorio

9. CONFIDENCIALIDAD

Los resultados del Ensayo de Aptitud han sido tratados con absoluta confidencialidad, cada participante fue identificado por un código individual, que solo es conocido por el laboratorio participante y por la Unidad de Coordinación del ensayo.

10. EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO

El tratamiento de los datos para la evaluación del desempeño estará basado en la Norma ISO 13528:2022, "Statistical methods for use in proficiency testing by interlaboratory comparisons". El desempeño de cada laboratorio participante en el Ensayo de Aptitud será evaluado mediante el z-score.

$$z_i = \frac{x_i - x_{pt}}{\sigma_{pt}} \quad (10)$$

Dónde:

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.02	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 11 de 76	Vigente desde: 2024-10-15	N° de Registro: 009/2025

x_{pt} = Valor asignado

x_i = Resultado del participante "i"

σ_{pt} = Desviación estándar para la evaluación de la aptitud

Se determinó el valor de z-score para cada laboratorio participante. El desempeño ha sido clasificado como *satisfactorio*, *cuestionable*, *insatisfactorio*, a partir de la interpretación de este parámetro. A menor valor absoluto de "z" mejor es el desempeño del laboratorio.

- Satisfactorios: $|z|$ menor o igual a 2
- Cuestionables: $|z|$ mayor a 2 y menor a 3
- Insatisfactorios: $|z|$ mayor o igual a 3

Cuanto menor sea el valor absoluto de "z", mejor será el desempeño del laboratorio.

Para los parámetros en los que la incertidumbre sea significativa respecto al estimador de la dispersión de los laboratorios y se cumpla que:

$$u(x_{pt}) > 0,3 * \sigma_{pt} \quad (11)$$

Se considerará la incertidumbre para expandir el denominador del estadístico de desempeño. Este estadístico se llama z' y se calcula de la siguiente manera:

$$z'_i = \frac{x_i - x_{pt}}{\sqrt{\sigma_{pt}^2 + u^2(x_{pt})}} \quad (12)$$

Dónde:

x_{pt} = Valor asignado

x_i = Resultado del participante "i"

σ_{pt} = Desviación estándar para la evaluación de la aptitud

$u(x_{pt})$ = Incertidumbre estándar del valor asignado

Para el cálculo de la incertidumbre expandida se considera un factor de cobertura $k=2$.

$$U(x_{pt}) = k * u(x_{pt}) \quad (13)$$

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.02	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 12 de 76	Vigente desde: 2024-10-15	Nº de Registro: 009/2025

11. RESULTADOS

11.1. Ensayo de expansión en autoclave

Parámetro	Valor asignado			
	Valor % (mm/100 mm)	Dispersión (σ_{pt})	Incertidumbre Expandida % (mm/100 mm)	Desviación estándar para evaluación de la aptitud (σ_{pt}')
Ensayo de expansión en autoclave	0,010	0,0148	0,011	0,0158

Tabla 2. Valor asignado, estadístico de dispersión para la evaluación de desempeño e incertidumbre expandida.

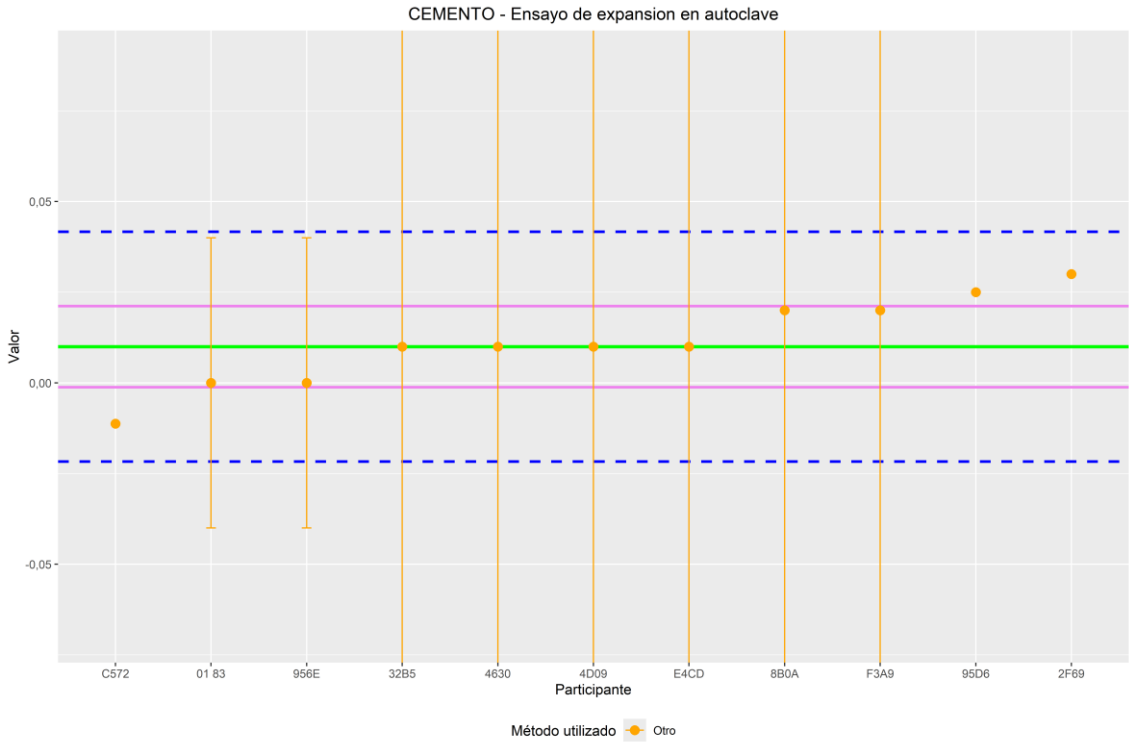


Gráfico 1. Valores reportados por los participantes (puntos negros), incertidumbres asociadas (barras negras), valor asignado (línea verde), estadístico de dispersión multiplicado por 2 (línea segmentada azul) e incertidumbre expandida (línea violeta).

En la siguiente figura se muestran la evaluación del desempeño de los participantes, de forma gráfica.

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.02	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 13 de 76	Vigente desde: 2024-10-15	N° de Registro: 009/2025

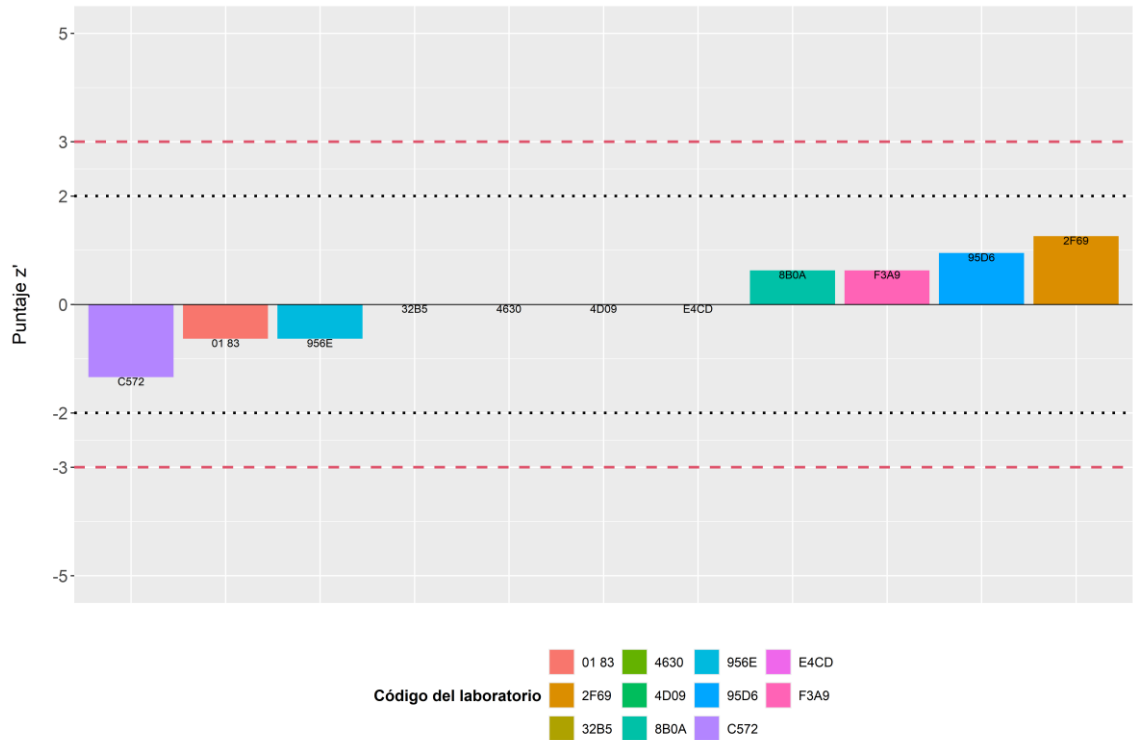


Gráfico 2. Evaluación de desempeño de los participantes (Nota. Los valores insatisfactorios que salen de la escala no son visualizados).

En el siguiente cuadro se resume la información más relevante de la evaluación del desempeño de los participantes.

Participante	Resultado reportado % (mm/100 mm)	Incertidumbre expandida U (k=2) % (mm/100 mm)	Puntaje z'	Resultado de evaluación
C572	-0,011	NA	-1,34	Satisfactorio
956E	0,000	0,040	-0,63	Satisfactorio
01 83	0,000	0,040	-0,63	Satisfactorio
4D09	0,010	0,110	0,00	Satisfactorio
4630	0,010	0,110	0,00	Satisfactorio
32B5	0,010	0,110	0,00	Satisfactorio
E4CD	0,010	0,158	0,00	Satisfactorio
F3A9	0,020	0,150	0,63	Satisfactorio
8B0A	0,020	0,150	0,63	Satisfactorio
95D6	0,025	NA	0,95	Satisfactorio
2F69	0,030	NA	1,26	Satisfactorio

Tabla 3. Códigos de participantes, resultados reportados, estadístico de evaluación y resultado de la Evaluación de desempeño (NA = No reportó).

11.2. Estabilidad volumétrica (Le Chatelier)

Parámetro	Valor asignado			
	Valor (mm)	Dispersión (σ_{pt})	Incertidumbre Expandida (mm)	Desviación estándar para evaluación de la aptitud (σ_{pt}')
Estabilidad volumétrica (Le Chatelier)	0,432	0,0704	0,044	0,0737

Tabla 4. Valor asignado, estadístico de dispersión para la evaluación de desempeño e incertidumbre expandida.

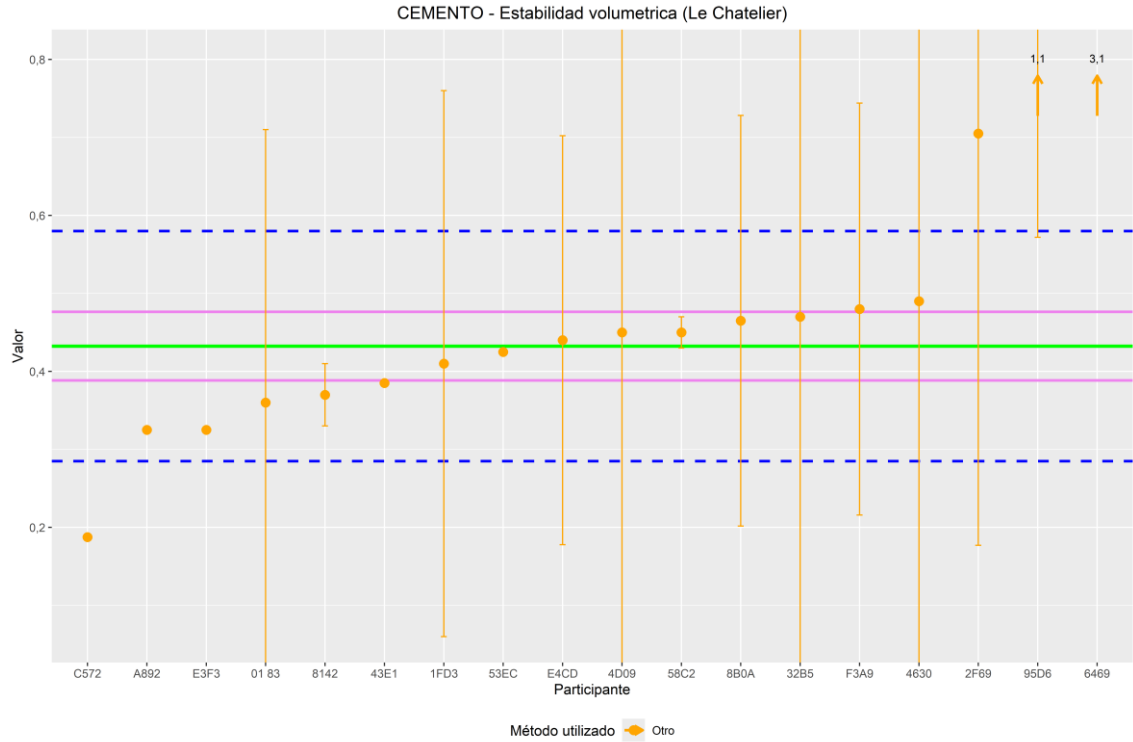


Gráfico 3. Valores reportados por los participantes (puntos negros), incertidumbres asociadas (barras negras), valor asignado (línea verde), estadístico de dispersión multiplicado por 2 (línea segmentada azul) e incertidumbre expandida (línea violeta).

En la siguiente figura se muestran la evaluación del desempeño de los participantes, de forma gráfica.

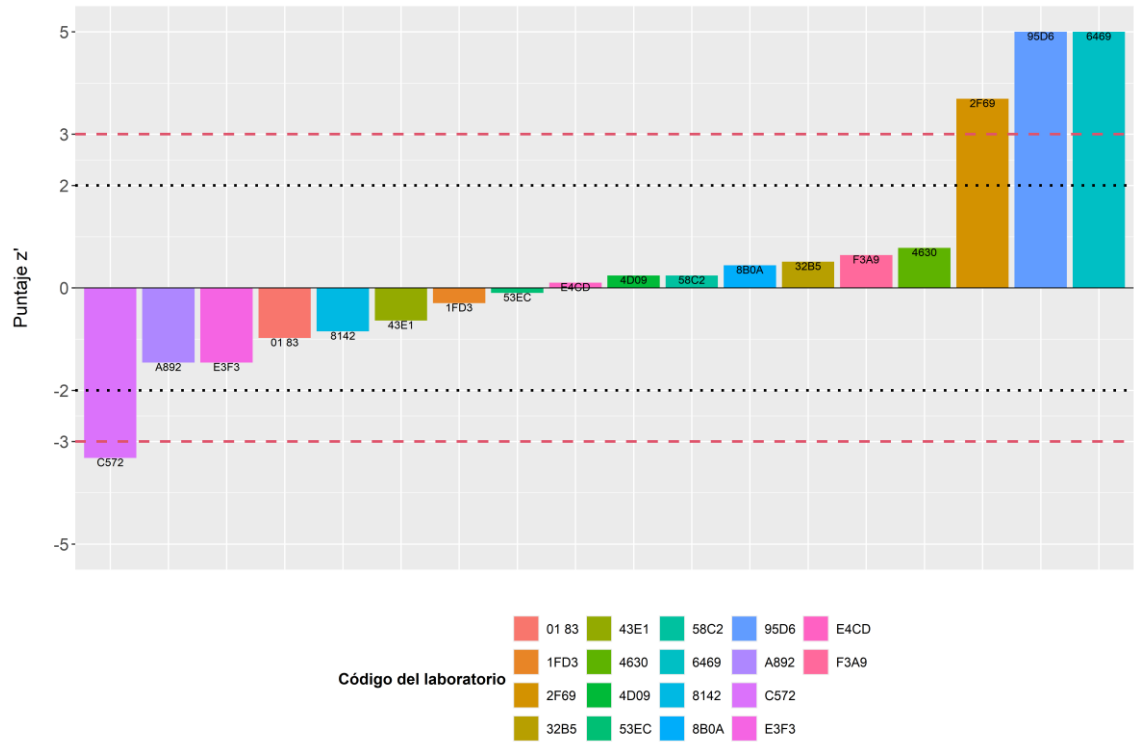


Gráfico 4. Evaluación de desempeño de los participantes (Nota. Los valores insatisfactorios que salen de la escala no son visualizados).

En el siguiente cuadro se resume la información más relevante de la evaluación del desempeño de los participantes.

Participante	Resultado reportado (mm)	Incertidumbre expandida U (k=2) (mm)	Puntaje z'	Resultado de evaluación
C572	0,188	NA	-3,32	Insatisfactorio
A892	0,325	NA	-1,46	Satisfactorio
E3F3	0,325	NA	-1,46	Satisfactorio
01 83	0,360	0,350	-0,98	Satisfactorio
8142	0,370	0,040	-0,85	Satisfactorio
43E1	0,385	NA	-0,64	Satisfactorio
1FD3	0,410	0,350	-0,30	Satisfactorio
53EC	0,425	NA	-0,10	Satisfactorio
E4CD	0,440	0,262	0,10	Satisfactorio
4D09	0,450	0,780	0,24	Satisfactorio
58C2	0,450	0,020	0,24	Satisfactorio
8B0A	0,465	0,263	0,44	Satisfactorio
32B5	0,470	0,780	0,51	Satisfactorio
F3A9	0,480	0,264	0,64	Satisfactorio

Participante	Resultado reportado (mm)	Incertidumbre expandida U (k=2) (mm)	Puntaje z'	Resultado de evaluación
4630	0,490	0,790	0,78	Satisfactorio
2F69	0,705	0,528	3,69	Insatisfactorio
95D6	1,100*	0,528	9,05	Insatisfactorio
6469	3,100*	0,100	36,15	Insatisfactorio

Tabla 5. Códigos de participantes, resultados reportados, estadístico de evaluación y resultado de la Evaluación de desempeño (valores marcados con * fueron considerados atípicos y no fueron considerados en el cálculo de valores por consenso) (NA = No reportó).

11.3. Oxido de magnesio

Parámetro	Valor asignado			
	Valor (g/100 g)	Dispersión (σ_{pt})	Incertidumbre Expandida (g/100 g)	Desviación estándar para evaluación de la aptitud (σ_{pt})
Oxido de magnesio	1,945	0,0370	0,017	0,0370

Tabla 6. Valor asignado, estadístico de dispersión para la evaluación de desempeño e incertidumbre expandida.

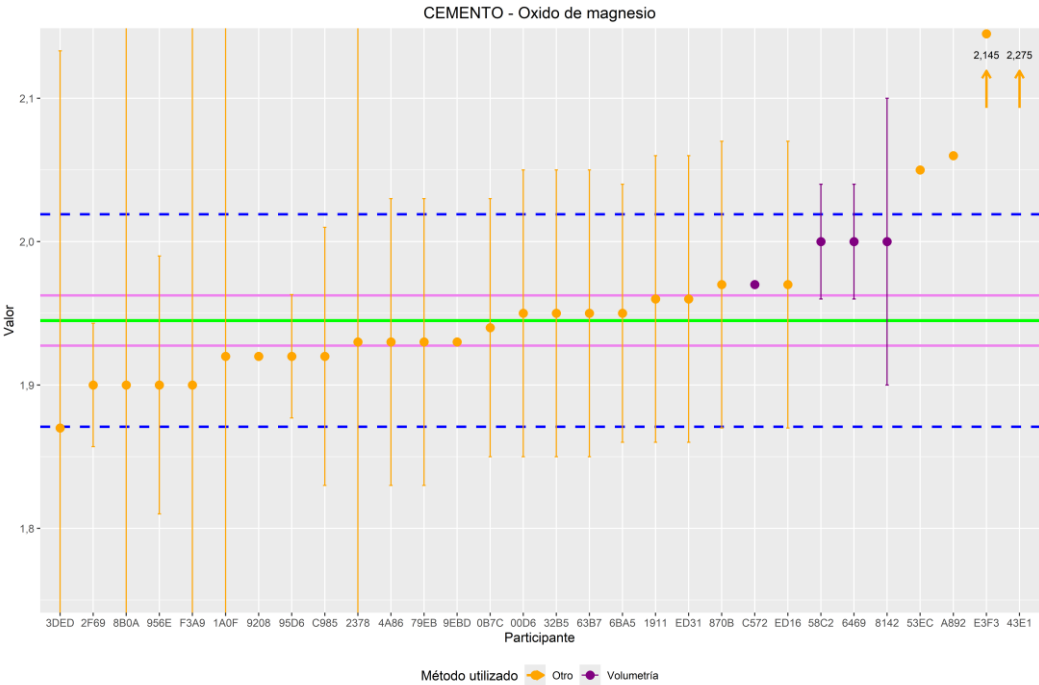


Gráfico 5. Valores reportados por los participantes (puntos negros), incertidumbres asociadas (barras negras), valor asignado (línea verde), estadístico de dispersión multiplicado por 2 (línea segmentada azul) e incertidumbre expandida (línea violeta).

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.02	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 17 de 76	Vigente desde: 2024-10-15	N° de Registro: 009/2025

En la siguiente figura se muestran la evaluación del desempeño de los participantes, de forma gráfica.

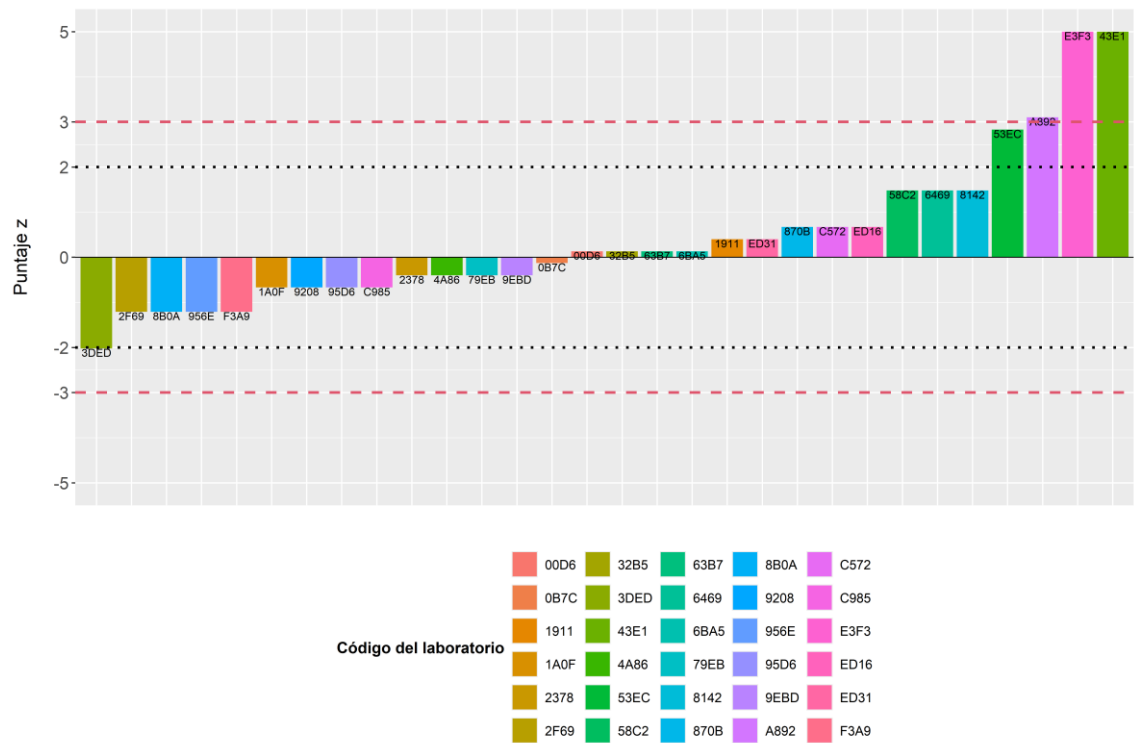


Gráfico 6. Evaluación de desempeño de los participantes (Nota. Los valores insatisfactorios que salen de la escala no son visualizados).

En el siguiente cuadro se resume la información más relevante de la evaluación del desempeño de los participantes.

Participante	Resultado reportado (g/100g)	Incertidumbre expandida U (k=2) (g/100g)	Puntaje z	Resultado de evaluación
3DED	1,870	0,263	-2,02	Cuestionable
2F69	1,900	0,043	-1,21	Satisfactorio
956E	1,900	0,090	-1,21	Satisfactorio
F3A9	1,900	0,262	-1,21	Satisfactorio
8B0A	1,900	0,262	-1,21	Satisfactorio
95D6	1,920	0,043	-0,67	Satisfactorio
9208	1,920	NA	-0,67	Satisfactorio
C985	1,920	0,090	-0,67	Satisfactorio
1A0F	1,920	0,261	-0,67	Satisfactorio
79EB	1,930	0,100	-0,40	Satisfactorio
4A86	1,930	0,100	-0,40	Satisfactorio

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.02	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 18 de 76	Vigente desde: 2024-10-15	N° de Registro: 009/2025

Participante	Resultado reportado (g/100g)	Incertidumbre expandida U (k=2) (g/100g)	Puntaje z	Resultado de evaluación
9EBD	1,930	NA	-0,40	Satisfactorio
2378	1,930	0,261	-0,40	Satisfactorio
0B7C	1,940	0,090	-0,13	Satisfactorio
63B7	1,950	0,100	0,13	Satisfactorio
00D6	1,950	0,100	0,13	Satisfactorio
32B5	1,950	0,100	0,13	Satisfactorio
6BA5	1,950	0,090	0,13	Satisfactorio
1911	1,960	0,100	0,40	Satisfactorio
ED31	1,960	0,100	0,40	Satisfactorio
C572	1,970	NA	0,67	Satisfactorio
ED16	1,970	0,100	0,67	Satisfactorio
870B	1,970	0,100	0,67	Satisfactorio
8142	2,000	0,100	1,48	Satisfactorio
58C2	2,000	0,040	1,48	Satisfactorio
6469	2,000	0,040	1,48	Satisfactorio
53EC	2,050	NA	2,83	Cuestionable
A892	2,060	NA	3,10	Insatisfactorio
E3F3	2,145	NA	5,40	Insatisfactorio
43E1	2,275	NA	8,90	Insatisfactorio

Tabla 7. Códigos de participantes, resultados reportados, estadístico de evaluación y resultado de la Evaluación de desempeño (NA = No reportó).

11.4. Pérdida por calcinación

Parámetro	Valor asignado			
	Valor (g/100 g)	Dispersión (σ_{pt})	Incertidumbre Expandida (g/100 g)	Desviación estándar para evaluación de la aptitud (σ_{pt})
Pérdida por calcinación	3,970	0,1186	0,057	0,1186

Tabla 8. Valor asignado, estadístico de dispersión para la evaluación de desempeño e incertidumbre expandida.

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.02	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 19 de 76	Vigente desde: 2024-10-15	Nº de Registro: 009/2025

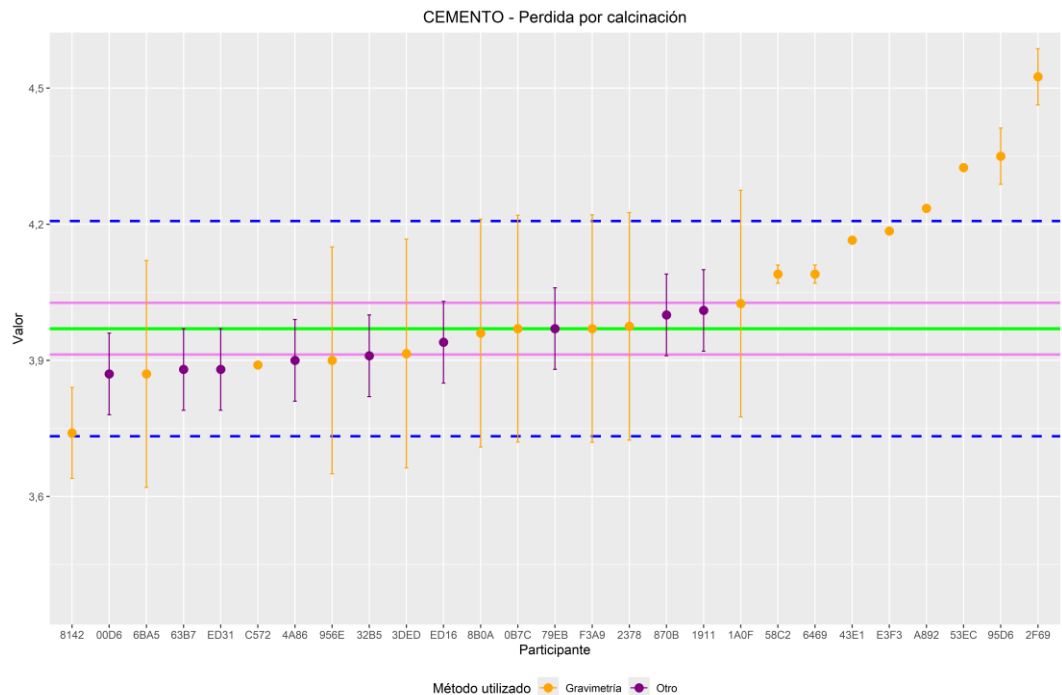


Gráfico 7. Valores reportados por los participantes (puntos negros), incertidumbres asociadas (barras negras), valor asignado (línea verde), estadístico de dispersión multiplicado por 2 (línea segmentada azul) e incertidumbre expandida (línea violeta).

En la siguiente figura se muestran la evaluación del desempeño de los participantes, de forma gráfica.

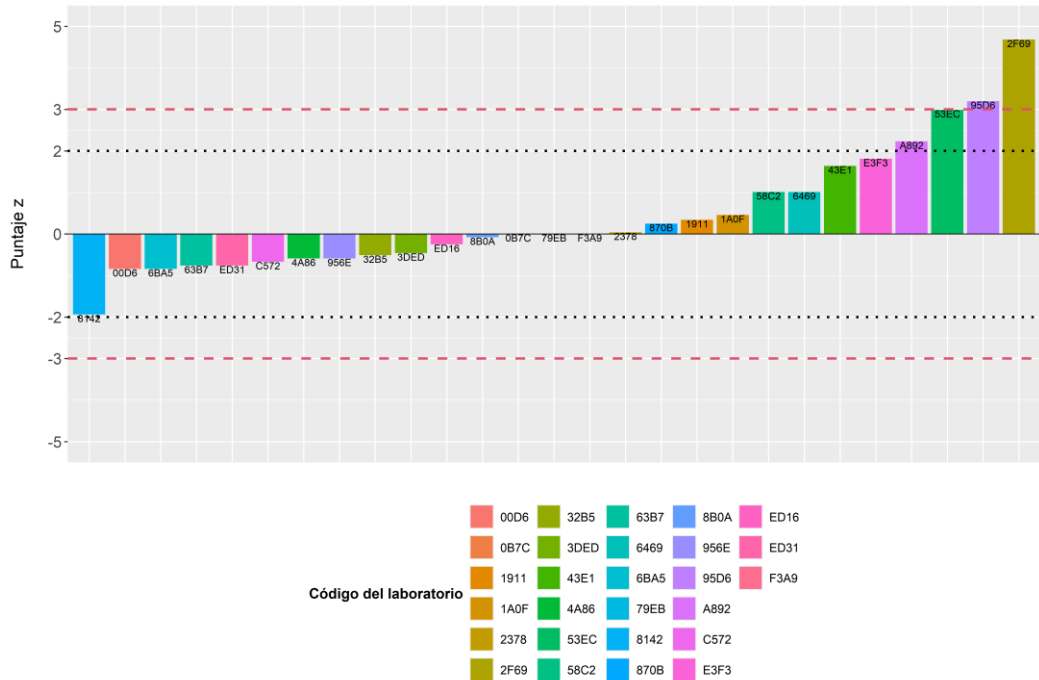


Gráfico 8. Evaluación de desempeño de los participantes (Nota. Los valores insatisfactorios que salen de la escala no son visualizados).

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.02	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 20 de 76	Vigente desde: 2024-10-15	N° de Registro: 009/2025

En el siguiente cuadro se resume la información más relevante de la evaluación del desempeño de los participantes.

Participante	Resultado reportado (g/100g)	Incertidumbre expandida U (k=2) (g/100g)	Puntaje z	Resultado de evaluación
8142	3,740	0,100	-1,94	Satisfactorio
00D6	3,870	0,090	-0,84	Satisfactorio
6BA5	3,870	0,250	-0,84	Satisfactorio
63B7	3,880	0,090	-0,76	Satisfactorio
ED31	3,880	0,090	-0,76	Satisfactorio
C572	3,890	NA	-0,67	Satisfactorio
4A86	3,900	0,090	-0,59	Satisfactorio
956E	3,900	0,250	-0,59	Satisfactorio
32B5	3,910	0,090	-0,51	Satisfactorio
3DED	3,915	0,252	-0,46	Satisfactorio
ED16	3,940	0,090	-0,25	Satisfactorio
8B0A	3,960	0,251	-0,08	Satisfactorio
79EB	3,970	0,090	0,00	Satisfactorio
0B7C	3,970	0,250	0,00	Satisfactorio
F3A9	3,970	0,251	0,00	Satisfactorio
2378	3,975	0,251	0,04	Satisfactorio
870B	4,000	0,090	0,25	Satisfactorio
1911	4,010	0,090	0,34	Satisfactorio
1A0F	4,025	0,250	0,46	Satisfactorio
58C2	4,090	0,020	1,01	Satisfactorio
6469	4,090	0,020	1,01	Satisfactorio
43E1	4,165	NA	1,64	Satisfactorio
E3F3	4,185	NA	1,81	Satisfactorio
A892	4,235	NA	2,23	Cuestionable
53EC	4,325	NA	2,99	Cuestionable
95D6	4,350	0,062	3,20	Insatisfactorio
2F69	4,525	0,062	4,68	Insatisfactorio

Tabla 9. Códigos de participantes, resultados reportados, estadístico de evaluación y resultado de la Evaluación de desempeño (NA = No reportó).

11.5. Residuo Insoluble

Parámetro	Valor asignado			
	Valor (g/100 g)	Dispersión (σ_{pt})	Incertidumbre Expandida (g/100 g)	Desviación estándar para evaluación de la aptitud (σ_{pt})
Residuo Insoluble	28,12	0,533	0,25	0,533

Tabla 10. Valor asignado, estadístico de dispersión para la evaluación de desempeño e incertidumbre expandida.

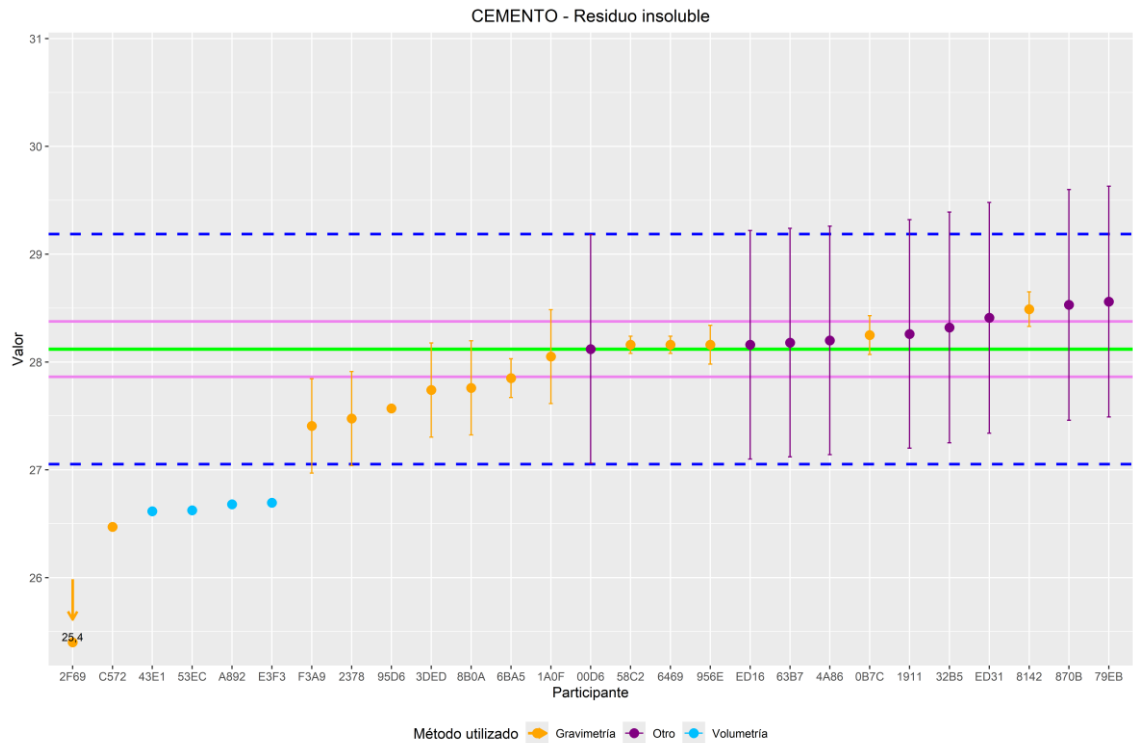


Gráfico 9. Valores reportados por los participantes (puntos negros), incertidumbres asociadas (barras negras), valor asignado (línea verde), estadístico de dispersión multiplicado por 2 (línea segmentada azul) e incertidumbre expandida (línea violeta).

En la siguiente figura se muestran la evaluación del desempeño de los participantes, de forma gráfica.

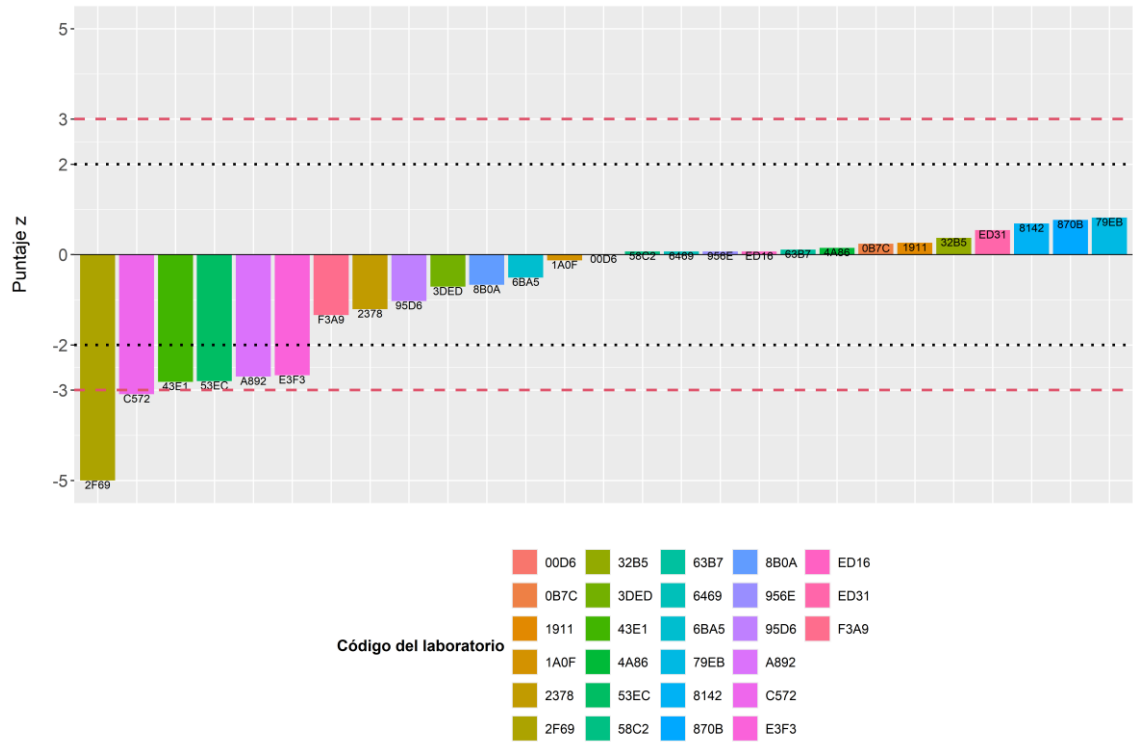


Gráfico 10. Evaluación de desempeño de los participantes (Nota. Los valores insatisfactorios que salen de la escala no son visualizados).

En el siguiente cuadro se resume la información más relevante de la evaluación del desempeño de los participantes.

Participante	Resultado reportado (g/100 g)	Incertidumbre expandida U (k=2) (g/100 g)	Puntaje z	Resultado de evaluación
2F69	25,400	NA	-5,10	Insatisfactorio
C572	26,470	NA	-3,09	Insatisfactorio
43E1	26,615	NA	-2,82	Cuestionable
53EC	26,625	NA	-2,80	Cuestionable
A892	26,680	NA	-2,70	Cuestionable
E3F3	26,695	NA	-2,67	Cuestionable
F3A9	27,407	0,437	-1,34	Satisfactorio
2378	27,475	0,437	-1,21	Satisfactorio
95D6	27,570	NA	-1,03	Satisfactorio
3DED	27,740	0,436	-0,71	Satisfactorio
8B0A	27,760	0,436	-0,67	Satisfactorio
6BA5	27,850	0,180	-0,51	Satisfactorio
1A0F	28,050	0,436	-0,13	Satisfactorio
00D6	28,120	1,060	0,00	Satisfactorio

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.02	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 23 de 76	Vigente desde: 2024-10-15	N° de Registro: 009/2025

Participante	Resultado reportado (g/100 g)	Incertidumbre expandida U (k=2) (g/100 g)	Puntaje z	Resultado de evaluación
ED16	28,160	1,060	0,07	Satisfactorio
58C2	28,160	0,080	0,07	Satisfactorio
6469	28,160	0,080	0,07	Satisfactorio
956E	28,160	0,180	0,07	Satisfactorio
63B7	28,180	1,060	0,11	Satisfactorio
4A86	28,200	1,060	0,15	Satisfactorio
0B7C	28,250	0,180	0,24	Satisfactorio
1911	28,260	1,060	0,26	Satisfactorio
32B5	28,320	1,070	0,37	Satisfactorio
ED31	28,410	1,070	0,54	Satisfactorio
8142	28,490	0,160	0,69	Satisfactorio
870B	28,530	1,070	0,77	Satisfactorio
79EB	28,560	1,070	0,82	Satisfactorio

Tabla 11. Códigos de participantes, resultados reportados, estadístico de evaluación y resultado de la Evaluación de desempeño (NA = No reportó).

11.6. Resistencia a la compresión 3 días

Parámetro	Valor asignado			
	Valor (MPa)	Dispersión (σ_{pt})	Incertidumbre Expandida (MPa)	Desviación estándar para evaluación de la aptitud (σ_{pt})
Resistencia a la compresión 3 días	24,10	1,482	0,80	1,482

Tabla 12. Valor asignado, estadístico de dispersión para la evaluación de desempeño e incertidumbre expandida.

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.02	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 24 de 76	Vigente desde: 2024-10-15	Nº de Registro: 009/2025

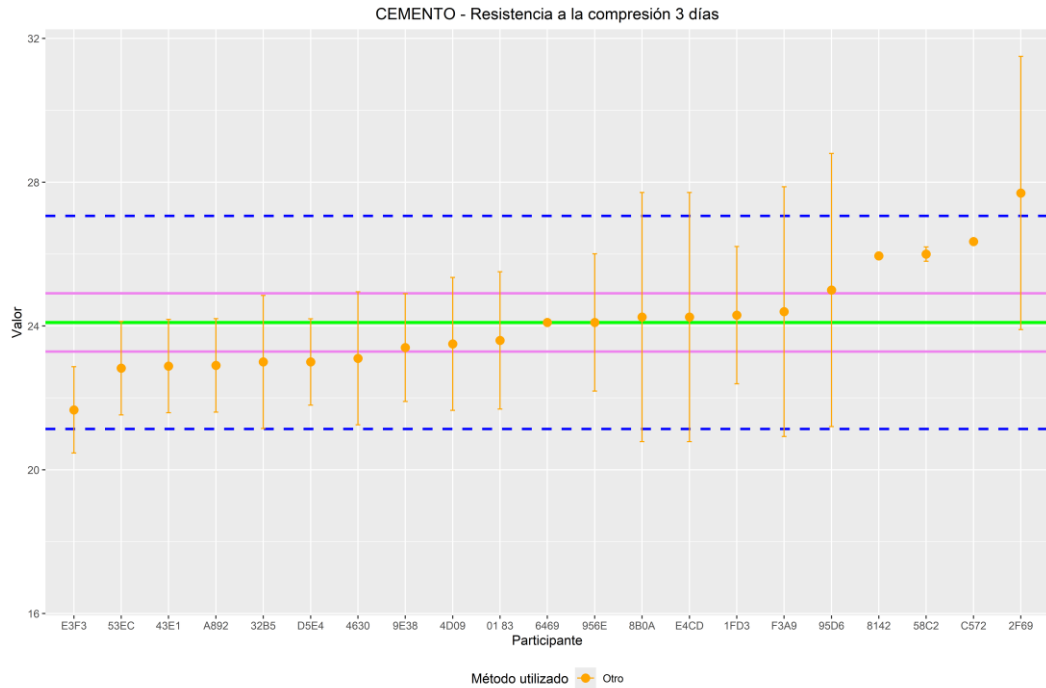


Gráfico 11. Valores reportados por los participantes (puntos negros), incertidumbres asociadas (barras negras), valor asignado (línea verde), estadístico de dispersión multiplicado por 2 (línea segmentada azul) e incertidumbre expandida (línea violeta).

En la siguiente figura se muestran la evaluación del desempeño de los participantes, de forma gráfica.

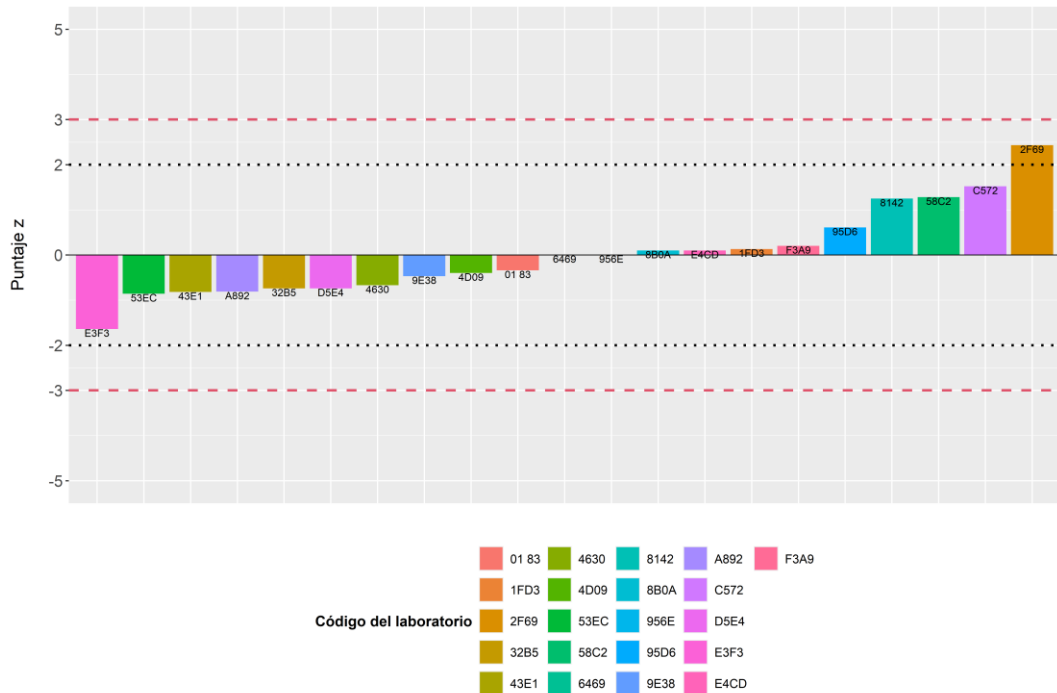


Gráfico 12. Evaluación de desempeño de los participantes (Nota. Los valores insatisfactorios que salen de la escala no son visualizados).

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.02	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 25 de 76	Vigente desde: 2024-10-15	N° de Registro: 009/2025

En el siguiente cuadro se resume la información más relevante de la evaluación del desempeño de los participantes.

Participante	Resultado reportado (MPa)	Incertidumbre expandida U (k=2) (MPa)	Puntaje z	Resultado de evaluación
E3F3	21,665	1,200	-1,64	Satisfactorio
53EC	22,825	1,300	-0,86	Satisfactorio
43E1	22,885	1,300	-0,82	Satisfactorio
A892	22,905	1,300	-0,81	Satisfactorio
D5E4	23,000	1,200	-0,74	Satisfactorio
32B5	23,000	1,850	-0,74	Satisfactorio
4630	23,100	1,850	-0,67	Satisfactorio
9E38	23,400	1,500	-0,47	Satisfactorio
4D09	23,500	1,850	-0,40	Satisfactorio
01 83	23,600	1,910	-0,34	Satisfactorio
6469	24,100	0,000	0,00	Satisfactorio
956E	24,100	1,910	0,00	Satisfactorio
E4CD	24,250	3,466	0,10	Satisfactorio
8B0A	24,250	3,466	0,10	Satisfactorio
1FD3	24,300	1,910	0,13	Satisfactorio
F3A9	24,400	3,475	0,20	Satisfactorio
95D6	25,000	3,800	0,61	Satisfactorio
8142	25,950	0,100	1,25	Satisfactorio
58C2	26,000	0,200	1,28	Satisfactorio
C572	26,350	NA	1,52	Satisfactorio
2F69	27,700	3,800	2,43	Cuestionable

Tabla 13. Códigos de participantes, resultados reportados, estadístico de evaluación y resultado de la Evaluación de desempeño (NA = No reportó).

11.7. Resistencia a la compresión 7 días

Parámetro	Valor asignado			
	Valor (MPa)	Dispersión (σ_{pt})	Incertidumbre Expandida (MPa)	Desviación estándar para evaluación de la aptitud (σ_{pt})
Resistencia a la compresión 7 días	27,50	1,260	0,68	1,260

Tabla 14. Valor asignado, estadístico de dispersión para la evaluación de desempeño e incertidumbre expandida.

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.02	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 26 de 76	Vigente desde: 2024-10-15	N° de Registro: 009/2025

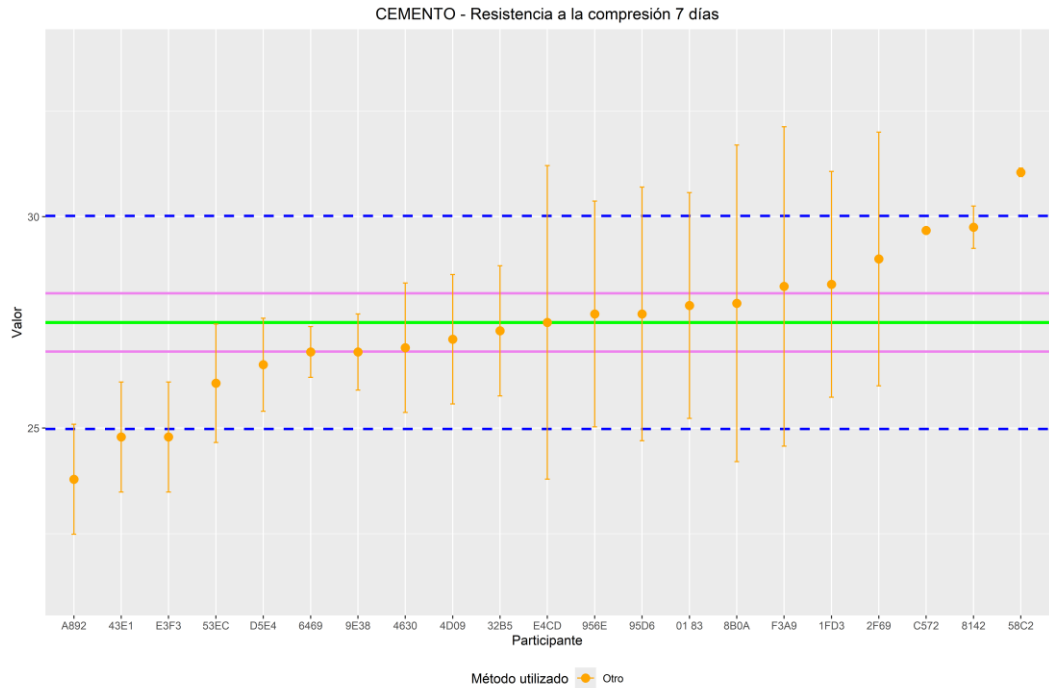


Gráfico 13. Valores reportados por los participantes (puntos negros), incertidumbres asociadas (barras negras), valor asignado (línea verde), estadístico de dispersión multiplicado por 2 (línea segmentada azul) e incertidumbre expandida (línea violeta).

En la siguiente figura se muestran la evaluación del desempeño de los participantes, de forma gráfica.

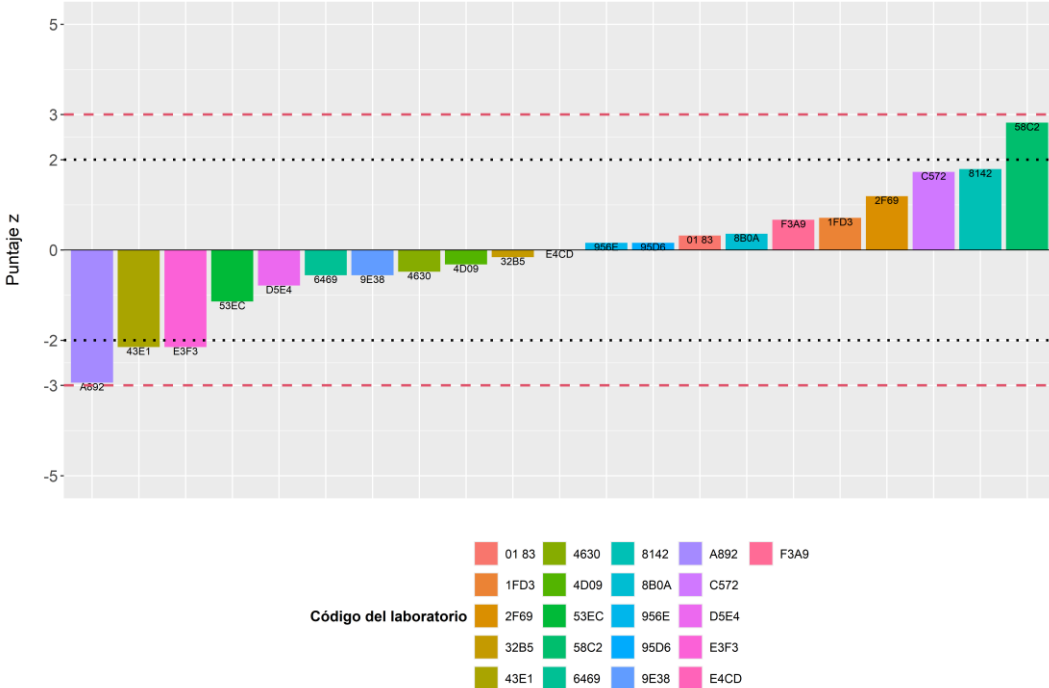


Gráfico 14. Evaluación de desempeño de los participantes (Nota. Los valores insatisfactorios que salen de la escala no son visualizados).

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.02	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 27 de 76	Vigente desde: 2024-10-15	N° de Registro: 009/2025

En el siguiente cuadro se resume la información más relevante de la evaluación del desempeño de los participantes.

Participante	Resultado reportado (MPa)	Incertidumbre expandida U (k=2) (MPa)	Puntaje z	Resultado de evaluación
A892	23,790	1,300	-2,94	Cuestionable
43E1	24,790	1,300	-2,15	Cuestionable
E3F3	24,790	1,300	-2,15	Cuestionable
53EC	26,060	1,400	-1,14	Satisfactorio
D5E4	26,500	1,100	-0,79	Satisfactorio
9E38	26,800	0,900	-0,56	Satisfactorio
6469	26,800	0,600	-0,56	Satisfactorio
4630	26,900	1,530	-0,48	Satisfactorio
4D09	27,100	1,530	-0,32	Satisfactorio
32B5	27,300	1,540	-0,16	Satisfactorio
E4CD	27,500	3,709	0,00	Satisfactorio
95D6	27,700	3,000	0,16	Satisfactorio
956E	27,700	2,670	0,16	Satisfactorio
01 83	27,900	2,670	0,32	Satisfactorio
8B0A	27,950	3,745	0,36	Satisfactorio
F3A9	28,350	3,776	0,67	Satisfactorio
1FD3	28,400	2,670	0,71	Satisfactorio
2F69	29,000	3,000	1,19	Satisfactorio
C572	29,675	NA	1,73	Satisfactorio
8142	29,750	0,500	1,79	Satisfactorio
58C2	31,050	0,100	2,82	Cuestionable

Tabla 15. Códigos de participantes, resultados reportados, estadístico de evaluación y resultado de la Evaluación de desempeño (NA = No reportó).

11.8. Resistencia a la compresión 28 días

Parámetro	Valor asignado			
	Valor (MPa)	Dispersión (σ_{pt})	Incertidumbre Expandida (MPa)	Desviación estándar para evaluación de la aptitud (σ_{pt})
Resistencia a la compresión 28 días	35,50	1,334	0,72	1,334

Tabla 16. Valor asignado, estadístico de dispersión para la evaluación de desempeño e incertidumbre expandida.

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.02	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 28 de 76	Vigente desde: 2024-10-15	N° de Registro: 009/2025

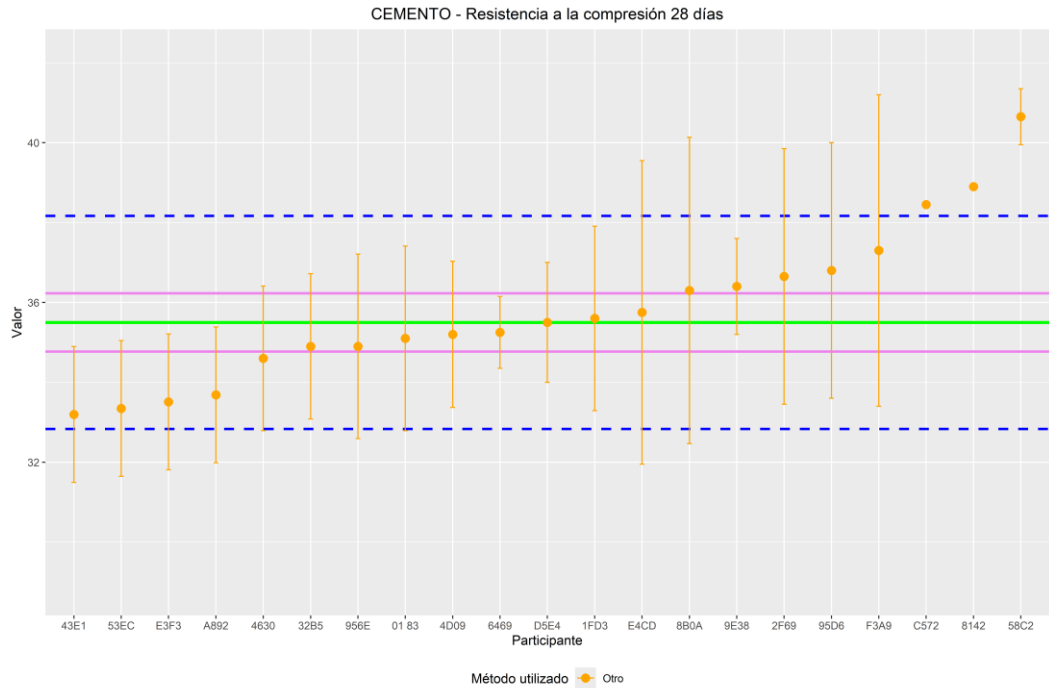


Gráfico 15. Valores reportados por los participantes (puntos negros), incertidumbres asociadas (barras negras), valor asignado (línea verde), estadístico de dispersión multiplicado por 2 (línea segmentada azul) e incertidumbre expandida (línea violeta).

En la siguiente figura se muestran la evaluación del desempeño de los participantes, de forma gráfica.

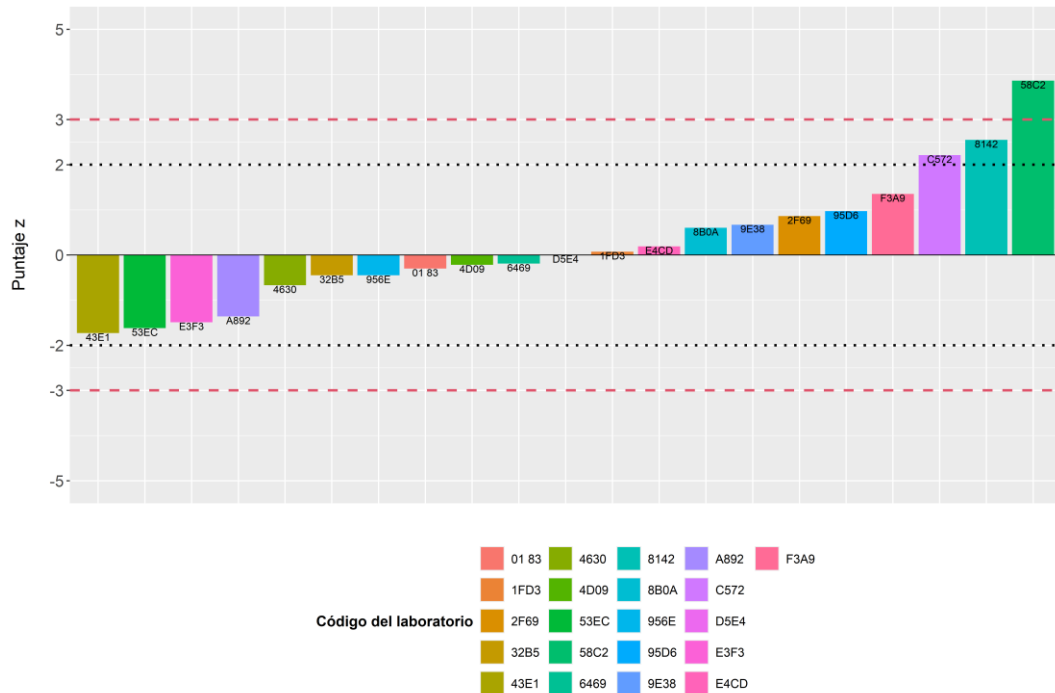


Gráfico 16. Evaluación de desempeño de los participantes (Nota. Los valores insatisfactorios que salen de la escala no son visualizados).

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.02	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 29 de 76	Vigente desde: 2024-10-15	N° de Registro: 009/2025

En el siguiente cuadro se resume la información más relevante de la evaluación del desempeño de los participantes.

Participante	Resultado reportado (MPa)	Incertidumbre expandida U (k=2) (MPa)	Puntaje z	Resultado de evaluación
43E1	33,195	1,700	-1,73	Satisfactorio
53EC	33,345	1,700	-1,62	Satisfactorio
E3F3	33,510	1,700	-1,49	Satisfactorio
A892	33,685	1,700	-1,36	Satisfactorio
4630	34,600	1,810	-0,67	Satisfactorio
32B5	34,900	1,820	-0,45	Satisfactorio
956E	34,900	2,310	-0,45	Satisfactorio
01 83	35,100	2,310	-0,30	Satisfactorio
4D09	35,200	1,830	-0,22	Satisfactorio
6469	35,250	0,900	-0,19	Satisfactorio
D5E4	35,500	1,500	0,00	Satisfactorio
1FD3	35,600	2,310	0,07	Satisfactorio
E4CD	35,750	3,800	0,19	Satisfactorio
8B0A	36,300	3,836	0,60	Satisfactorio
9E38	36,400	1,200	0,67	Satisfactorio
2F69	36,650	3,200	0,86	Satisfactorio
95D6	36,800	3,200	0,97	Satisfactorio
F3A9	37,300	3,900	1,35	Satisfactorio
C572	38,450	NA	2,21	Cuestionable
8142	38,900	0,000	2,55	Cuestionable
58C2	40,650	0,700	3,86	Insatisfactorio

Tabla 17. Códigos de participantes, resultados reportados, estadístico de evaluación y resultado de la Evaluación de desempeño (NA = No reportó).

11.9. Superficie específica de Blaine Mínima

Parámetro	Valor asignado			
	Valor (cm ² /g)	Dispersión (σ_{pt})	Incertidumbre Expandida (cm ² /g)	Desviación estándar para evaluación de la aptitud (σ_{pt})
Superficie específica de Blaine Mínima	4875	111,1	50	111,1

Tabla 18. Valor asignado, estadístico de dispersión para la evaluación de desempeño e incertidumbre expandida.

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.02	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 30 de 76	Vigente desde: 2024-10-15	Nº de Registro: 009/2025

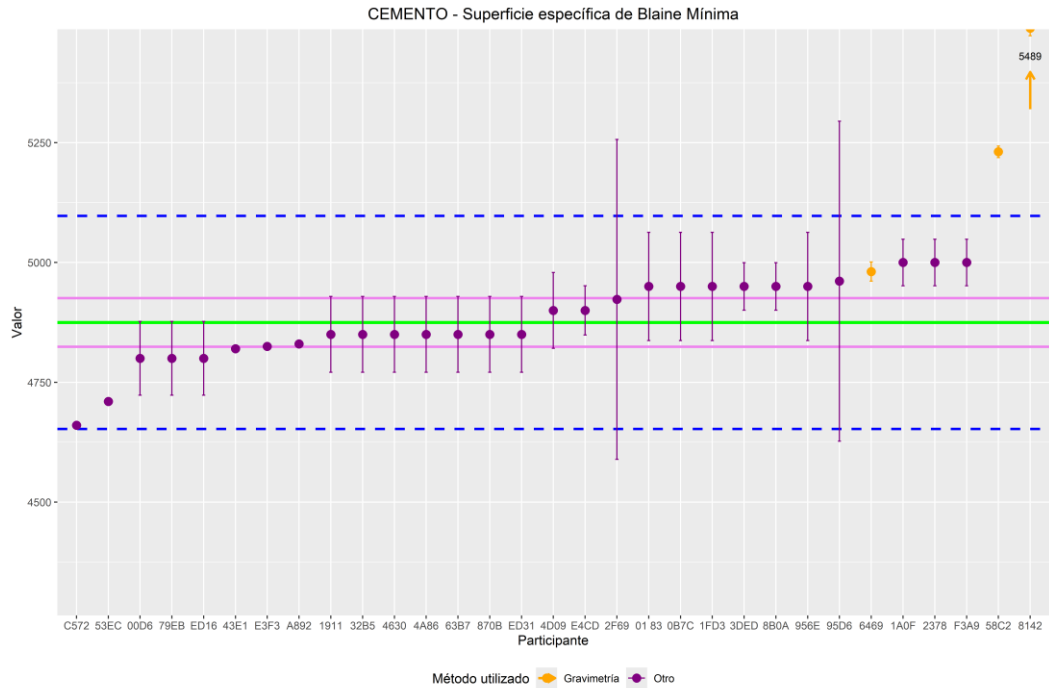


Gráfico 17. Valores reportados por los participantes (puntos negros), incertidumbres asociadas (barras negras), valor asignado (línea verde), estadístico de dispersión multiplicado por 2 (línea segmentada azul) e incertidumbre expandida (línea violeta).

En la siguiente figura se muestran la evaluación del desempeño de los participantes, de forma gráfica.

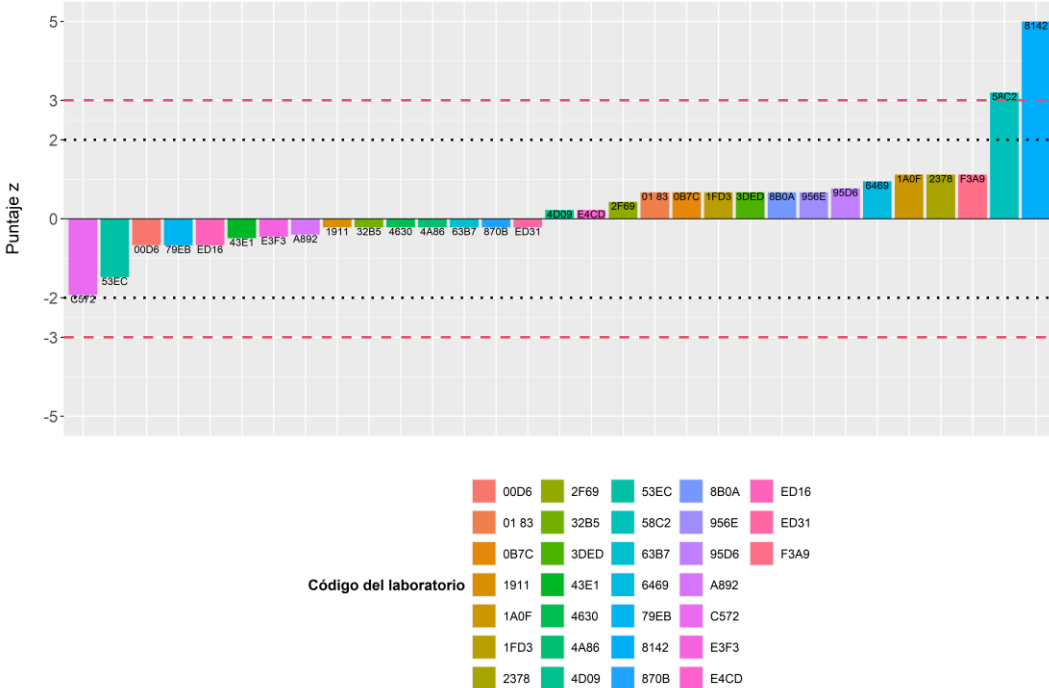


Gráfico 18. Evaluación de desempeño de los participantes (Nota. Los valores insatisfactorios que salen de la escala no son visualizados).

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.02	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 31 de 76	Vigente desde: 2024-10-15	N° de Registro: 009/2025

En el siguiente cuadro se resume la información más relevante de la evaluación del desempeño de los participantes.

Participante	Resultado reportado (cm2/g)	Incertidumbre expandida U (k=2) (cm2/g)	Puntaje z	Resultado de evaluación
C572	4660,25	NA	-1,93	Satisfactorio
53EC	4710,00	NA	-1,48	Satisfactorio
00D6	4800,00	77,000	-0,67	Satisfactorio
ED16	4800,00	77,000	-0,67	Satisfactorio
79EB	4800,00	77,000	-0,67	Satisfactorio
43E1	4820,00	NA	-0,49	Satisfactorio
E3F3	4825,00	NA	-0,45	Satisfactorio
A892	4830,00	NA	-0,40	Satisfactorio
63B7	4850,00	79,000	-0,22	Satisfactorio
4630	4850,00	79,000	-0,22	Satisfactorio
1911	4850,00	79,000	-0,22	Satisfactorio
4A86	4850,00	79,000	-0,22	Satisfactorio
870B	4850,00	79,000	-0,22	Satisfactorio
ED31	4850,00	79,000	-0,22	Satisfactorio
32B5	4850,00	79,000	-0,22	Satisfactorio
4D09	4900,00	79,000	0,22	Satisfactorio
E4CD	4900,00	51,402	0,22	Satisfactorio
2F69	4923,00	333,800	0,43	Satisfactorio
956E	4950,00	113,000	0,67	Satisfactorio
0B7C	4950,00	113,000	0,67	Satisfactorio
1FD3	4950,00	113,000	0,67	Satisfactorio
01 83	4950,00	113,000	0,67	Satisfactorio
3DED	4950,00	49,548	0,67	Satisfactorio
8B0A	4950,00	49,548	0,67	Satisfactorio
95D6	4961,00	333,800	0,77	Satisfactorio
6469	4981,00	20,000	0,95	Satisfactorio
1A0F	5000,00	48,530	1,12	Satisfactorio
F3A9	5000,00	48,530	1,12	Satisfactorio
2378	5000,00	48,530	1,12	Satisfactorio
58C2	5231,00	12,000	3,20	Insatisfactorio
8142	5489,00*	16,000	5,52	Insatisfactorio

Tabla 19. Códigos de participantes, resultados reportados, estadístico de evaluación y resultado de la Evaluación de desempeño (valores marcados con * fueron considerados atípicos y no fueron considerados en el cálculo de valores por consenso) (NA = No reportó).

11.10. Tamiz 325

Parámetro	Valor asignado			
	Valor % (g/100 g)	Dispersión (σ_{pt})	Incertidumbre Expandida % (g/100 g)	Desviación estándar para evaluación de la aptitud (σ_{pt})
Tamiz 325	99,620	0,1482	0,066	0,1482

Tabla 20. Valor asignado, estadístico de dispersión para la evaluación de desempeño e incertidumbre expandida.

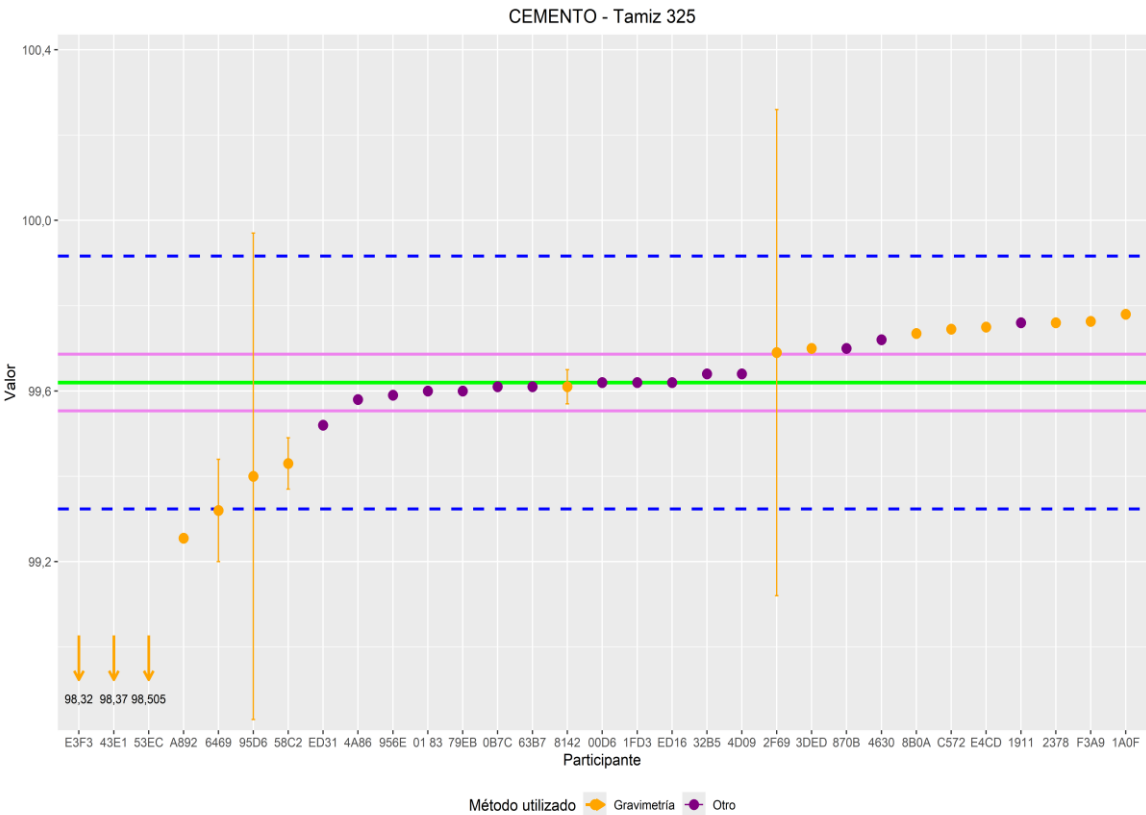


Gráfico 19. Valores reportados por los participantes (puntos negros), incertidumbres asociadas (barras negras), valor asignado (línea verde), estadístico de dispersión multiplicado por 2 (línea segmentada azul) e incertidumbre expandida (línea violeta).

En la siguiente figura se muestran la evaluación del desempeño de los participantes, de forma gráfica.

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.02	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 33 de 76	Vigente desde: 2024-10-15	Nº de Registro: 009/2025

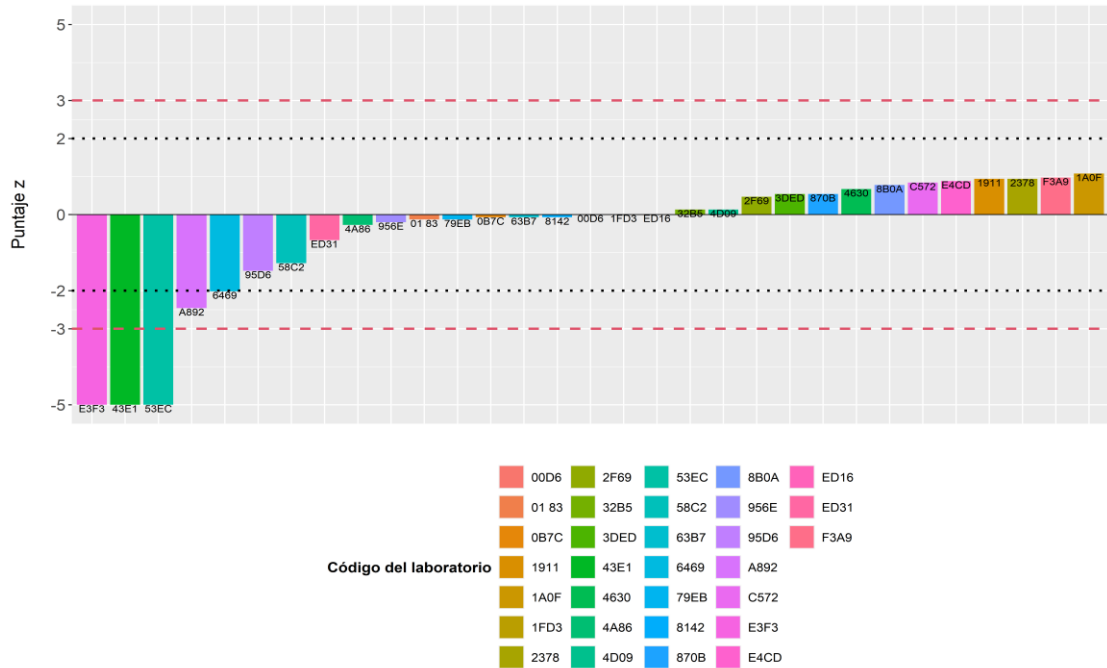


Gráfico 20. Evaluación de desempeño de los participantes (Nota. Los valores insatisfactorios que salen de la escala no son visualizados).

En el siguiente cuadro se resume la información más relevante de la evaluación del desempeño de los participantes.

Participante	Resultado reportado % (g/100 g)	Incertidumbre expandida U (k=2) % (g/100 g)	Puntaje z	Resultado de evaluación
E3F3	98,320	NA	-8,77	Insatisfactorio
43E1	98,370	NA	-8,43	Insatisfactorio
53EC	98,505	NA	-7,52	Insatisfactorio
A892	99,255	NA	-2,46	Cuestionable
6469	99,320	0,12	-2,02	Cuestionable
95D6	99,400	0,57	-1,48	Satisfactorio
58C2	99,430	0,06	-1,28	Satisfactorio
ED31	99,520	NA	-0,67	Satisfactorio
4A86	99,580	NA	-0,27	Satisfactorio
956E	99,590	NA	-0,20	Satisfactorio
79EB	99,600	NA	-0,13	Satisfactorio
01 83	99,600	NA	-0,13	Satisfactorio
63B7	99,610	NA	-0,07	Satisfactorio
8142	99,610	0,04	-0,07	Satisfactorio
0B7C	99,610	NA	-0,07	Satisfactorio

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.02	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 34 de 76	Vigente desde: 2024-10-15	N° de Registro: 009/2025

Participante	Resultado reportado % (g/100 g)	Incertidumbre expandida U (k=2) % (g/100 g)	Puntaje z	Resultado de evaluación
00D6	99,620	NA	0,00	Satisfactorio
ED16	99,620	NA	0,00	Satisfactorio
1FD3	99,620	NA	0,00	Satisfactorio
4D09	99,640	NA	0,13	Satisfactorio
32B5	99,640	NA	0,13	Satisfactorio
2F69	99,690	0,57	0,47	Satisfactorio
870B	99,700	NA	0,54	Satisfactorio
3DED	99,700	NA	0,54	Satisfactorio
4630	99,720	NA	0,67	Satisfactorio
8B0A	99,735	NA	0,78	Satisfactorio
C572	99,745	NA	0,84	Satisfactorio
E4CD	99,750	NA	0,88	Satisfactorio
1911	99,760	NA	0,94	Satisfactorio
2378	99,760	NA	0,94	Satisfactorio
F3A9	99,763	NA	0,97	Satisfactorio
1A0F	99,780	NA	1,08	Satisfactorio

Tabla 21. Códigos de participantes, resultados reportados, estadístico de evaluación y resultado de la Evaluación de desempeño (NA = No reportó).

11.11. Tiempo de fraguado final

Parámetro	Valor asignado			
	Valor (min)	Dispersión (σ_{pt})	Incertidumbre Expandida (min)	Desviación estándar para evaluación de la aptitud (σ_{pt})
Tiempo de fraguado final	311	40,9	24	40,9

Tabla 22. Valor asignado, estadístico de dispersión para la evaluación de desempeño e incertidumbre expandida.

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.02	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 35 de 76	Vigente desde: 2024-10-15	Nº de Registro: 009/2025

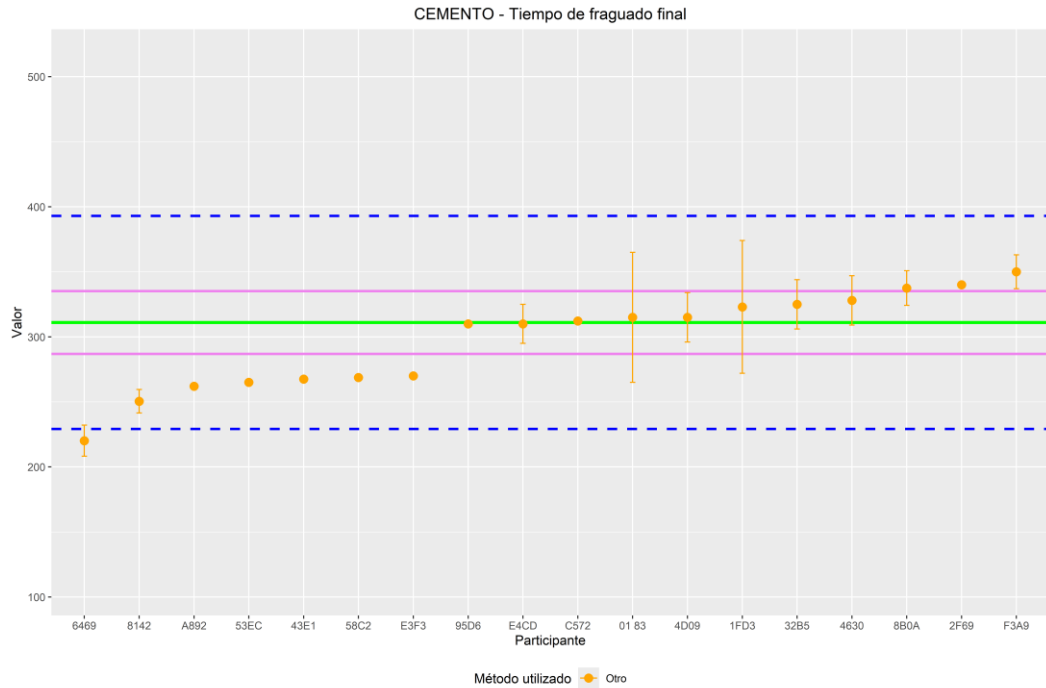


Gráfico 21. Valores reportados por los participantes (puntos negros), incertidumbres asociadas (barras negras), valor asignado (línea verde), estadístico de dispersión multiplicado por 2 (línea segmentada azul) e incertidumbre expandida (línea violeta).

En la siguiente figura se muestran la evaluación del desempeño de los participantes, de forma gráfica.

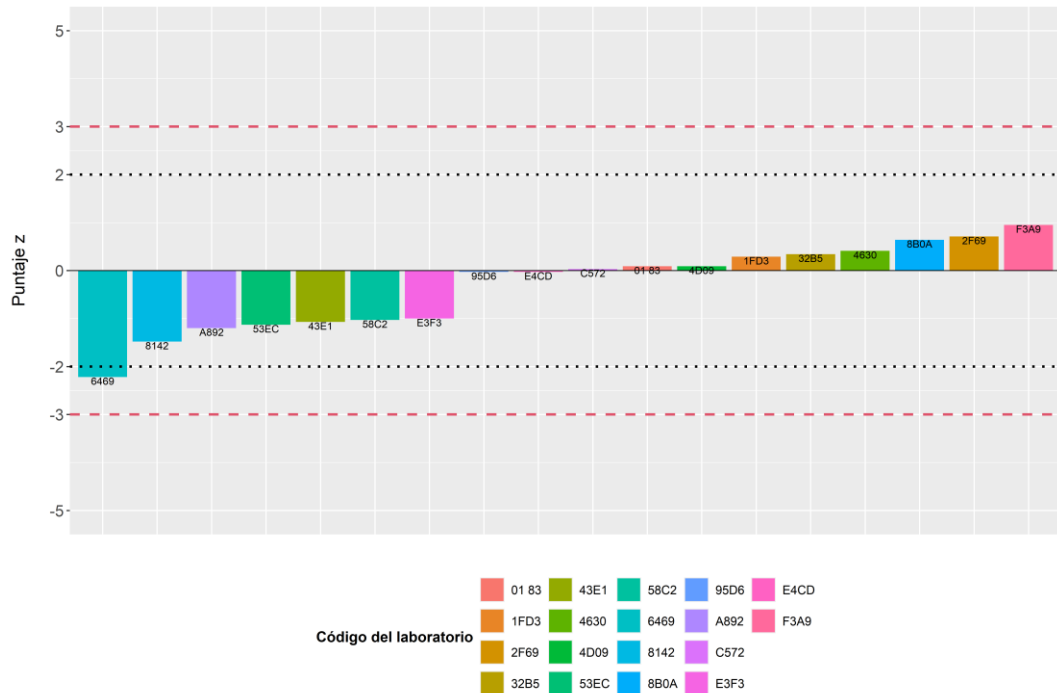


Gráfico 22. Evaluación de desempeño de los participantes (Nota. Los valores insatisfactorios que salen de la escala no son visualizados).

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.02	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 36 de 76	Vigente desde: 2024-10-15	N° de Registro: 009/2025

En el siguiente cuadro se resume la información más relevante de la evaluación del desempeño de los participantes.

Participante	Resultado reportado (min)	Incertidumbre expandida U (k=2) (min)	Puntaje z	Resultado de evaluación
6469	220,20	12,000	-2,22	Cuestionable
8142	250,50	9,000	-1,48	Satisfactorio
A892	262,00	NA	-1,20	Satisfactorio
53EC	265,00	NA	-1,13	Satisfactorio
43E1	267,50	NA	-1,07	Satisfactorio
58C2	268,80	0,000	-1,03	Satisfactorio
E3F3	270,00	NA	-1,00	Satisfactorio
95D6	310,00	NA	-0,03	Satisfactorio
E4CD	310,00	15,000	-0,03	Satisfactorio
C572	312,25	NA	0,03	Satisfactorio
4D09	315,00	19,000	0,09	Satisfactorio
01 83	315,00	50,000	0,09	Satisfactorio
1FD3	323,00	51,000	0,29	Satisfactorio
32B5	325,00	19,000	0,34	Satisfactorio
4630	328,00	19,000	0,41	Satisfactorio
8B0A	337,50	13,267	0,64	Satisfactorio
2F69	340,00	NA	0,71	Satisfactorio
F3A9	350,00	13,000	0,95	Satisfactorio

Tabla 23. Códigos de participantes, resultados reportados, estadístico de evaluación y resultado de la Evaluación de desempeño (NA = No reportó).

11.12. Tiempo de fraguado inicial

Parámetro	Valor asignado			
	Valor (min)	Dispersión (σ_{pt})	Incertidumbre Expandida (min)	Desviación estándar para evaluación de la aptitud (σ_{pt})
Tiempo de fraguado inicial	191,7	11,11	6,5	11,11

Tabla 24. Valor asignado, estadístico de dispersión para la evaluación de desempeño e incertidumbre expandida.

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.02	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 37 de 76	Vigente desde: 2024-10-15	N° de Registro: 009/2025

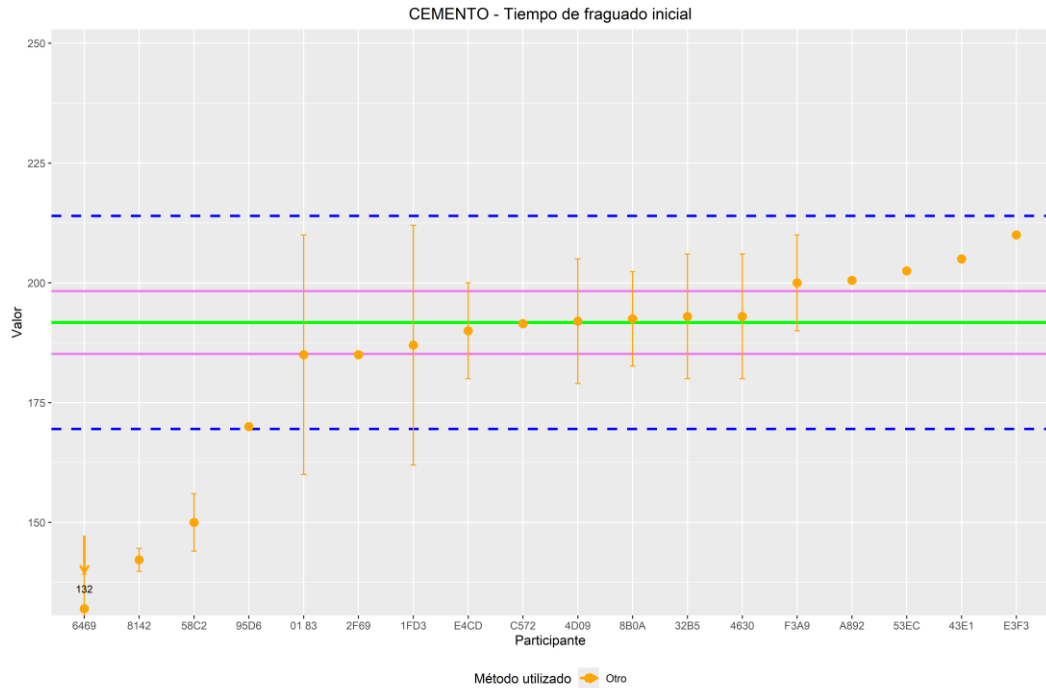


Gráfico 23. Valores reportados por los participantes (puntos negros), incertidumbres asociadas (barras negras), valor asignado (línea verde), estadístico de dispersión multiplicado por 2 (línea segmentada azul) e incertidumbre expandida (línea violeta).

En la siguiente figura se muestran la evaluación del desempeño de los participantes, de forma gráfica.

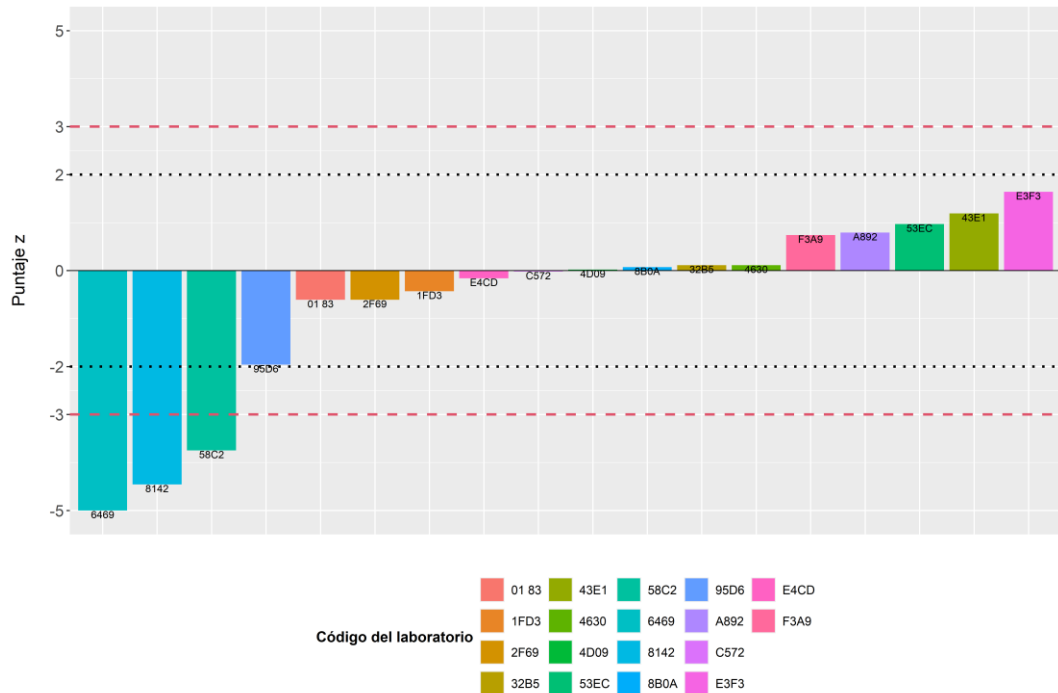


Gráfico 24. Evaluación de desempeño de los participantes (Nota. Los valores insatisfactorios que salen de la escala no son visualizados).

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.02	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 38 de 76	Vigente desde: 2024-10-15	N° de Registro: 009/2025

En el siguiente cuadro se resume la información más relevante de la evaluación del desempeño de los participantes.

Participante	Resultado reportado (min)	Incertidumbre expandida U (k=2) (min)	Puntaje z	Resultado de evaluación
6469	132,0	7,200	-5,37	Insatisfactorio
8142	142,2	2,400	-4,46	Insatisfactorio
58C2	150,0	6,000	-3,75	Insatisfactorio
95D6	170,0	NA	-1,96	Satisfactorio
2F69	185,0	NA	-0,61	Satisfactorio
01 83	185,0	25,000	-0,61	Satisfactorio
1FD3	187,0	25,000	-0,43	Satisfactorio
E4CD	190,0	10,000	-0,16	Satisfactorio
C572	191,5	NA	-0,02	Satisfactorio
4D09	192,0	13,000	0,02	Satisfactorio
8B0A	192,5	9,831	0,07	Satisfactorio
4630	193,0	13,000	0,11	Satisfactorio
32B5	193,0	13,000	0,11	Satisfactorio
F3A9	200,0	10,000	0,74	Satisfactorio
A892	200,5	NA	0,79	Satisfactorio
53EC	202,5	NA	0,97	Satisfactorio
43E1	205,0	NA	1,19	Satisfactorio
E3F3	210,0	NA	1,64	Satisfactorio

Tabla 25. Códigos de participantes, resultados reportados, estadístico de evaluación y resultado de la Evaluación de desempeño (NA = No reportó).

11.13. Trióxido de azufre

Parámetro	Valor asignado			
	Valor (g/100 g)	Dispersión (σ_{pt})	Incertidumbre Expandida (g/100 g)	Desviación estándar para evaluación de la aptitud (σ_{pt})
Trióxido de azufre	1,710	0,0667	0,030	0,0667

Tabla 26. Valor asignado, estadístico de dispersión para la evaluación de desempeño e incertidumbre expandida.

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.02	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 39 de 76	Vigente desde: 2024-10-15	Nº de Registro: 009/2025

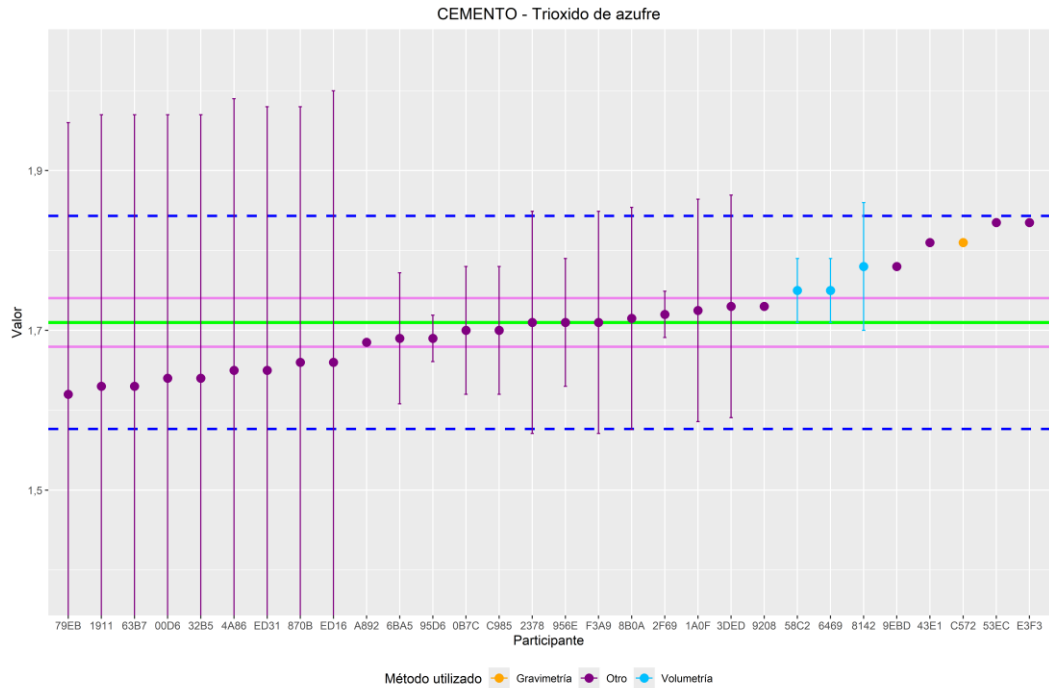


Gráfico 25. Valores reportados por los participantes (puntos negros), incertidumbres asociadas (barras negras), valor asignado (línea verde), estadístico de dispersión multiplicado por 2 (línea segmentada azul) e incertidumbre expandida (línea violeta).

En la siguiente figura se muestran la evaluación del desempeño de los participantes, de forma gráfica.

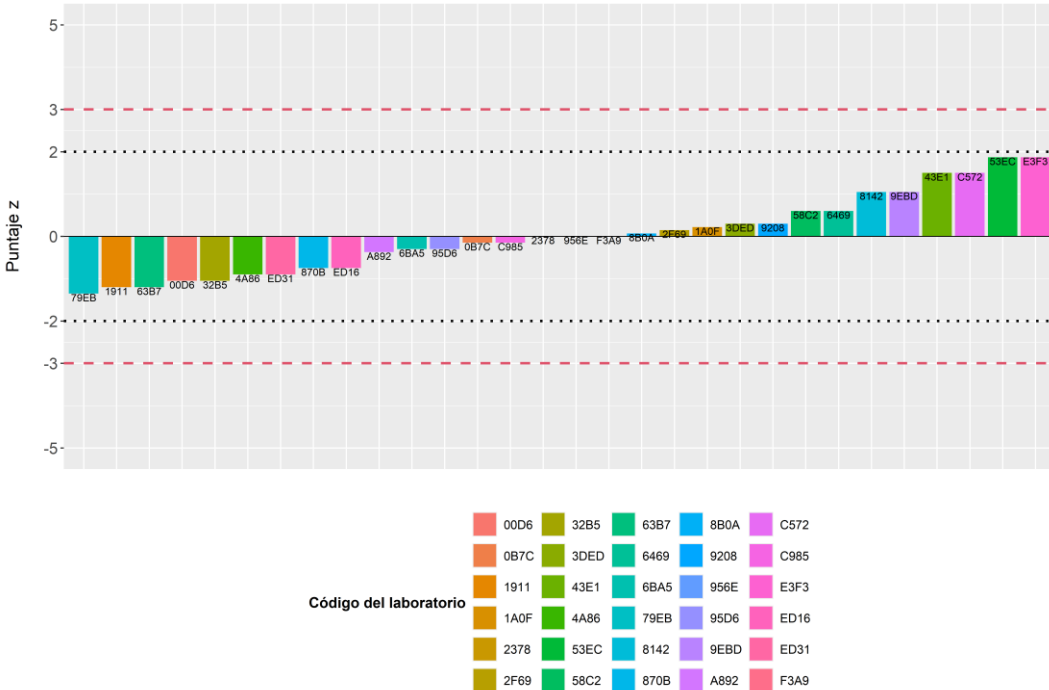


Gráfico 26. Evaluación de desempeño de los participantes (Nota. Los valores insatisfactorios que salen de la escala no son visualizados).

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.02	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 40 de 76	Vigente desde: 2024-10-15	N° de Registro: 009/2025

En el siguiente cuadro se resume la información más relevante de la evaluación del desempeño de los participantes.

Participante	Resultado reportado (g/100 g)	Incertidumbre expandida U (k=2) (g/100 g)	Puntaje z	Resultado de evaluación
79EB	1,620	0,340	-1,35	Satisfactorio
63B7	1,630	0,340	-1,20	Satisfactorio
1911	1,630	0,340	-1,20	Satisfactorio
00D6	1,640	0,330	-1,05	Satisfactorio
32B5	1,640	0,330	-1,05	Satisfactorio
4A86	1,650	0,340	-0,90	Satisfactorio
ED31	1,650	0,330	-0,90	Satisfactorio
ED16	1,660	0,340	-0,75	Satisfactorio
870B	1,660	0,320	-0,75	Satisfactorio
A892	1,685	NA	-0,37	Satisfactorio
95D6	1,690	0,029	-0,30	Satisfactorio
6BA5	1,690	0,082	-0,30	Satisfactorio
C985	1,700	0,080	-0,15	Satisfactorio
0B7C	1,700	0,080	-0,15	Satisfactorio
956E	1,710	0,080	0,00	Satisfactorio
F3A9	1,710	0,139	0,00	Satisfactorio
2378	1,710	0,139	0,00	Satisfactorio
8B0A	1,715	0,139	0,07	Satisfactorio
2F69	1,720	0,029	0,15	Satisfactorio
1A0F	1,725	0,139	0,22	Satisfactorio
9208	1,730	NA	0,30	Satisfactorio
3DED	1,730	0,139	0,30	Satisfactorio
58C2	1,750	0,040	0,60	Satisfactorio
6469	1,750	0,040	0,60	Satisfactorio
8142	1,780	0,080	1,05	Satisfactorio
9EBD	1,780	NA	1,05	Satisfactorio
C572	1,810	NA	1,50	Satisfactorio
43E1	1,810	NA	1,50	Satisfactorio
53EC	1,835	NA	1,87	Satisfactorio
E3F3	1,835	NA	1,87	Satisfactorio

Tabla 27. Códigos de participantes, resultados reportados, estadístico de evaluación y resultado de la Evaluación de desempeño (NA = No reportó).

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.02	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 41 de 76	Vigente desde: 2024-10-15	Nº de Registro: 009/2025

11.14. Puzolanicidad

Parámetro	Valor asignado			
	Valor (mmol/L CaO)	Valor (mmol/L OH ⁻)	Resultado Puzolanicidad	Desviación estándar para evaluación de la aptitud (σ_{pt})
Puzolanicidad	1,710	0,0667	Positivo	No aplica

Tabla 28. Valor asignado, estadístico de dispersión para la evaluación de desempeño e incertidumbre expandida.

En el siguiente cuadro se resume la información más relevante de la evaluación del desempeño de los participantes.

Participante	Resultado reportado (mmol/L CaO)	Resultado reportado (mmol/L OH ⁻)	Resultado Puzolanicidad	Resultado de evaluación
79EB	3,6	69,8	Positivo	Satisfactorio
00D6	3,8	70,4	Positivo	Satisfactorio
63B7	3,9	70,9	Positivo	Satisfactorio
ED16	3,9	71,0	Positivo	Satisfactorio
4A86	3,9	71,0	Positivo	Satisfactorio
ED31	3,9	71,1	Positivo	Satisfactorio
32B5	3,9	71,4	Positivo	Satisfactorio
870B	4,0	71,8	Positivo	Satisfactorio
1911	4,1	72,5	Positivo	Satisfactorio

Tabla 29. Códigos de participantes, resultados reportados, resultado de puzolanicidad y resultado de la Evaluación de desempeño.

12. LABORATORIOS PARTICIPANTES

En este ensayo de aptitud se registró la participación de 8 laboratorios de diferentes departamentos de Bolivia. Es importante resaltar que la numeración de la tabla N° 30 es solamente un indicativo del número de laboratorios participantes en el presente Ensayo, no está asociada a los códigos de participación de los laboratorios.

Nº	INSTITUCIÓN	DEPARTAMENTO
1	COBOCE	COCHABAMBA
2	ECEBOL	ORURO
3	FANCESA	SUCRE
4	Instituto de Ensayo de Materiales - UMSA	LA PAZ
5	ITACAMBA	SANTA CRUZ

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.02	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 42 de 76	Vigente desde: 2024-10-15	N° de Registro: 009/2025

N°	INSTITUCIÓN	DEPARTAMENTO
6	SOBOCE – EL PUENTE	TARIJA
7	SOBOCE - VIACHA	LA PAZ
8	SOBOCE - WARNES	SANTA CRUZ

Tabla 30. Participantes del Ensayo de Aptitud EQO-009-2025 DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS FÍSICO-MECÁNICOS Y QUÍMICOS EN CEMENTO.

13. OBSERVACIONES GENERALES SOBRE EL DESEMPEÑO DE LOS LABORATORIOS

- Ningún laboratorio participante reportó algún inconveniente con el estado de los ítems de ensayo una vez que llegaron a sus instalaciones.
- Los participantes usaron métodos volumétricos, gravimétricos y físicos para la medición de los parámetros en Cemento.
- Se recomienda a los participantes la implementación de la estimación de la incertidumbre de sus mediciones ya que la incertidumbre es un parámetro importante asociado al resultado de una medición, la cual caracteriza la dispersión de los valores que pueden ser razonablemente atribuidos al mensurando.
- La evaluación final del parámetro de puzolanicidad se realizó de manera cualitativa en base a la interpretación de la Norma Boliviana NB 642.
- Se evaluó el tipo de arena (Ottawa e IBCH) utilizada por los laboratorios durante la medición del parámetro de resistencia a la compresión a 3, 7 y 28 días, no encontrándose diferencia significativa. La evidencia estadística se puede revisar en la sección 17 Anexos.

14. CONCLUSIONES

- Se logró brindar a los participantes una herramienta para evaluar su desempeño y demostrar su competencia técnica para realizar los ensayos en la Determinación de: Resistencia a la compresión, Tamiz 325, Superficie específica de Blaine Mínima, Tiempo de fraguado inicial, Tiempo de fraguado final, Estabilidad volumétrica (Le Chatelier), Ensayo de expansión en Autoclave, Óxido de magnesio, Trióxido de azufre, Residuo insoluble, Pérdida por calcinación, Puzolanicidad en Cemento en el presente ensayo de aptitud.
- El diseño estadístico y los criterios de evaluación utilizados por el IBMETRO como proveedor fueron adecuados para el propósito del ensayo de aptitud.
- Se recomienda, cuando sea posible, el uso de materiales de referencia certificados, uso de materiales de control de calidad, entre otros, según lo recomendado en la norma ISO/IEC 17025 para el aseguramiento de la calidad de las mediciones.

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.02	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 43 de 76	Vigente desde: 2024-10-15	N° de Registro: 009/2025

- Se sugiere en todos los casos, la validación del método de ensayo, la implementación de un procedimiento de control interno de calidad, el control metrológico de los equipos.
- Se recomienda realizar una evaluación del sesgo de las mediciones con el fin de tomar acciones de mejora que puedan ayudar a corregir los errores sistemáticos asociados a una medición.
- Se recomienda la participación rutinaria en Rondas de Ensayos de Aptitud con el fin de demostrar su mejora o para demostrar la permanencia de su buen desempeño. La Unidad de Metrología Química y el Comité Científico Técnico agradecen el interés y la colaboración de los participantes en la realización de este Ensayo de Aptitud.

15. APELACIONES

En caso de desacuerdo con los resultados de la evaluación de desempeño, y siempre que se cuente con evidencia objetiva que lo respalde, el participante podrá presentar una apelación mediante el envío de un correo a calidad@ibmetro.gob.bo

16. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

ISO/IEC 17043:2023. "Conformity assessment – General requirements for the competence of proficiency testing providers".

ISO 13528:2022. "Statistical methods for use in proficiency testing by interlaboratory comparisons"

NB/ISO/IEC 17025:2018. "Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración".

Thompson, M., Ellison, S. L., & Wood, R. (2006). The international harmonized protocol for the proficiency testing of analytical chemistry laboratories (IUPAC Technical Report). Pure and Applied Chemistry, 78(1), 145-196

Guía para la expresión de la incertidumbre de medida. BIPM, IEC, IFCC, ISO, IUPAC, OIML. Organización Internacional de Normalización, impresa en Suiza, ISBN 92-67-10188-9, primera edición, 1993. Corregida y reimpressa en 1995.

ISO 33405:2024. Reference materials – Approaches for characterization and assessment of homogeneity and stability.

ISO 16269-4:2010. Statistical interpretation of data Part 4: Detection and treatment of outliers.

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.02	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 44 de 76	Vigente desde: 2024-10-15	N° de Registro: 009/2025

17. ANEXOS

17.1 Evaluación del tipo de arena utilizada en el parámetro de resistencia a la compresión

17.1.1 Resistencia a la compresión 3 días

Parámetro	Valor asignado			
	Valor (MPa)	Dispersión (σ_{pt})	Incertidumbre Expandida (MPa)	Desviación estándar para evaluación de la aptitud (σ_{pt})
Resistencia a la compresión 3 días	24,1	1,482	0,80	1,482

Tabla 31. Valor asignado, estadístico de dispersión para la evaluación de desempeño e incertidumbre expandida.

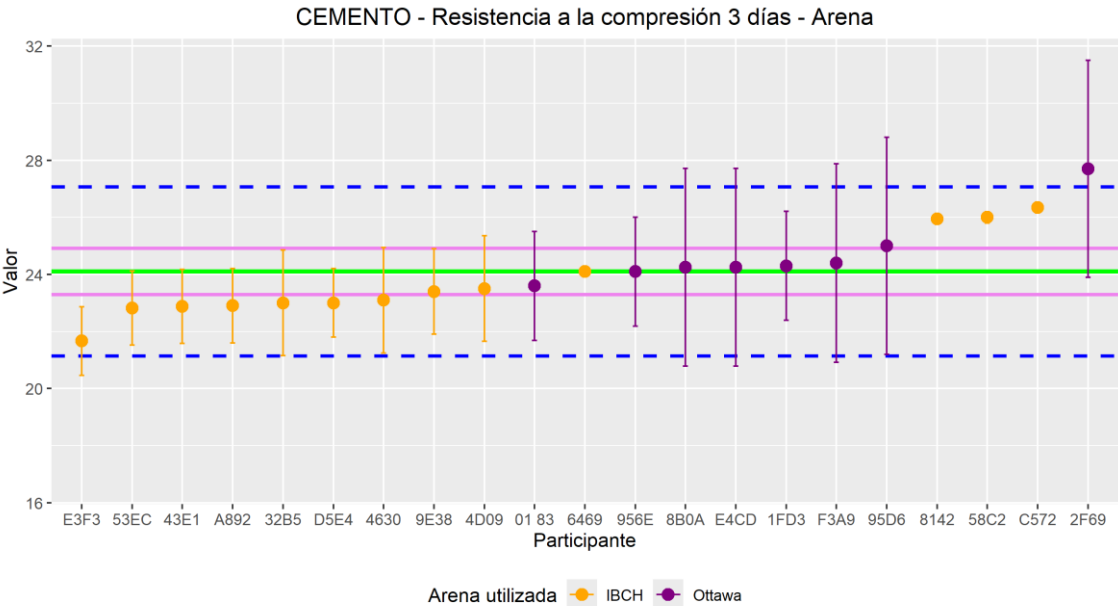


Gráfico 27. Valores reportados por los participantes (puntos negros), incertidumbres asociadas (barras negras), valor asignado (línea verde), estadístico de dispersión multiplicado por 2 (línea segmentada azul) e incertidumbre expandida (línea violeta).

En la siguiente figura se muestran la comparación entre los tipos de arena utilizada y los resultados obtenidos.

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.02	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 45 de 76	Vigente desde: 2024-10-15	N° de Registro: 009/2025

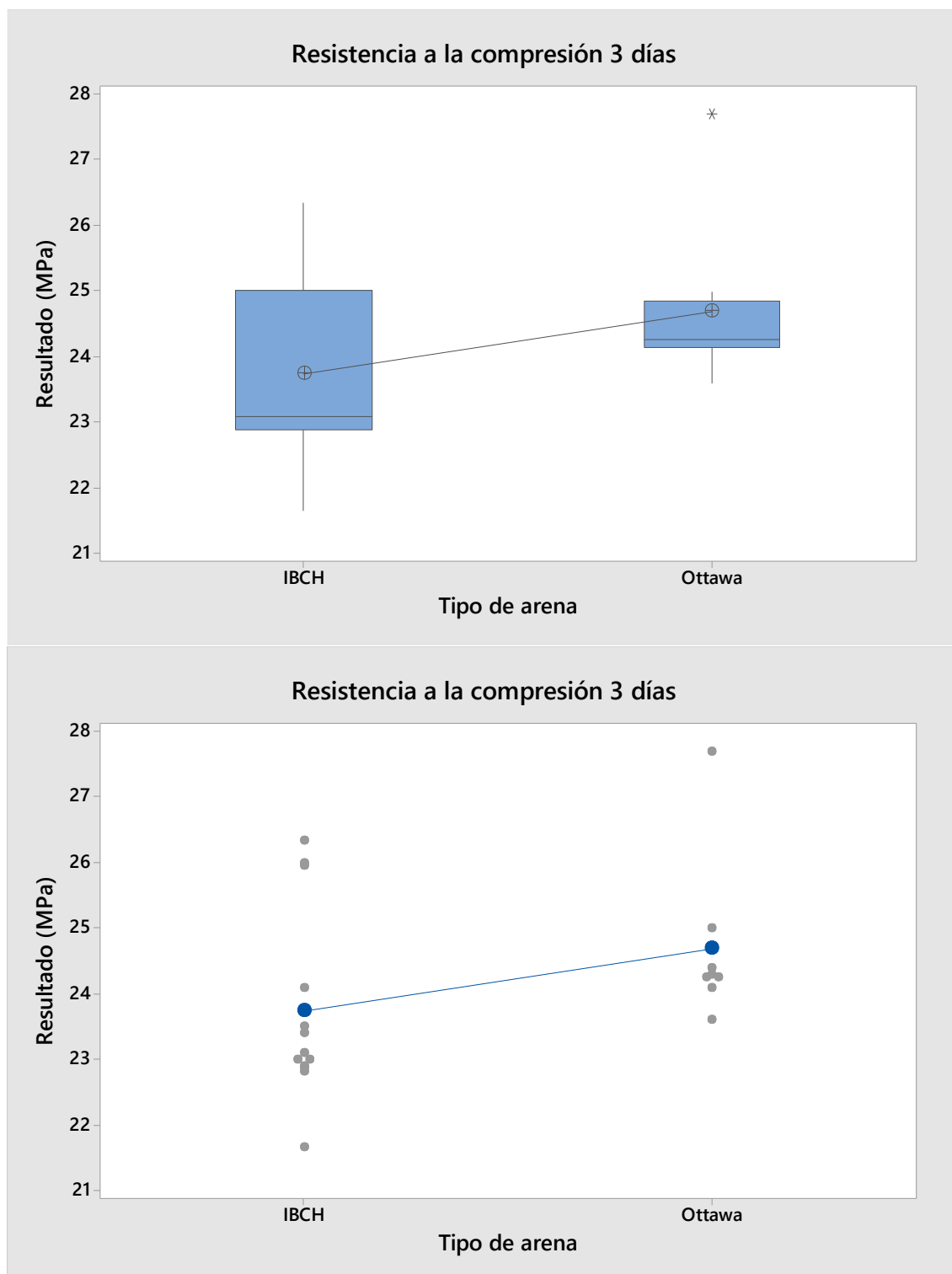


Gráfico 28. Diagrama de cajas por grupo (tipo de arena utilizada) para los resultados individuales reportados por grupo (tipo de arena).

Adicionalmente se realiza una prueba t-student para las medias de ambos grupos para observar una diferencia estadística entre ambos grupos.

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.02	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 46 de 76	Vigente desde: 2024-10-15	N° de Registro: 009/2025

Estadísticos descriptivos: resultado

principio	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media
IBCH	13	23,74	1,45	0,40
Ottawa	8	24,70	1,27	0,45

Estimación de la diferencia

Diferencia	IC de 95% para la diferencia
-0,955	(-2,233. 0,323)

Prueba

Hipótesis nula $H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$

Hipótesis alterna $H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$

Valor T	GL	Valor p
-1,58	16	0,133

De donde se observa que el valor p es mayor a 0,05, por lo que se concluye que no hay diferencia significativa entre las medias de ambos grupos al 95% de confianza.

17.1.2 Resistencia a la compresión 7 días

Parámetro	Valor asignado			
	Valor (mmol/L)	Dispersión (σ_{pt})	Incertidumbre Expandida (mmol/L)	Desviación estándar para evaluación de la aptitud (σ_{pt})
Resistencia a la compresión 7 días	27,50	1,260	0,68	1,260

Tabla 32. Valor asignado, estadístico de dispersión para la evaluación de desempeño e incertidumbre expandida.

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.02	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 47 de 76	Vigente desde: 2024-10-15	N° de Registro: 009/2025

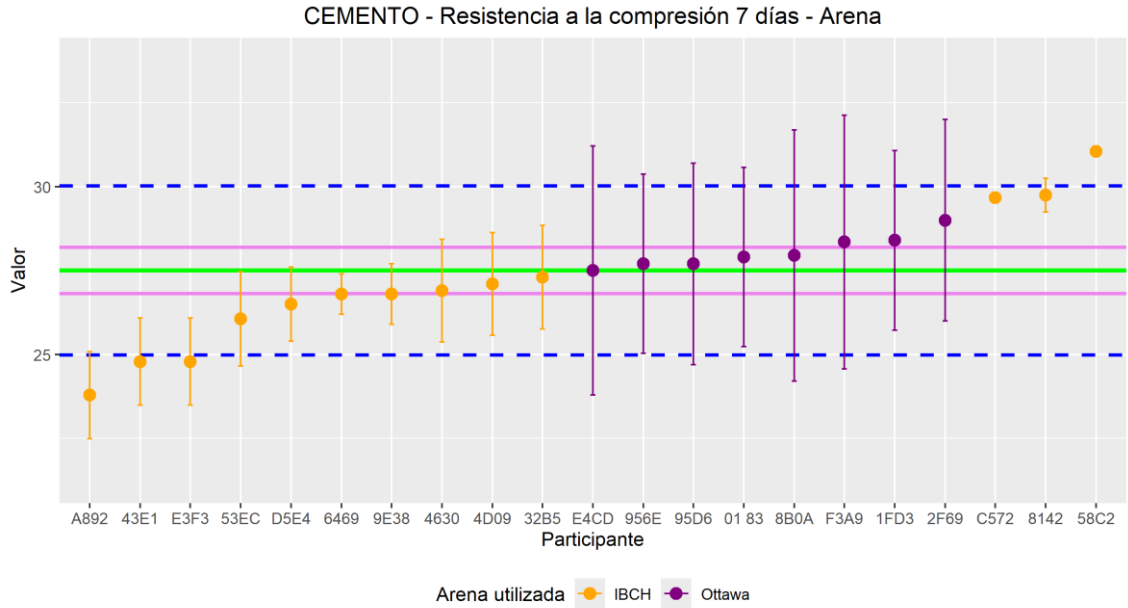


Gráfico 29. Valores reportados por los participantes (puntos negros), incertidumbres asociadas (barras negras), valor asignado (línea verde), estadístico de dispersión multiplicado por 2 (línea segmentada azul) e incertidumbre expandida (línea violeta).

En la siguiente figura se muestran la comparación entre los tipos de arena utilizada y los resultados obtenidos.

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.02	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 48 de 76	Vigente desde: 2024-10-15	N° de Registro: 009/2025

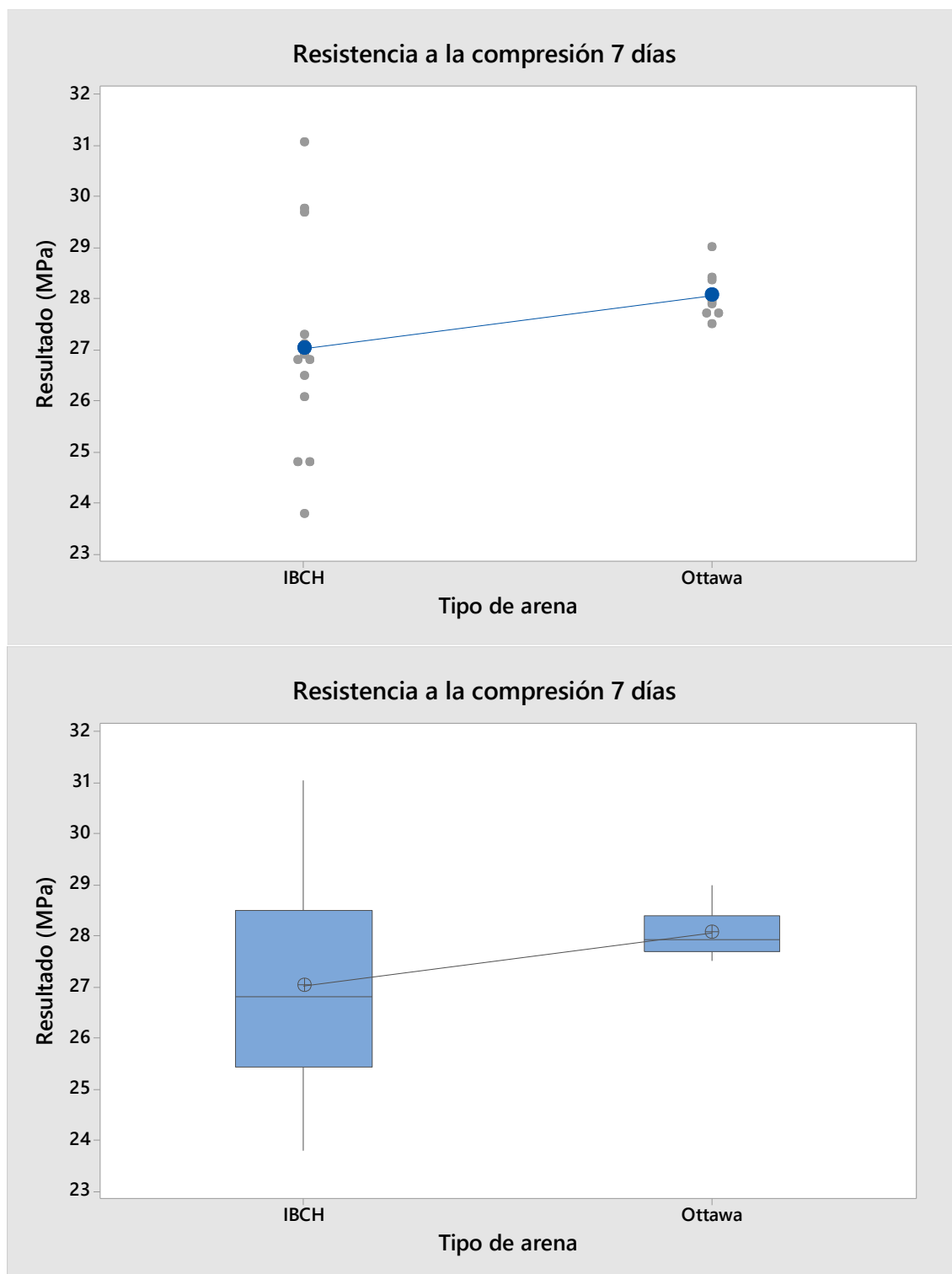


Gráfico 30. Diagrama de cajas (Boxplot) por grupo (tipo de arena utilizada) para los resultados reportados.

Adicionalmente se realiza una prueba t-student para las medias de ambos grupos para observar una diferencia estadística entre ambos grupos.

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.02	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 49 de 76	Vigente desde: 2024-10-15	Nº de Registro: 009/2025

Prueba T e IC de dos muestras: Resultado (MPa). Tipo de arena Método

μ_1 : media de Resultado (MPa) cuando Tipo de arena = IBCH

μ_2 : media de Resultado (MPa) cuando Tipo de arena = Ottawa

Diferencia: $\mu_1 - \mu_2$

No se presupuso igualdad de varianzas para este análisis.

Estadísticos descriptivos: Resultado (MPa)

Tipo de arena	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media
IBCH	13	27,02	2,09	0,58
Ottawa	8	28,063	0,492	0,17

Estimación de la diferencia

Diferencia	IC de 95% para la diferencia
-1,039	(-2,338. 0,260)

Prueba

Hipótesis nula $H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$

Hipótesis alterna $H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$

Valor T	GL	Valor p
-1,72	14	0,108

De donde se observa que el valor p es mayor a 0,05, por lo que se concluye que no hay diferencia significativa entre las medias de ambos grupos al 95% de confianza.

17.1.3 Resistencia a la compresión 28 días

Parámetro	Valor asignado			
	Valor (mmol/L)	Dispersión (σ_{pt})	Incertidumbre Expandida (mmol/L)	Desviación estándar para evaluación de la aptitud (σ_{pt})
Resistencia a la compresión 28 días	35,50	1,334	0,72	1,334

Tabla 33. Valor asignado, estadístico de dispersión para la evaluación de desempeño e incertidumbre expandida.

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.02	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 50 de 76	Vigente desde: 2024-10-15	Nº de Registro: 009/2025

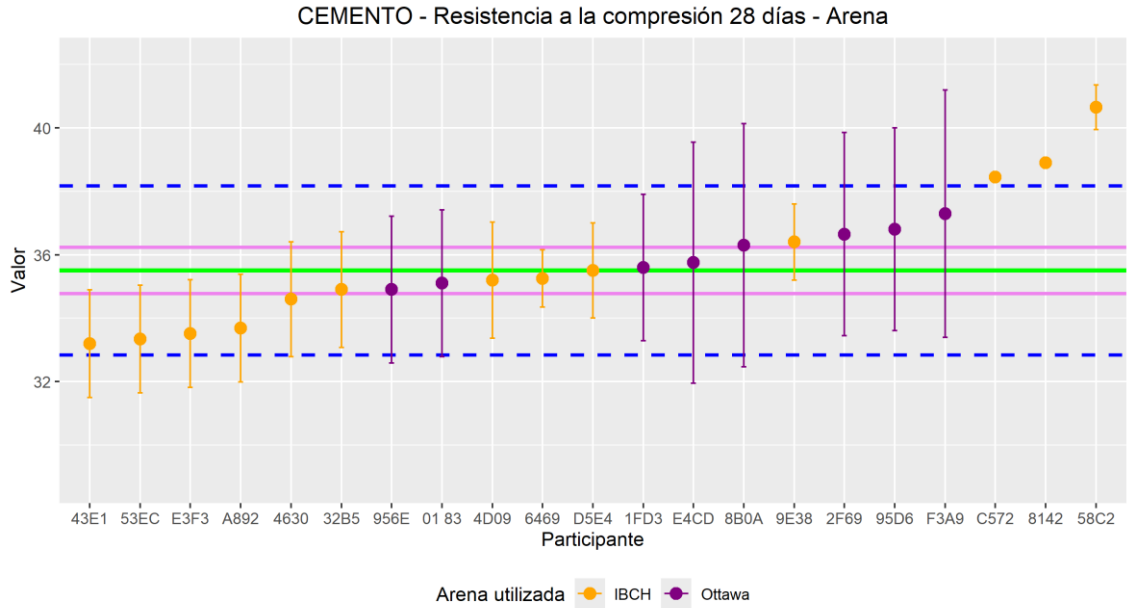


Gráfico 31. Valores reportados por los participantes (puntos negros), incertidumbres asociadas (barras negras), valor asignado (línea verde), estadístico de dispersión multiplicado por 2 (línea segmentada azul) e incertidumbre expandida (línea violeta).

En la siguiente figura se muestran la comparación entre los tipos de arena utilizada y los resultados obtenidos.

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.02	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 51 de 76	Vigente desde: 2024-10-15	N° de Registro: 009/2025

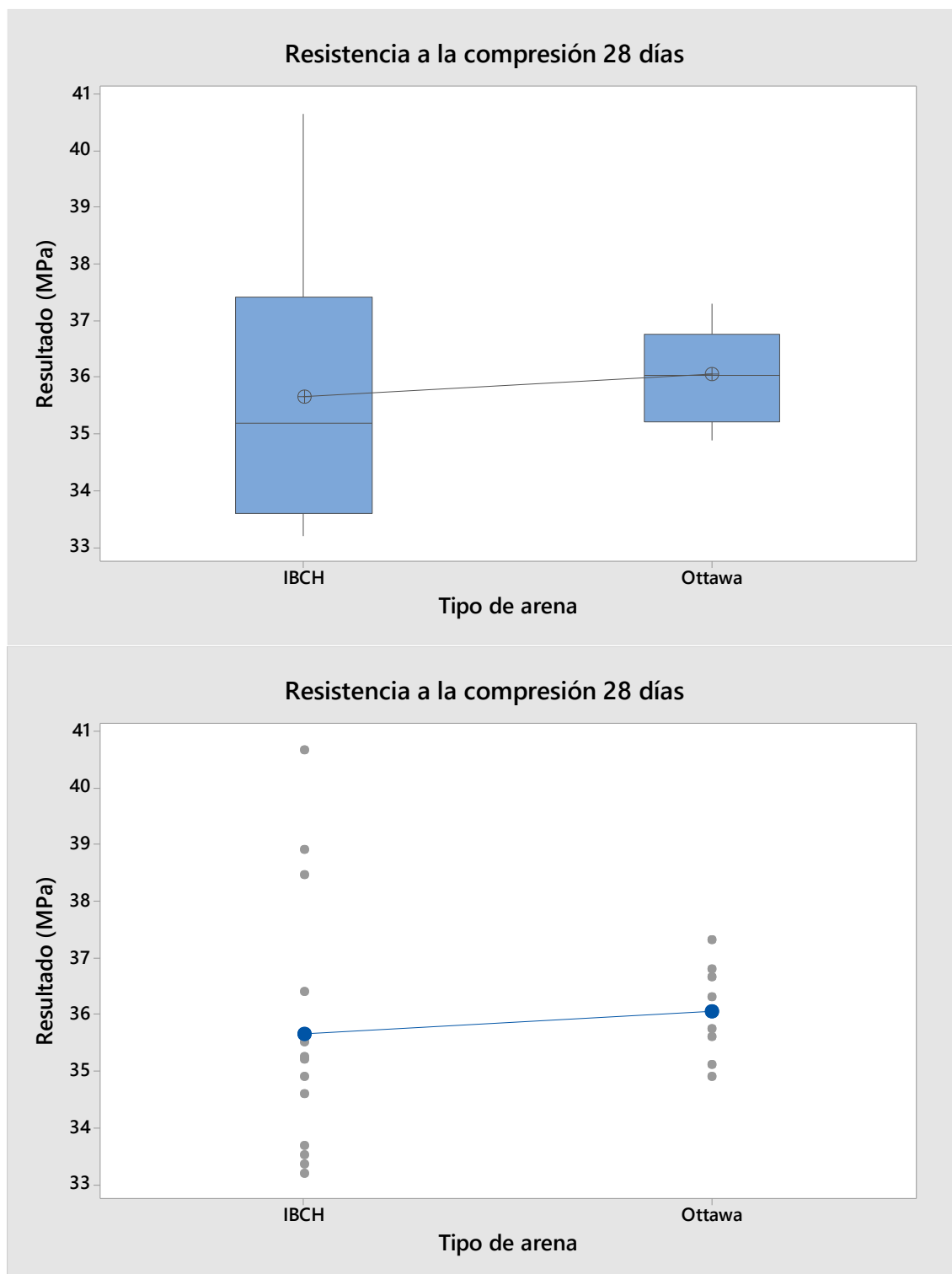


Gráfico 32. Diagrama de cajas (Boxplot) por grupo (tipo de arena utilizada) para los resultados reportados.

Adicionalmente se realiza una prueba t-student para las medias de ambos grupos para observar una diferencia estadística entre ambos grupos.

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.02	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 52 de 76	Vigente desde: 2024-10-15	Nº de Registro: 009/2025

Prueba T e IC de dos muestras: Resultado (MPa). Tipo de arena

Método

μ_1 : media de Resultado (MPa) cuando Tipo de arena = IBCH

μ_2 : media de Resultado (MPa) cuando Tipo de arena = Ottawa

Diferencia: $\mu_1 - \mu_2$

No se presupuso igualdad de varianzas para este análisis.

Estadísticos descriptivos: Resultado (MPa)

Tipo de arena	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media
IBCH	13	35,66	2,34	0,65
Ottawa	8	36,050	0,851	0,30

Estimación de la diferencia

Diferencia	IC de 95% para la diferencia
-0,390	(-1,907. 1,128)

Prueba

Hipótesis nula $H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$

Hipótesis alterna $H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$

Valor T	GL	Valor p
-0,54	16	0,594

De donde se observa que el valor p es mayor a 0,05, por lo que se concluye que no hay diferencia significativa entre las medias de ambos grupos al 95% de confianza.

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.02	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 53 de 76	Vigente desde: 2024-10-15	N° de Registro: 009/2025

17.2 Métodos reportados por los participantes

17.2.1 Ensayo de expansión en autoclave

Participante	Resultado	Incertidumbre	Unidades	Método
C572	-0,01125	NA	% (mm/100 mm)	NORMA BOLIVIANA NB 471
956E	0	0,04	% (mm/100 mm)	NB 471: 2015 Ensayo en autoclave para determinar la estabilidad de volumen Mide la expansión en el cemento bajo presión y temperatura elevada en autoclave. Detecta compuesto que causan expansión tardía como MgO.
01 83	0	0,04	% (mm/100 mm)	NB 471: 2015 Ensayo en autoclave para determinar la estabilidad de volumen Mide la expansión en el cemento bajo presión y temperatura elevada en autoclave. Detecta compuesto que causan expansión tardía como MgO.
4D09	0,01	0,11	% (mm/100 mm)	NB 471:2015 (ASTM C 151/ C 151 M-18)
4630	0,01	0,11	% (mm/100 mm)	NB 471:2015 (ASTM C 151/ C 151 M-18)
32B5	0,01	0,11	% (mm/100 mm)	NB 471:2015 (ASTM C 151/ C 151 M-18)
E4CD	0,01	0,15781	% (mm/100 mm)	NB 471:2015 (ASTM C 151/ C 151 M-18)
F3A9	0,02	0,14978	% (mm/100 mm)	NB 471:2015 (ASTM C 151/ C 151 M-18)
8B0A	0,02	0,14978	% (mm/100 mm)	NB 471:2015 (ASTM C 151/ C 151 M-18)
95D6	0,025	NA	% (mm/100 mm)	NORMA BOLIVIANA NB 471
2F69	0,03	NA	% (mm/100 mm)	NORMA BOLIVIANA NB 471

17.2.2 Estabilidad volumétrica (Le Chatelier)

Participante	Resultado	Incertidumbre	Unidades	Método
C572	0,1875	NA	mm	NORMA BOLIVIANA NB 643
A892	0,325	NA	mm	El ensayo de Le Chatelier en cemento determina la estabilidad de volumen (solidez) para prevenir una expansión indeseada después del fraguado. Se somete una muestra de pasta de cemento a un calentamiento controlado en un baño de agua hirviendo, y se mide la expansión entre dos puntos del molde Le Chatelier antes y después del calentamiento. El aumento de la separación de las

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.02	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 54 de 76	Vigente desde: 2024-10-15	Nº de Registro: 009/2025

Participante	Resultado	Incertidumbre	Unidades	Método
				puntas indica el riesgo de expansión tardía debido a la hidratación de óxidos de calcio y magnesio libres.
E3F3	0,325	NA	mm	El ensayo de Le Chatelier en cemento determina la estabilidad de volumen (solidez) para prevenir una expansión indeseada después del fraguado. Se somete una muestra de pasta de cemento a un calentamiento controlado en un baño de agua hirviendo, y se mide la expansión entre dos puntos del molde Le Chatelier antes y después del calentamiento. El aumento de la separación de las puntas indica el riesgo de expansión tardía debido a la hidratación de óxidos de calcio y magnesio libres.
01 83	0,36	0,35	mm	
8142	0,37	0,04	mm	NORMA BOLIVIANA NB 643
43E1	0,385	NA	mm	El ensayo de Le Chatelier en cemento determina la estabilidad de volumen (solidez) para prevenir una expansión indeseada después del fraguado. Se somete una muestra de pasta de cemento a un calentamiento controlado en un baño de agua hirviendo, y se mide la expansión entre dos puntos del molde Le Chatelier antes y después del calentamiento. El aumento de la separación de las puntas indica el riesgo de expansión tardía debido a la hidratación de óxidos de calcio y magnesio libres.
1FD3	0,41	0,35	mm	
53EC	0,425	NA	mm	El ensayo de Le Chatelier en cemento determina la estabilidad de volumen (solidez) para prevenir una expansión indeseada después del fraguado. Se somete una muestra de pasta de cemento a un calentamiento controlado en un baño de agua hirviendo, y se mide la expansión entre dos puntos del molde Le Chatelier antes y después del calentamiento. El aumento de la separación de las puntas indica el riesgo de expansión tardía debido a la hidratación de óxidos de calcio y magnesio libres.
E4CD	0,44	0,26227	mm	NB 643:2005 (UNE-EN 193-3:2005)
4D09	0,45	0,78	mm	NB 643:2005 (UNE-EN 193-3:2005)
58C2	0,45	0,02	mm	NORMA BOLIVIANA NB 643
8B0A	0,465	0,26335	mm	NB 643:2005 (UNE-EN 193-3:2005)
32B5	0,47	0,78	mm	NB 643:2005 (UNE-EN 193-3:2005)
F3A9	0,48	0,26408	mm	NB 643:2005 (UNE-EN 193-3:2005)
4630	0,49	0,79	mm	NB 643:2005 (UNE-EN 193-3:2005)
2F69	0,705	0,528	mm	NORMA BOLIVIANA NB 643
95D6	1,1	0,528	mm	NORMA BOLIVIANA NB 643
6469	3,1	0,1	mm	NORMA BOLIVIANA NB 643

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.02	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 55 de 76	Vigente desde: 2024-10-15	N° de Registro: 009/2025

17.2.3 Oxido de magnesio

Participante	Resultado	Incertidumbre	Unidades	Método
3DED	1,87	0,26307	g/100 g	NTP ISO29581-2:2019 (ASTM C 114 – 18)
2F69	1,9	0,043	g/100 g	Espectrometría de rayos X
956E	1,9	0,09	g/100 g	NTP-ISO 29581-2:2019 Cemento: Método de ensayo. Parte 2 Análisis químico por fluorescencia de rayos X. Técnica instrumental no destructiva que permite determinar óxidos. La muestra se irradia con rayos X y los elementos emiten una radiación secundaria característica. La señal es detectada y cuantificada para calcular la concentración.
F3A9	1,9	0,26199	g/100 g	NTP ISO29581-2:2019 (ASTM C 114 – 18)
8B0A	1,9	0,26199	g/100 g	NTP ISO29581-2:2019 (ASTM C 114 – 18)
95D6	1,92	0,043	g/100 g	Espectrometría de rayos X
9208	1,92	NA	g/100 g	NTP-ISO 29581-2:2019 Cemento: Método de ensayo. Parte 2 Análisis químico por fluorescencia de rayos X. Técnica instrumental no destructiva que permite determinar óxidos. La muestra se irradia con rayos X y los elementos emiten una radiación secundaria característica. La señal es detectada y cuantificada para calcular la concentración.
C985	1,92	0,09	g/100 g	NTP-ISO 29581-2:2019 Cemento: Método de ensayo. Parte 2 Análisis químico por fluorescencia de rayos X. Técnica instrumental no destructiva que permite determinar óxidos. La muestra se irradia con rayos X y los elementos emiten una radiación secundaria característica. La señal es detectada y cuantificada para calcular la concentración.
1A0F	1,92	0,26129	g/100 g	NTP ISO29581-2:2019 (ASTM C 114 – 18)
79EB	1,93	0,1	g/100 g	NTP ISO29581-2:2019 (ASTM C 114 – 18)
4A86	1,93	0,1	g/100 g	NTP ISO29581-2:2019 (ASTM C 114 – 18)
9EBD	1,93	NA	g/100 g	NTP-ISO 29581-2:2019 Cemento: Método de ensayo. Parte 2 Análisis químico por fluorescencia de rayos X. Técnica instrumental no destructiva que permite determinar óxidos. La muestra se irradia con rayos X y los elementos emiten una radiación secundaria característica. La señal es detectada y cuantificada para calcular la concentración.
2378	1,93	0,26095	g/100 g	NTP ISO29581-2:2019 (ASTM C 114 – 18)
0B7C	1,94	0,09	g/100 g	NTP-ISO 29581-2:2019 Cemento: Método de ensayo. Parte 2 Análisis químico por fluorescencia de rayos X. Técnica instrumental no destructiva que permite determinar óxidos. La muestra se irradia con rayos X y los elementos emiten una radiación secundaria característica. La señal es detectada y cuantificada para calcular la concentración.
63B7	1,95	0,1	g/100 g	NTP ISO29581-2:2019 (ASTM C 114 – 18)
00D6	1,95	0,1	g/100 g	NTP ISO29581-2:2019 (ASTM C 114 – 18)
32B5	1,95	0,1	g/100 g	NTP ISO29581-2:2019 (ASTM C 114 – 18)

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.02	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 56 de 76	Vigente desde: 2024-10-15	N° de Registro: 009/2025

Participante	Resultado	Incertidumbre	Unidades	Método
6BA5	1,95	0,09	g/100 g	NTP-ISO 29581-2:2019 Cemento: Método de ensayo. Parte 2 Análisis químico por fluorescencia de rayos X. Técnica instrumental no destructiva que permite determinar óxidos. La muestra se irradia con rayos X y los elementos emiten una radiación secundaria característica. La señal es detectada y cuantificada para calcular la concentración.
1911	1,96	0,1	g/100 g	NTP ISO29581-2:2019 (ASTM C 114 – 18)
ED31	1,96	0,1	g/100 g	NTP ISO29581-2:2019 (ASTM C 114 – 18)
C572	1,97	NA	g/100 g	DETERMINACIÓN QUÍMICA DEL ÓXIDO DE MAGNESIO POR VÍA HÚMEDA
ED16	1,97	0,1	g/100 g	NTP ISO29581-2:2019 (ASTM C 114 – 18)
870B	1,97	0,1	g/100 g	NTP ISO29581-2:2019 (ASTM C 114 – 18)
8142	2	0,1	g/100 g	Este ensayo consiste en determinar el porcentaje de óxido de magnesio presente en el cemento, según la norma NB 060 y NB 061. La determinación se realiza mediante ataque con ácido clorhídrico, seguido de análisis volumétrico utilizando EDTA y negro de eriocromo T (NET) como indicador.
58C2	2	0,04	g/100 g	Este ensayo consiste en determinar el porcentaje de óxido de magnesio presente en el cemento, según la norma NB 060 y NB 061. La determinación se realiza mediante ataque con ácido clorhídrico, seguido de análisis volumétrico utilizando EDTA y negro de eriocromo T (NET) como indicador.
6469	2	0,04	g/100 g	Este ensayo consiste en determinar el porcentaje de óxido de magnesio presente en el cemento, según la norma NB 060 y NB 061. La determinación se realiza mediante ataque con ácido clorhídrico, seguido de análisis volumétrico utilizando EDTA y negro de eriocromo T (NET) como indicador.
53EC	2,05	NA	g/100 g	irradiada en el espectrómetro FRX, el cual detecta la energía característica del Mg. La concentración se calcula comparando la señal obtenida con curvas de calibración previamente generadas con materiales de referencia certificados. El resultado se expresa en porcentaje en masa (% m/m) de óxido de magnesio en el cemento.
A892	2,06	NA	g/100 g	irradiada en el espectrómetro FRX, el cual detecta la energía característica del Mg. La concentración se calcula comparando la señal obtenida con curvas de calibración previamente generadas con materiales de referencia certificados. El resultado se expresa en porcentaje en masa (% m/m) de óxido de magnesio en el cemento.
E3F3	2,145	NA	g/100 g	irradiada en el espectrómetro FRX, el cual detecta la energía característica del Mg. La concentración se calcula comparando la señal obtenida con curvas de calibración previamente generadas con materiales de referencia certificados. El resultado se expresa en porcentaje en masa (% m/m) de óxido de magnesio en el cemento.

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.02	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 57 de 76	Vigente desde: 2024-10-15	Nº de Registro: 009/2025

Participante	Resultado	Incertidumbre	Unidades	Método
43E1	2,275	NA	g/100 g	irradiada en el espectrómetro FRX, el cual detecta la energía característica del Mg. La concentración se calcula comparando la señal obtenida con curvas de calibración previamente generadas con materiales de referencia certificados. El resultado se expresa en porcentaje en masa (% m/m) de óxido de magnesio en el cemento.

17.2.4 Perdida por calcinación

Participante	Resultado	Incertidumbre	Unidades	Método
8142	3,74	0,1	g/100 g	Este método permite determinar las pérdidas por ignición, asociadas principalmente a la presencia de materia orgánica, carbonatos y agua de cristalización del yeso, según la norma NB 060 y NB 061. La muestra se calcina en mufla a 950 °C, y por diferencia de peso, se determina el porcentaje de pérdida por calcinación.
00D6	3,87	0,09	g/100 g	NB 061 (ASTM C 114 – 18)
6BA5	3,87	0,25	g/100 g	NB 061 Análisis químico. Se calienta la muestra a alta temperatura y se mide la pérdida de masa. Indica el contenido de agua, materia orgánica y carbonatos.
63B7	3,88	0,09	g/100 g	NB 061 (ASTM C 114 – 18)
ED31	3,88	0,09	g/100 g	NB 061 (ASTM C 114 – 18)
C572	3,89	NA	g/100 g	DETERMINACIÓN DE RESIDUO INSOLUBLE POR EL MÉTODO GRAVIMÉTRICO
4A86	3,9	0,09	g/100 g	NB 061 (ASTM C 114 – 18)
956E	3,9	0,25	g/100 g	NB 061 Análisis químico. Se calienta la muestra a alta temperatura y se mide la pérdida de masa. Indica el contenido de agua, materia orgánica y carbonatos.
32B5	3,91	0,09	g/100 g	NB 061 (ASTM C 114 – 18)
3DED	3,915	0,25216	g/100 g	NB 061 (ASTM C 114 – 18)
ED16	3,94	0,09	g/100 g	NB 061 (ASTM C 114 – 18)
8B0A	3,96	0,25113	g/100 g	NB 061 (ASTM C 114 – 18)
79EB	3,97	0,09	g/100 g	NB 061 (ASTM C 114 – 18)
0B7C	3,97	0,25	g/100 g	NB 061 Análisis químico. Se calienta la muestra a alta temperatura y se mide la pérdida de masa. Indica el contenido de agua, materia orgánica y carbonatos.
F3A9	3,97	0,2509	g/100 g	NB 061 (ASTM C 114 – 18)
2378	3,975	0,25078	g/100 g	NB 061 (ASTM C 114 – 18)
870B	4	0,09	g/100 g	NB 061 (ASTM C 114 – 18)
1911	4,01	0,09	g/100 g	NB 061 (ASTM C 114 – 18)
1A0F	4,025	0,24962	g/100 g	NB 061 (ASTM C 114 – 18)
58C2	4,09	0,02	g/100 g	Este método permite determinar las pérdidas por ignición, asociadas principalmente a la presencia de

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.02	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 58 de 76	Vigente desde: 2024-10-15	N° de Registro: 009/2025

Participante	Resultado	Incertidumbre	Unidades	Método
				materia orgánica, carbonatos y agua de cristalización del yeso, según la norma NB 060 y NB 061. La muestra se calcina en mufla a 950 °C, y por diferencia de peso, se determina el porcentaje de pérdida por calcinación.
6469	4,09	0,02	g/100 g	Este método permite determinar las pérdidas por ignición, asociadas principalmente a la presencia de materia orgánica, carbonatos y agua de cristalización del yeso, según la norma NB 060 y NB 061. La muestra se calcina en mufla a 950 °C, y por diferencia de peso, se determina el porcentaje de pérdida por calcinación.
43E1	4,165	NA	g/100 g	mide la pérdida de masa de una muestra al calentarla a una alta temperatura (generalmente 950 °C) para eliminar componentes volátiles como el agua y el dióxido de carbono. Se calcula comparando el peso de la muestra antes y después de la calcinación, y es un indicador de la presencia de impurezas o materiales volátiles que pueden afectar las propiedades del cemento.
E3F3	4,185	NA	g/100 g	mide la pérdida de masa de una muestra al calentarla a una alta temperatura (generalmente 950 °C) para eliminar componentes volátiles como el agua y el dióxido de carbono. Se calcula comparando el peso de la muestra antes y después de la calcinación, y es un indicador de la presencia de impurezas o materiales volátiles que pueden afectar las propiedades del cemento.
A892	4,235	NA	g/100 g	mide la pérdida de masa de una muestra al calentarla a una alta temperatura (generalmente 950 °C) para eliminar componentes volátiles como el agua y el dióxido de carbono. Se calcula comparando el peso de la muestra antes y después de la calcinación, y es un indicador de la presencia de impurezas o materiales volátiles que pueden afectar las propiedades del cemento.
53EC	4,325	NA	g/100 g	mide la pérdida de masa de una muestra al calentarla a una alta temperatura (generalmente 950 °C) para eliminar componentes volátiles como el agua y el dióxido de carbono. Se calcula comparando el peso de la muestra antes y después de la calcinación, y es un indicador de la presencia de impurezas o materiales volátiles que pueden afectar las propiedades del cemento.
95D6	4,35	0,062	g/100 g	Se procede de acuerdo a la NB 061
2F69	4,525	0,062	g/100 g	Se procede de acuerdo a la NB 062

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.02	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 59 de 76	Vigente desde: 2024-10-15	N° de Registro: 009/2025

17.2.5 Residuo Insoluble

Participante	Resultado	Incertidumbre	Unidades	Método
2F69	25,4	NA	g/100 g	Se procede de acuerdo a la NB 061
C572	26,47	NA	g/100 g	DETERMINACIÓN PERDIDA POR CALCINACIÓN POR EL MÉTODO GRAVIMÉTRICO
43E1	26,615	NA	g/100 g	El ensayo de residuo insoluble en cemento determina la cantidad de material inerte en una muestra, el cual no reacciona con el ácido clorhídrico y el hidróxido de sodio. El proceso implica disolver la muestra de cemento con ácido clorhídrico y luego con hidróxido de sodio, y después se calcina y pesa el residuo insoluble para cuantificar su porcentaje.
53EC	26,625	NA	g/100 g	El ensayo de residuo insoluble en cemento determina la cantidad de material inerte en una muestra, el cual no reacciona con el ácido clorhídrico y el hidróxido de sodio. El proceso implica disolver la muestra de cemento con ácido clorhídrico y luego con hidróxido de sodio, y después se calcina y pesa el residuo insoluble para cuantificar su porcentaje.
A892	26,68	NA	g/100 g	El ensayo de residuo insoluble en cemento determina la cantidad de material inerte en una muestra, el cual no reacciona con el ácido clorhídrico y el hidróxido de sodio. El proceso implica disolver la muestra de cemento con ácido clorhídrico y luego con hidróxido de sodio, y después se calcina y pesa el residuo insoluble para cuantificar su porcentaje.
E3F3	26,695	NA	g/100 g	El ensayo de residuo insoluble en cemento determina la cantidad de material inerte en una muestra, el cual no reacciona con el ácido clorhídrico y el hidróxido de sodio. El proceso implica disolver la muestra de cemento con ácido clorhídrico y luego con hidróxido de sodio, y después se calcina y pesa el residuo insoluble para cuantificar su porcentaje.
F3A9	27,40667	0,43696	g/100 g	NB 061 (ASTM C 114 – 18)
2378	27,475	0,43683	g/100 g	NB 061 (ASTM C 114 – 18)
95D6	27,57	NA	g/100 g	Se procede de acuerdo a la NB 061
3DED	27,74	0,43634	g/100 g	NB 061 (ASTM C 114 – 18)
8B0A	27,76	0,43631	g/100 g	NB 061 (ASTM C 114 – 18)
6BA5	27,85	0,18	g/100 g	NB 061 Análisis químico.
1A0F	28,05	0,43577	g/100 g	NB 061 (ASTM C 114 – 18)
00D6	28,12	1,06	g/100 g	NB 061 (ASTM C 114 – 18)
ED16	28,16	1,06	g/100 g	NB 061 (ASTM C 114 – 18)
58C2	28,16	0,08	g/100 g	Este ensayo se utiliza para determinar los residuos insolubles del cemento, tales como sílice, vidrios u otros componentes, mediante ataque con ácido clorhídrico, según la norma NB 060 y NB 061. El residuo se filtra, calcina a 950 °C y, por diferencia de peso, se determina el porcentaje de residuo insoluble.

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.02	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 60 de 76	Vigente desde: 2024-10-15	Nº de Registro: 009/2025

Participante	Resultado	Incertidumbre	Unidades	Método
6469	28,16	0,08	g/100 g	Este ensayo se utiliza para determinar los residuos insolubles del cemento, tales como sílice, vidrios u otros componentes, mediante ataque con ácido clorhídrico, según la norma NB 060 y NB 061. El residuo se filtra, calcina a 950 °C y, por diferencia de peso, se determina el porcentaje de residuo insoluble.
956E	28,16	0,18	g/100 g	NB 061 Análisis químico.
63B7	28,18	1,06	g/100 g	NB 061 (ASTM C 114 – 18)
4A86	28,2	1,06	g/100 g	NB 061 (ASTM C 114 – 18)
0B7C	28,25	0,18	g/100 g	NB 061 Análisis químico.
1911	28,26	1,06	g/100 g	NB 061 (ASTM C 114 – 18)
32B5	28,32	1,07	g/100 g	NB 061 (ASTM C 114 – 18)
ED31	28,41	1,07	g/100 g	NB 061 (ASTM C 114 – 18)
8142	28,49	0,16	g/100 g	Este ensayo se utiliza para determinar los residuos insolubles del cemento, tales como sílice, vidrios u otros componentes, mediante ataque con ácido clorhídrico, según la norma NB 060 y NB 061. El residuo se filtra, calcina a 950 °C y, por diferencia de peso, se determina el porcentaje de residuo insoluble.
870B	28,53	1,07	g/100 g	NB 061 (ASTM C 114 – 18)
79EB	28,56	1,07	g/100 g	NB 061 (ASTM C 114 – 18)

17.2.6 Resistencia a la compresión 3 días

Participante	Resultado	Incertidumbre	Unidades	Método
E3F3	21,665	1,2	MPa	Es un método para medir la resistencia a la compresión de morteros de cemento hidráulico. Este ensayo se realiza utilizando probetas cúbicas de mortero de 50 mm (2 pulgadas), preparadas siguiendo un procedimiento estandarizado. Las probetas se someten a una carga axial de compresión hasta su falla en una máquina de ensayos mecánica con platos de compresión, uno de los cuales debe tener un asiento esférico para asegurar una distribución uniforme de la carga.
53EC	22,825	1,3	MPa	es un método para medir la resistencia a la compresión de morteros de cemento hidráulico. Este ensayo se realiza utilizando probetas cúbicas de mortero de 50 mm (2 pulgadas), preparadas siguiendo un procedimiento estandarizado. Las probetas se someten a una carga axial de compresión hasta su falla en una máquina de ensayos mecánica con platos de compresión, uno de los cuales debe tener un asiento esférico para asegurar una distribución uniforme de la carga.
43E1	22,885	1,3	MPa	es un método para medir la resistencia a la compresión de morteros de cemento hidráulico. Este ensayo se realiza utilizando probetas cúbicas

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.02	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 61 de 76	Vigente desde: 2024-10-15	N° de Registro: 009/2025

Participante	Resultado	Incertidumbre	Unidades	Método
				de mortero de 50 mm (2 pulgadas), preparadas siguiendo un procedimiento estandarizado. Las probetas se someten a una carga axial de compresión hasta su falla en una máquina de ensayos mecánica con platos de compresión, uno de los cuales debe tener un asiento esférico para asegurar una distribución uniforme de la carga.
A892	22,905	1,3	MPa	es un método para medir la resistencia a la compresión de morteros de cemento hidráulico. Este ensayo se realiza utilizando probetas cúbicas de mortero de 50 mm (2 pulgadas), preparadas siguiendo un procedimiento estandarizado. Las probetas se someten a una carga axial de compresión hasta su falla en una máquina de ensayos mecánica con platos de compresión, uno de los cuales debe tener un asiento esférico para asegurar una distribución uniforme de la carga.
D5E4	23	1,2	MPa	
32B5	23	1,85	MPa	NB 470:2015 Determinación de la resistencia a la compresión Medir la capacidad del cemento endurecido para resistir cargas de compresión. Se preparan probetas (mortero o pasta), se curan y se ensayan en una prensa hidráulica hasta su rotura.
4630	23,1	1,85	MPa	NB 470:2015 Determinación de la resistencia a la compresión Medir la capacidad del cemento endurecido para resistir cargas de compresión. Se preparan probetas (mortero o pasta), se curan y se ensayan en una prensa hidráulica hasta su rotura.
9E38	23,4	1,5	MPa	
4D09	23,5	1,85	MPa	NB 470:2015 Determinación de la resistencia a la compresión Medir la capacidad del cemento endurecido para resistir cargas de compresión. Se preparan probetas (mortero o pasta), se curan y se ensayan en una prensa hidráulica hasta su rotura.
01 83	23,6	1,91	MPa	NB 470:2015 Determinación de la resistencia a la compresión Medir la capacidad del cemento endurecido para resistir cargas de compresión. Se preparan probetas (mortero o pasta), se curan y se ensayan en una prensa hidráulica hasta su rotura.
6469	24,1	0	MPa	Este método utiliza probetas normalizadas de 50 mm, utilizando las unidades del S.I. El mortero preparado debe de estar con la consistencia normal establecido por la norma NB 062, esta pasta es enviada a los moldes de bronce, compactados según lo establecido en la norma. Se inicia el fraguado en la cámara húmeda por 24 horas para luego ser desmoldado y llevado a la piscina de curado. Según el tiempo de las pruebas deberá de romperse con una prensa hidráulica a los 3 días según la norma NB 470.

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.02	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 62 de 76	Vigente desde: 2024-10-15	N° de Registro: 009/2025

Participante	Resultado	Incertidumbre	Unidades	Método
956E	24,1	1,91	MPa	NB 470:2015 Determinación de la resistencia a la compresión Medir la capacidad del cemento endurecido para resistir cargas de compresión. Se preparan probetas (mortero o pasta), se curan y se ensayan en una prensa hidráulica hasta su rotura.
E4CD	24,25	3,46583	MPa	NB 470:2015 Determinación de la resistencia a la compresión Medir la capacidad del cemento endurecido para resistir cargas de compresión. Se preparan probetas (mortero o pasta), se curan y se ensayan en una prensa hidráulica hasta su rotura.
8B0A	24,25	3,46583	MPa	NB 470:2015 Determinación de la resistencia a la compresión Medir la capacidad del cemento endurecido para resistir cargas de compresión. Se preparan probetas (mortero o pasta), se curan y se ensayan en una prensa hidráulica hasta su rotura.
1FD3	24,3	1,91	MPa	NB 470:2015 Determinación de la resistencia a la compresión Medir la capacidad del cemento endurecido para resistir cargas de compresión. Se preparan probetas (mortero o pasta), se curan y se ensayan en una prensa hidráulica hasta su rotura.
F3A9	24,4	3,47489	MPa	NB 470:2015 Determinación de la resistencia a la compresión Medir la capacidad del cemento endurecido para resistir cargas de compresión. Se preparan probetas (mortero o pasta), se curan y se ensayan en una prensa hidráulica hasta su rotura.
95D6	25	3,8	MPa	Se procede de acuerdo a la NORMA NB 470
8142	25,95	0,1	MPa	Este método utiliza probetas normalizadas de 50 mm, utilizando las unidades del S.I. El mortero preparado debe de estar con la consistencia normal establecido por la norma NB 062, esta pasta es enviada a los moldes de bronce, compactados según lo establecido en la norma. Se inicia el fraguado en la cámara húmeda por 24 horas para luego ser desmoldado y llevado a la piscina de curado. Según el tiempo de las pruebas deberá de romperse con una prensa hidráulica a los 3 días según la norma NB 470.
58C2	26	0,2	MPa	Este método utiliza probetas normalizadas de 50 mm, utilizando las unidades del S.I. El mortero preparado debe de estar con la consistencia normal establecido por la norma NB 062, esta pasta es enviada a los moldes de bronce, compactados según lo establecido en la norma. Se inicia el fraguado en la cámara húmeda por 24 horas para luego ser desmoldado y llevado a la piscina de curado. Según el tiempo de las pruebas deberá de romperse con una prensa hidráulica a los 3 días según la norma NB 470.

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.02	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 63 de 76	Vigente desde: 2024-10-15	Nº de Registro: 009/2025

Participante	Resultado	Incertidumbre	Unidades	Método
C572	26,35	NA	MPa	NORMA BOLIVIANA NB 470- CEMENTO DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN
2F69	27,7	3,8	MPa	Se procede de acuerdo a la NORMA NB 470

17.2.7 Resistencia a la compresión 7 días

Participante	Resultado	Incertidumbre	Unidades	Método
A892	23,79	1,3	MPa	es un método para medir la resistencia a la compresión de morteros de cemento hidráulico. Este ensayo se realiza utilizando probetas cúbicas de mortero de 50 mm (2 pulgadas), preparadas siguiendo un procedimiento estandarizado. Las probetas se someten a una carga axial de compresión hasta su falla en una máquina de ensayos mecánica con platos de compresión, uno de los cuales debe tener un asiento esférico para asegurar una distribución uniforme de la carga.
43E1	24,79	1,3	MPa	es un método para medir la resistencia a la compresión de morteros de cemento hidráulico. Este ensayo se realiza utilizando probetas cúbicas de mortero de 50 mm (2 pulgadas), preparadas siguiendo un procedimiento estandarizado. Las probetas se someten a una carga axial de compresión hasta su falla en una máquina de ensayos mecánica con platos de compresión, uno de los cuales debe tener un asiento esférico para asegurar una distribución uniforme de la carga.
E3F3	24,79	1,3	MPa	es un método para medir la resistencia a la compresión de morteros de cemento hidráulico. Este ensayo se realiza utilizando probetas cúbicas de mortero de 50 mm (2 pulgadas), preparadas siguiendo un procedimiento estandarizado. Las probetas se someten a una carga axial de compresión hasta su falla en una máquina de ensayos mecánica con platos de compresión, uno de los cuales debe tener un asiento esférico para asegurar una distribución uniforme de la carga.
53EC	26,06	1,4	MPa	es un método para medir la resistencia a la compresión de morteros de cemento hidráulico. Este ensayo se realiza utilizando probetas cúbicas de mortero de 50 mm (2 pulgadas), preparadas siguiendo un procedimiento estandarizado. Las probetas se someten a una carga axial de compresión hasta su falla en una máquina de ensayos mecánica con platos de compresión, uno de los cuales debe tener un asiento esférico para asegurar una distribución uniforme de la carga.
D5E4	26,5	1,1	MPa	
9E+38	26,8	0,9	MPa	
6469	26,8	0,6	MPa	Este método utiliza probetas normalizadas de 50 mm, utilizando las unidades del S.I. El mortero preparado

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.02	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 64 de 76	Vigente desde: 2024-10-15	N° de Registro: 009/2025

Participante	Resultado	Incertidumbre	Unidades	Método
				debe de estar con la consistencia normal establecido por la norma NB 062, esta pasta es enviada a los moldes de bronce, compactados según lo establecido en la norma. Se inicia el fraguado en la cámara húmeda por 24 horas para luego ser desmoldado y llevado a la piscina de curado. Según el tiempo de las pruebas deberá de romperse con una prensa hidráulica a los 7 días según la norma NB 470.
4630	26,9	1,53	MPa	NB 470:2015 (ASTM C109 /C109M -21)
4D09	27,1	1,53	MPa	NB 470:2015 (ASTM C109 /C109M -21)
32B5	27,3	1,54	MPa	NB 470:2015 (ASTM C109 /C109M -21)
E4CD	27,5	3,70902	MPa	NB 470:2015 (ASTM C109 /C109M -21)
95D6	27,7	3	MPa	Se procede de acuerdo a la NORMA NB 470
956E	27,7	2,67	MPa	NB 470:2015 Determinación de la resistencia a la compresión Medir la capacidad del cemento endurecido para resistir cargas de compresión. Se preparan probetas (mortero o pasta), se curan y se ensayan en una prensa hidráulica hasta su rotura.
01 83	27,9	2,67	MPa	NB 470:2015 Determinación de la resistencia a la compresión Medir la capacidad del cemento endurecido para resistir cargas de compresión. Se preparan probetas (mortero o pasta), se curan y se ensayan en una prensa hidráulica hasta su rotura.
8B0A	27,95	3,74494	MPa	NB 470:2015 (ASTM C109 /C109M -21)
F3A9	28,35	3,77649	MPa	NB 470:2015 (ASTM C109 /C109M -21)
1FD3	28,4	2,67	MPa	NB 470:2015 Determinación de la resistencia a la compresión Medir la capacidad del cemento endurecido para resistir cargas de compresión. Se preparan probetas (mortero o pasta), se curan y se ensayan en una prensa hidráulica hasta su rotura.
2F69	29	3	MPa	Se procede de acuerdo a la NORMA NB 470
C572	29,675	NA	MPa	NORMA BOLIVIANA NB 470- CEMENTO DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN
8142	29,75	0,5	MPa	Este método utiliza probetas normalizadas de 50 mm, utilizando las unidades del S.I. El mortero preparado debe de estar con la consistencia normal establecido por la norma NB 062, esta pasta es enviada a los moldes de bronce, compactados según lo establecido en la norma. Se inicia el fraguado en la cámara húmeda por 24 horas para luego ser desmoldado y llevado a la piscina de curado. Según el tiempo de las pruebas deberá de romperse con una prensa hidráulica a los 7 días según la norma NB 470.
58C2	31,05	0,1	MPa	Este método utiliza probetas normalizadas de 50 mm, utilizando las unidades del S.I. El mortero preparado debe de estar con la consistencia normal establecido por la norma NB 062, esta pasta es enviada a los moldes de bronce, compactados según lo establecido

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.02	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 65 de 76	Vigente desde: 2024-10-15	N° de Registro: 009/2025

Participante	Resultado	Incertidumbre	Unidades	Método
				en la norma. Se inicia el fraguado en la cámara húmeda por 24 horas para luego ser desmoldado y llevado a la piscina de curado. Según el tiempo de las pruebas deberá de romperse con una prensa hidráulica a los 7 días según la norma NB 470.

17.2.8 Resistencia a la compresión 28 días

Participante	Resultado	Incertidumbre	Unidades	Método
43E1	33,195	1,7	MPa	realiza utilizando probetas cúbicas de mortero de 50 mm (2 pulgadas), preparadas siguiendo un procedimiento estandarizado. Las probetas se someten a una carga axial de compresión hasta su falla en una máquina de ensayos mecánica con platos de compresión, uno de los cuales debe tener un asiento esférico para asegurar una distribución uniforme de la carga.
53EC	33,345	1,7	MPa	realiza utilizando probetas cúbicas de mortero de 50 mm (2 pulgadas), preparadas siguiendo un procedimiento estandarizado. Las probetas se someten a una carga axial de compresión hasta su falla en una máquina de ensayos mecánica con platos de compresión, uno de los cuales debe tener un asiento esférico para asegurar una distribución uniforme de la carga.
E3F3	33,51	1,7	MPa	realiza utilizando probetas cúbicas de mortero de 50 mm (2 pulgadas), preparadas siguiendo un procedimiento estandarizado. Las probetas se someten a una carga axial de compresión hasta su falla en una máquina de ensayos mecánica con platos de compresión, uno de los cuales debe tener un asiento esférico para asegurar una distribución uniforme de la carga.
A892	33,685	1,7	MPa	realiza utilizando probetas cúbicas de mortero de 50 mm (2 pulgadas), preparadas siguiendo un procedimiento estandarizado. Las probetas se someten a una carga axial de compresión hasta su falla en una máquina de ensayos mecánica con platos de compresión, uno de los cuales debe tener un asiento esférico para asegurar una distribución uniforme de la carga.
4630	34,6	1,81	MPa	NB 470:2015 (ASTM C109 /C109M -21)
32B5	34,9	1,82	MPa	NB 470:2015 (ASTM C109 /C109M -21)
956E	34,9	2,31	MPa	NB 470:2015 Determinación de la resistencia a la compresión Medir la capacidad del cemento endurecido para resistir cargas de compresión. Se preparan probetas (mortero o pasta), se curan y se ensayan en una prensa hidráulica hasta su rotura.
01 83	35,1	2,31	MPa	NB 470:2015 Determinación de la resistencia a la compresión Medir la capacidad del cemento endurecido para resistir cargas de compresión. Se preparan

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.02	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 66 de 76	Vigente desde: 2024-10-15	N° de Registro: 009/2025

Participante	Resultado	Incertidumbre	Unidades	Método
				probetas (mortero o pasta), se curan y se ensayan en una prensa hidráulica hasta su rotura.
4D09	35,2	1,83	MPa	NB 470:2015 (ASTM C109 /C109M -21)
6469	35,25	0,9	MPa	NB 470:2015 (ASTM C109 /C109M -21)
D5E4	35,5	1,5	MPa	NB 470 / ASTM C 109
1FD3	35,6	2,31	MPa	NB 470:2015 Determinación de la resistencia a la compresión Medir la capacidad del cemento endurecido para resistir cargas de compresión. Se preparan probetas (mortero o pasta), se curan y se ensayan en una prensa hidráulica hasta su rotura.
E4CD	35,75	3,80006	MPa	NB 470:2015 (ASTM C109 /C109M -21)
8B0A	36,3	3,83591	MPa	NB 470:2015 (ASTM C109 /C109M -21)
9E+38	36,4	1,2	MPa	NB 470 / ASTM C 109
2F69	36,65	3,2	MPa	Se procede de acuerdo a la NB 643
95D6	36,8	3,2	MPa	Se procede de acuerdo a la NB 643
F3A9	37,3	3,90015	MPa	NB 470:2015 (ASTM C109 /C109M -21)
C572	38,45	NA	MPa	NORMA BOLIVIANA NB 470- CEMENTO DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN
8142	38,9	0	MPa	Este método utiliza probetas normalizadas de 50 mm, utilizando las unidades del S.I. El mortero preparado debe de estar con la consistencia normal establecido por la norma NB 062, esta pasta es enviada a los moldes de bronce, compactados según lo establecido en la norma. Se inicia el fraguado en la cámara húmeda por 24 horas para luego ser desmoldado y llevado a la piscina de curado. Según el tiempo de las pruebas deberá de romperse con una prensa hidráulica a los 28 días según la norma NB 470.
58C2	40,65	0,7	MPa	Este método utiliza probetas normalizadas de 50 mm, utilizando las unidades del S.I. El mortero preparado debe de estar con la consistencia normal establecido por la norma NB 062, esta pasta es enviada a los moldes de bronce, compactados según lo establecido en la norma. Se inicia el fraguado en la cámara húmeda por 24 horas para luego ser desmoldado y llevado a la piscina de curado. Según el tiempo de las pruebas deberá de romperse con una prensa hidráulica a los 28 días según la norma NB 470.

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.02	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 67 de 76	Vigente desde: 2024-10-15	N° de Registro: 009/2025

17.2.9 Superficie específica de Blaine Mínima

Participante	Resultado	Incertidumbre	Unidades	Método
C572	4660,25	NA	cm2/g	NORMA BOLIVIANA NB 472 CEMENTO - DETERMINACIÓN DE LA SUPERFICIE ESPECIFICA POR EL PERMEABILÍMETRO (BLAINE)
53EC	4710	NA	cm2/g	El método se basa en se basa en que la resistencia al flujo de aire a través de un lecho poroso depende del tamaño y número de los poros, que a su vez están determinados por el tamaño de las partículas del cemento.
00D6	4800	77	cm2/g	NB 472:2013 (ASTM-C204-18)
ED16	4800	77	cm2/g	NB 472:2013 (ASTM-C204-18)
79EB	4800	77	cm2/g	NB 472:2013 (ASTM-C204-18)
43E1	4820	NA	cm2/g	El método se basa en se basa en que la resistencia al flujo de aire a través de un lecho poroso depende del tamaño y número de los poros, que a su vez están determinados por el tamaño de las partículas del cemento.
E3F3	4825	NA	cm2/g	El método se basa en se basa en que la resistencia al flujo de aire a través de un lecho poroso depende del tamaño y número de los poros, que a su vez están determinados por el tamaño de las partículas del cemento.
A892	4830	NA	cm2/g	El método se basa en se basa en que la resistencia al flujo de aire a través de un lecho poroso depende del tamaño y número de los poros, que a su vez están determinados por el tamaño de las partículas del cemento.
63B7	4850	79	cm2/g	NB 472:2013 (ASTM-C204-18)
4630	4850	79	cm2/g	NB 472:2013 (ASTM-C204-18)
1911	4850	79	cm2/g	NB 472:2013 (ASTM-C204-18)
4A86	4850	79	cm2/g	NB 472:2013 (ASTM-C204-18)
870B	4850	79	cm2/g	NB 472:2013 (ASTM-C204-18)
ED31	4850	79	cm2/g	NB 472:2013 (ASTM-C204-18)
32B5	4850	79	cm2/g	NB 472:2013 (ASTM-C204-18)
4D09	4900	79	cm2/g	NB 472:2013 (ASTM-C204-18)
E4CD	4900	51,402	cm2/g	NB 472:2013 (ASTM-C204-18)
2F69	4923	333,8	cm2/g	Se procede de acuerdo a la NB 472
956E	4950	113	cm2/g	NB 472:2013 Determinación de la superficie específica por Permeabilímetro (Blaine) Se determina la finura del cemento por permeabilidad del aire. Cuanto mayor la superficie específica, más fino es el cemento. Se usa el aparato de Blaine.
0B7C	4950	113	cm2/g	NB 472:2013 Determinación de la superficie específica por Permeabilímetro (Blaine) Se determina la finura del cemento por permeabilidad del aire. Cuanto mayor la superficie

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.02	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 68 de 76	Vigente desde: 2024-10-15	N° de Registro: 009/2025

Participante	Resultado	Incertidumbre	Unidades	Método
				especifica, más fino es el cemento. Se usa el aparato de Blaine.
1FD3	4950	113	cm2/g	NB 472:2013 Determinación de la superficie específica por Permeabilímetro (Blaine) Se determina la finura del cemento por permeabilidad del aire. Cuanto mayor la superficie específica, más fino es el cemento. Se usa el aparato de Blaine.
01 83	4950	113	cm2/g	NB 472:2013 Determinación de la superficie específica por Permeabilímetro (Blaine) Se determina la finura del cemento por permeabilidad del aire. Cuanto mayor la superficie específica, más fino es el cemento. Se usa el aparato de Blaine.
3DED	4950	49,548	cm2/g	NB 472:2013 (ASTM-C204-18)
8B0A	4950	49,548	cm2/g	NB 472:2013 (ASTM-C204-18)
95D6	4961	333,8	cm2/g	Se procede de acuerdo a la NB 472
6469	4981	20	cm2/g	Este método consiste en determinar la superficie específica del cemento mediante el equipo de Permeabilímetro Blaine, el cual mide el tiempo que tarda una cantidad fija de aire en atravesar una muestra de cemento compactada. Según la norma NB 472
1A0F	5000	48,53	cm2/g	NB 472:2013 (ASTM-C204-18)
F3A9	5000	48,53	cm2/g	NB 472:2013 (ASTM-C204-18)
2378	5000	48,53	cm2/g	NB 472:2013 (ASTM-C204-18)
58C2	5231	12	cm2/g	Este método consiste en determinar la superficie específica del cemento mediante el equipo de Permeabilímetro Blaine, el cual mide el tiempo que tarda una cantidad fija de aire en atravesar una muestra de cemento compactada. Según la norma NB 472.
8142	5489	16	cm2/g	Este método consiste en determinar la superficie específica del cemento mediante el equipo de Permeabilímetro Blaine, el cual mide el tiempo que tarda una cantidad fija de aire en atravesar una muestra de cemento compactada. Según la norma NB 472.

17.2.10 Tamiz 325

Participante	Resultado	Incertidumbre	Unidades	Método
E3F3	98,32	NA	% (g/100 g) Porcentaje que pasa el tamiz	
43E1	98,37	NA	% (g/100 g) Porcentaje que pasa el tamiz	
53EC	98,505	NA	% (g/100 g) Porcentaje que pasa el tamiz	

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.02	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 69 de 76	Vigente desde: 2024-10-15	N° de Registro: 009/2025

Participante	Resultado	Incertidumbre	Unidades	Método
A892	99,255	NA	% (g/100 g) Porcentaje que pasa el tamiz	
6469	99,32	0,12	% (g/100 g) Porcentaje que pasa el tamiz	Este método consiste en determinar la finura de la molienda del cemento mediante tamizado húmedo, según la norma UNE 80-108-86. Se introduce una cantidad conocida de cemento en una malla 325, se adiciona agua a una presión de 10 psi durante 1 minuto, luego se limpia el tamiz y se pesa el material residual retenido.
95D6	99,4	0,57	% (g/100 g) Porcentaje que pasa el tamiz	Se procede de acuerdo a la ASTM C 430 - 08
58C2	99,43	0,06	% (g/100 g) Porcentaje que pasa el tamiz	Este método consiste en determinar la finura de la molienda del cemento mediante tamizado húmedo, según la norma UNE 80-108-86. Se introduce una cantidad conocida de cemento en una malla 325, se adiciona agua a una presión de 10 psi durante 1 minuto, luego se limpia el tamiz y se pesa el material residual retenido.
ED31	99,52	NA	% (g/100 g) Porcentaje que pasa el tamiz	ASTM C 430-24
4A86	99,58	NA	% (g/100 g) Porcentaje que pasa el tamiz	ASTM C 430-24
956E	99,59	NA	% (g/100 g) Porcentaje que pasa el tamiz	ASTM C430 Determinación de la finura del cemento hidráulico usando un tamiz de 45? m Evaluar la finura del cemento mediante el tamizado. Pasar una muestra por el tamiz 325 (45 micras) y se determina el porcentaje retenido.
79EB	99,6	NA	% (g/100 g) Porcentaje que pasa el tamiz	ASTM C 430-24
01 83	99,6	NA	% (g/100 g) Porcentaje que pasa el tamiz	ASTM C430 Determinación de la finura del cemento hidráulico usando un tamiz de 45? m Evaluar la finura del cemento mediante el tamizado. Pasar una muestra por el tamiz 325 (45 micras) y se determina el porcentaje retenido.
63B7	99,61	NA	% (g/100 g) Porcentaje que pasa el tamiz	ASTM C 430-24
8142	99,61	0,04	% (g/100 g) Porcentaje que pasa el tamiz	Este método consiste en determinar la finura de la molienda del cemento mediante tamizado húmedo, según la norma UNE 80-108-86. Se introduce una cantidad conocida de cemento en una malla 325, se adiciona agua a una presión de 10 psi durante 1 minuto, luego se limpia el tamiz y se pesa el material residual retenido.
0B7C	99,61	NA	% (g/100 g) Porcentaje que pasa el tamiz	ASTM C430 Determinación de la finura del cemento hidráulico usando un tamiz de 45? m Evaluar la finura del cemento mediante el tamizado. Pasar una muestra por el tamiz 325

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.02	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 70 de 76	Vigente desde: 2024-10-15	N° de Registro: 009/2025

Participante	Resultado	Incertidumbre	Unidades	Método
				(45 micras) y se determina el porcentaje retenido.
00D6	99,62	NA	% (g/100 g) Porcentaje que pasa el tamiz	ASTM C 430-24
ED16	99,62	NA	% (g/100 g) Porcentaje que pasa el tamiz	ASTM C 430-24
1FD3	99,62	NA	% (g/100 g) Porcentaje que pasa el tamiz	ASTM C430 Determinación de la finura del cemento hidráulico usando un tamiz de 45? m Evaluar la finura del cemento mediante el tamizado. Pasar una muestra por el tamiz 325 (45 micras) y se determina el porcentaje retenido.
4D09	99,64	NA	% (g/100 g) Porcentaje que pasa el tamiz	ASTM C 430-24
32B5	99,64	NA	% (g/100 g) Porcentaje que pasa el tamiz	ASTM C 430-24
2F69	99,69	0,57	% (g/100 g) Porcentaje que pasa el tamiz	Se procede de acuerdo a la ASTM C 430 - 08
870B	99,7	NA	% (g/100 g) Porcentaje que pasa el tamiz	ASTM C 430-24
3DED	99,7	NA	% (g/100 g) Porcentaje que pasa el tamiz	ASTM C 430-24
4630	99,72	NA	% (g/100 g) Porcentaje que pasa el tamiz	ASTM C 430-24
8B0A	99,735	NA	% (g/100 g) Porcentaje que pasa el tamiz	ASTM C 430-24
C572	99,745	NA	% (g/100 g) Porcentaje que pasa el tamiz	
E4CD	99,75	NA	% (g/100 g) Porcentaje que pasa el tamiz	ASTM C 430-24
1911	99,76	NA	% (g/100 g) Porcentaje que pasa el tamiz	ASTM C 430-24
2378	99,76	NA	% (g/100 g) Porcentaje que pasa el tamiz	ASTM C 430-24
F3A9	99,76333	NA	% (g/100 g) Porcentaje que pasa el tamiz	ASTM C 430-24
1A0F	99,78	NA	% (g/100 g) Porcentaje que pasa el tamiz	ASTM C 430-24

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.02	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 71 de 76	Vigente desde: 2024-10-15	Nº de Registro: 009/2025

17.2.11 Tiempo de fraguado final

Participante	Resultado	Incertidumbre	Unidades	Método
6469	220,2	12	min	Este método se emplea para determinar el tiempo de fraguado final del cemento mediante la aguja de Vicat, utilizando una pasta de consistencia normal, según la norma NB 063. El fraguado final se considera alcanzado cuando, desde la adición de agua, la aguja ya no deja marca de penetración en la pasta.
8142	250,5	9	min	Este método se emplea para determinar el tiempo de fraguado final del cemento mediante la aguja de Vicat, utilizando una pasta de consistencia normal, según la norma NB 063. El fraguado final se considera alcanzado cuando, desde la adición de agua, la aguja ya no deja marca de penetración en la pasta.
A892	262	NA	min	El ensayo de tiempo de fraguado evalúa la rigidez de la pasta de cemento en el tiempo mediante la medición de la penetración de una aguja estándar. Este proceso determina el fraguado inicial (cuando se vuelve no plástico) y el fraguado final (cuando alcanza una firmeza definida), proporcionando datos sobre el tiempo de trabajo y la seguridad para el acabado superficial y desencofrado.
53EC	265	NA	min	El ensayo de tiempo de fraguado evalúa la rigidez de la pasta de cemento en el tiempo mediante la medición de la penetración de una aguja estándar. Este proceso determina el fraguado inicial (cuando se vuelve no plástico) y el fraguado final (cuando alcanza una firmeza definida), proporcionando datos sobre el tiempo de trabajo y la seguridad para el acabado superficial y desencofrado.
43E1	267,5	NA	min	El ensayo de tiempo de fraguado evalúa la rigidez de la pasta de cemento en el tiempo mediante la medición de la penetración de una aguja estándar. Este proceso determina el fraguado inicial (cuando se vuelve no plástico) y el fraguado final (cuando alcanza una firmeza definida), proporcionando datos sobre el tiempo de trabajo y la seguridad para el acabado superficial y desencofrado.
58C2	268,8	0	min	Este método se emplea para determinar el tiempo de fraguado final del cemento mediante la aguja de Vicat, utilizando una pasta de consistencia normal, según la norma NB 063. El fraguado final se considera alcanzado cuando, desde la adición de agua, la aguja ya no deja marca de penetración en la pasta.
E3F3	270	NA	min	El ensayo de tiempo de fraguado evalúa la rigidez de la pasta de cemento en el tiempo mediante la medición de la penetración de una aguja estándar. Este proceso determina el fraguado inicial (cuando se vuelve no plástico) y el fraguado final (cuando alcanza una firmeza definida), proporcionando datos

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.02	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 72 de 76	Vigente desde: 2024-10-15	N° de Registro: 009/2025

Participante	Resultado	Incertidumbre	Unidades	Método
				sobre el tiempo de trabajo y la seguridad para el acabado superficial y desencofrado.
95D6	310	NA	min	Se procede de acuerdo a la NB 063
E4CD	310	15	min	NB 063:2013 (ASTM C 191 -21)
C572	312,25	NA	min	NORMA BOLIVIANA NB 063 - CEMENTO DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE FRAGUADO
4D09	315	19	min	NB 063:2013 (ASTM C 191 -21)
01 83	315	50	min	
1FD3	323	51	min	
32B5	325	19	min	NB 063:2013 (ASTM C 191 -21)
4630	328	19	min	NB 063:2013 (ASTM C 191 -21)
8B0A	337,5	13,267	min	NB 063:2013 (ASTM C 191 -21)
2F69	340	NA	min	Se procede de acuerdo a la NB 063
F3A9	350	13	min	NB 063:2013 (ASTM C 191 -21)

17.2.12 Tiempo de fraguado inicial

Participante	Resultado	Incertidumbre	Unidades	Método
6469	132	7,2	min	Este método se utiliza para determinar el tiempo de fraguado inicial del cemento mediante la aguja de Vicat, empleando una pasta de consistencia normal, según la norma NB 063. El fraguado inicial se define como el tiempo transcurrido desde la adición de agua hasta el momento en que la aguja penetra hasta una profundidad de 25 mm.
8142	142,2	2,4	min	Este método se utiliza para determinar el tiempo de fraguado inicial del cemento mediante la aguja de Vicat, empleando una pasta de consistencia normal, según la norma NB 063. El fraguado inicial se define como el tiempo transcurrido desde la adición de agua hasta el momento en que la aguja penetra hasta una profundidad de 25 mm.
58C2	150	6	min	Este método se utiliza para determinar el tiempo de fraguado inicial del cemento mediante la aguja de Vicat, empleando una pasta de consistencia normal, según la norma NB 063. El fraguado inicial se define como el tiempo transcurrido desde la adición de agua hasta el momento en que la aguja penetra hasta una profundidad de 25 mm.
95D6	170	NA	min	Se procede de acuerdo a la NB 063
2F69	185	NA	min	Se procede de acuerdo a la NB 063
01 83	185	25	min	
1FD3	187	25	min	
E4CD	190	10	min	NB 063:2013 (ASTM C 191 -21)
C572	191,5	NA	min	NORMA BOLIVIANA NB 063 - CEMENTO DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE FRAGUADO

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.02	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 73 de 76	Vigente desde: 2024-10-15	N° de Registro: 009/2025

Participante	Resultado	Incertidumbre	Unidades	Método
4D09	192	13	min	NB 063:2013 (ASTM C 191 -21)
8B0A	192,5	9,83118	min	NB 063:2013 (ASTM C 191 -21)
4630	193	13	min	NB 063:2013 (ASTM C 191 -21)
32B5	193	13	min	NB 063:2013 (ASTM C 191 -21)
F3A9	200	10	min	NB 063:2013 (ASTM C 191 -21)
A892	200,5	NA	min	El ensayo de tiempo de fraguado evalúa la rigidez de la pasta de cemento en el tiempo mediante la medición de la penetración de una aguja estándar. Este proceso determina el fraguado inicial (cuando se vuelve no plástico) y el fraguado final (cuando alcanza una firmeza definida), proporcionando datos sobre el tiempo de trabajo y la seguridad para el acabado superficial y desencofrado.
53EC	202,5	NA	min	El ensayo de tiempo de fraguado evalúa la rigidez de la pasta de cemento en el tiempo mediante la medición de la penetración de una aguja estándar. Este proceso determina el fraguado inicial (cuando se vuelve no plástico) y el fraguado final (cuando alcanza una firmeza definida), proporcionando datos sobre el tiempo de trabajo y la seguridad para el acabado superficial y desencofrado.
43E1	205	NA	min	El ensayo de tiempo de fraguado evalúa la rigidez de la pasta de cemento en el tiempo mediante la medición de la penetración de una aguja estándar. Este proceso determina el fraguado inicial (cuando se vuelve no plástico) y el fraguado final (cuando alcanza una firmeza definida), proporcionando datos sobre el tiempo de trabajo y la seguridad para el acabado superficial y desencofrado.
E3F3	210	NA	min	El ensayo de tiempo de fraguado evalúa la rigidez de la pasta de cemento en el tiempo mediante la medición de la penetración de una aguja estándar. Este proceso determina el fraguado inicial (cuando se vuelve no plástico) y el fraguado final (cuando alcanza una firmeza definida), proporcionando datos sobre el tiempo de trabajo y la seguridad para el acabado superficial y desencofrado.

17.2.13 Trióxido de azufre

Participante	Resultado	Incertidumbre	Unidades	Método
79EB	1,62	0,34	g/100 g	NTP ISO29581-2:2019 (ASTM C 114 – 18)
63B7	1,63	0,34	g/100 g	NTP ISO29581-2:2019 (ASTM C 114 – 18)
1911	1,63	0,34	g/100 g	NTP ISO29581-2:2019 (ASTM C 114 – 18)
00D6	1,64	0,33	g/100 g	NTP ISO29581-2:2019 (ASTM C 114 – 18)
32B5	1,64	0,33	g/100 g	NTP ISO29581-2:2019 (ASTM C 114 – 18)
4A86	1,65	0,34	g/100 g	NTP ISO29581-2:2019 (ASTM C 114 – 18)
ED31	1,65	0,33	g/100 g	NTP ISO29581-2:2019 (ASTM C 114 – 18)

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.02	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 74 de 76	Vigente desde: 2024-10-15	N° de Registro: 009/2025

Participante	Resultado	Incertidumbre	Unidades	Método
ED16	1,66	0,34	g/100 g	NTP ISO29581-2:2019 (ASTM C 114 – 18)
870B	1,66	0,32	g/100 g	NTP ISO29581-2:2019 (ASTM C 114 – 18)
A892	1,685	NA	g/100 g	
95D6	1,69	0,029	g/100 g	Espectrometría de rayos X
6BA5	1,69	0,082	g/100 g	NTP-ISO 29581-2:2019 Cemento: Método de ensayo. Parte 2 Análisis químico por fluorescencia de rayos X. Técnica instrumental no destructiva que permite determinar óxidos. La muestra se irradia con rayos X y los elementos emiten una radiación secundaria característica. La señal es detectada y cuantificada para calcular la concentración.
C985	1,7	0,08	g/100 g	NTP-ISO 29581-2:2019 Cemento: Método de ensayo. Parte 2 Análisis químico por fluorescencia de rayos X. Técnica instrumental no destructiva que permite determinar óxidos. La muestra se irradia con rayos X y los elementos emiten una radiación secundaria característica. La señal es detectada y cuantificada para calcular la concentración.
0B7C	1,7	0,08	g/100 g	NTP-ISO 29581-2:2019 Cemento: Método de ensayo. Parte 2 Análisis químico por fluorescencia de rayos X. Técnica instrumental no destructiva que permite determinar óxidos. La muestra se irradia con rayos X y los elementos emiten una radiación secundaria característica. La señal es detectada y cuantificada para calcular la concentración.
956E	1,71	0,08	g/100 g	NTP-ISO 29581-2:2019 Cemento: Método de ensayo. Parte 2 Análisis químico por fluorescencia de rayos X. Técnica instrumental no destructiva que permite determinar óxidos. La muestra se irradia con rayos X y los elementos emiten una radiación secundaria característica. La señal es detectada y cuantificada para calcular la concentración.
F3A9	1,71	0,139	g/100 g	NTP ISO29581-2:2019 (ASTM C 114 – 18)
2378	1,71	0,139	g/100 g	NTP ISO29581-2:2019 (ASTM C 114 – 18)
8B0A	1,715	0,13909	g/100 g	NTP ISO29581-2:2019 (ASTM C 114 – 18)
2F69	1,72	0,029	g/100 g	Espectrometría de rayos X
1A0F	1,725	0,13928	g/100 g	NTP ISO29581-2:2019 (ASTM C 114 – 18)
9208	1,73	NA	g/100 g	
3DED	1,73	0,13937	g/100 g	NTP ISO29581-2:2019 (ASTM C 114 – 18)
58C2	1,75	0,04	g/100 g	Este ensayo se realiza para determinar el contenido de SO2 presente en el cemento, normalmente incorporado en forma de yeso agregado durante la molienda, según la norma NB 060 y NB 061. El método consiste en el ataque de la muestra con ácido clorhídrico, precipitación con cloruro de bario, seguido de filtrado, calcinación en mufla a 950 °C y determinación gravimétrica del SO2.

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.02	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 75 de 76	Vigente desde: 2024-10-15	Nº de Registro: 009/2025

Participante	Resultado	Incertidumbre	Unidades	Método
6469	1,75	0,04	g/100 g	Este ensayo se realiza para determinar el contenido de SO ₂ presente en el cemento, normalmente incorporado en forma de yeso agregado durante la molienda, según la norma NB 060 y NB 061. El método consiste en el ataque de la muestra con ácido clorhídrico, precipitación con cloruro de bario, seguido de filtrado, calcinación en mufla a 950 °C y determinación gravimétrica del SO ₂ .
8142	1,78	0,08	g/100 g	Este ensayo se realiza para determinar el contenido de SO ₂ presente en el cemento, normalmente incorporado en forma de yeso agregado durante la molienda, según la norma NB 060 y NB 061. El método consiste en el ataque de la muestra con ácido clorhídrico, precipitación con cloruro de bario, seguido de filtrado, calcinación en mufla a 950 °C y determinación gravimétrica del SO ₂ .
9EBD	1,78	NA	g/100 g	NTP-ISO 29581-2:2019 Cemento: Método de ensayo. Parte 2 Análisis químico por fluorescencia de rayos X. Técnica instrumental no destructiva que permite determinar óxidos. La muestra se irradia con rayos X y los elementos emiten una radiación secundaria característica. La señal es detectada y cuantificada para calcular la concentración.
C572	1,81	NA	g/100 g	DETERMINACIÓN QUÍMICA DE TRIÓXIDO DE AZUFRE POR VÍA HÚMEDA
43E1	1,81	NA	g/100 g	La muestra se homogeniza, se muele finamente y se presenta al equipo en forma de pastilla prensada. Una vez irradiada, el espectrómetro FRX identifica el pico característico del elemento azufre y calcula su concentración con base en curvas de calibración generadas a partir de patrones certificados. El resultado se reporta en porcentaje en masa de SO ₂ , correspondiente a la proporción de sulfatos en el cemento.
53EC	1,835	NA	g/100 g	La muestra se homogeniza, se muele finamente y se presenta al equipo en forma de pastilla prensada. Una vez irradiada, el espectrómetro FRX identifica el pico característico del elemento azufre y calcula su concentración con base en curvas de calibración generadas a partir de patrones certificados. El resultado se reporta en porcentaje en masa de SO ₂ , correspondiente a la proporción de sulfatos en el cemento.
E3F3	1,835	NA	g/100 g	La muestra se homogeniza, se muele finamente y se presenta al equipo en forma de pastilla prensada. Una vez irradiada, el espectrómetro FRX identifica el pico característico del elemento azufre y calcula su concentración con base en curvas de calibración generadas a partir de patrones certificados. El resultado se reporta en porcentaje en masa de SO ₂ , correspondiente a la proporción de sulfatos en el cemento.

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.02	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 76 de 76	Vigente desde: 2024-10-15	N° de Registro: 009/2025

17.2.14 Puzolanidad

Parámetro	Participante	Resultado	Incertidumbre	Unidades	Método
Puzolanidad OH	ED16	69,8	NA	mmol/L	NB 642:2005
Puzolanidad OH	4A86	70,4	NA	mmol/L	NB 642:2005
Puzolanidad OH	32B5	70,9	NA	mmol/L	NB 642:2005
Puzolanidad OH	63B7	71	NA	mmol/L	NB 642:2005
Puzolanidad OH	00D6	71	NA	mmol/L	NB 642:2005
Puzolanidad OH	ED31	71,1	NA	mmol/L	NB 642:2005
Puzolanidad OH	870B	71,4	NA	mmol/L	NB 642:2005
Puzolanidad OH	79EB	71,8	NA	mmol/L	NB 642:2005
Puzolanidad OH	1911	72,5	NA	mmol/L	NB 642:2005
Puzolanidad CaO	79EB	3,6	NA	mmol/L	NB 642:2005
Puzolanidad CaO	00D6	3,8	NA	mmol/L	NB 642:2005
Puzolanidad CaO	63B7	3,9	NA	mmol/L	NB 642:2005
Puzolanidad CaO	ED16	3,9	NA	mmol/L	NB 642:2005
Puzolanidad CaO	4A86	3,9	NA	mmol/L	NB 642:2005
Puzolanidad CaO	ED31	3,9	NA	mmol/L	NB 642:2005
Puzolanidad CaO	32B5	3,9	NA	mmol/L	NB 642:2005
Puzolanidad CaO	870B	4	NA	mmol/L	NB 642:2005
Puzolanidad CaO	1911	4,1	NA	mmol/L	NB 642:2005