

INSTITUTO BOLIVIANO DE METROLOGÍA IBMETRO



INFORME FINAL

ENSAYO DE APTITUD

Código: EQ-0180/2024 - 02

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

DIRECCIÓN DE METROLOGÍA
INDUSTRIAL Y CIENTÍFICA – DMIC

Fecha de emisión: 2024-12-30

Elaborado por:	Yamil Acho Sarzuri	Fecha:	2024-12-24
Revisado y aprobado por:	Jose Luis Gonzales Quino	Fecha:	2024-12-23
Información actualizada en:		Fecha:	2025-03-28

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 45	Vigente desde: 2024-10-15	N° de Registro: 027/2024

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. 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.

ACTUALIZACION DEL INFORME DE ENSAYO DE APTITUD

*Este informe con código **EQ-0180/2024 – 02** reemplaza al informe con código **EQ-0180/2024 – 01** en su totalidad, quedando **ANULADO** el informe con código **EQ-0180/2024 – 01**. Los cambios realizados son los siguientes:*

- *Se han incluido los resultados de un laboratorio que no fue tomado en cuenta por una omisión errónea de nuestro software en los parámetros de trióxido de azufre, residuo insoluble y pérdida por calcinación.*

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.02	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 3 de 45	Vigente desde: 2024-10-15	N° de Registro: 027/2024

Índice

1.	INTRODUCCIÓN	4
2.	ORGANIZACIÓN	4
3.	UNIDAD DE COORDINACIÓN	4
4.	OBJETIVOS	5
5.	ACTIVIDADES DE PROVEEDORES EXTERNOS.....	5
6.	DESCRIPCIÓN DE LOS ÍTEMS DE ENSAYO	5
7.	HOMOGENEIDAD Y ESTABILIDAD DE LOS ÍTEMS DE ENSAYO	6
8.	VALORES DE REFERENCIA	6
9.	CONFIDENCIALIDAD.....	8
10.	EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO	8
11.	RESULTADOS	10
11.1.	Oxido de Magnesio.....	10
11.2.	Trióxido de Azufre.....	12
11.3.	Residuo insoluble	15
11.4.	Perdida por calcinación.....	18
11.5.	Puzolanicidad.....	21
11.6.	Resistencia a la compresión 3 días	24
11.7.	Resistencia a la compresión 7 días	26
11.8.	Resistencia a la compresión 28 días	28
11.9.	Tamiz 325	30
11.10.	Superficie específica de Blaine Mínima.....	32
11.11.	Tiempo de fraguado inicial	35
11.12.	Tiempo de fraguado final	37
11.13.	Estabilidad volumétrica (Le Chatelier).....	39
11.14.	Ensayo de expansión en autoclave	41
12.	LABORATORIOS PARTICIPANTES	43
13.	OBSERVACIONES GENERALES SOBRE EL DESEMPEÑO DE LOS LABORATORIOS.....	44
14.	CONCLUSIONES.....	44
15.	REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA.....	44

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.02	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 4 de 45	Vigente desde: 2024-10-15	N° de Registro: 027/2024

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 Sarzuri – Coordinador Técnico y Responsable Técnico del Ensayo de Aptitud

Lic. Julian Morales – Responsable Técnico y Estadístico del Ensayo de Aptitud

Lic. Jose Luis Gonzales – Supervisor de Metrología Química

Ing. Henry Paco Marino – Director de Metrología Industrial y Científica

PERSONAL DE APOYO

Lic. Pablo Choque Mamani - Colaborador Técnico

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.02	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 5 de 45	Vigente desde: 2024-10-15	N° de Registro: 027/2024

4. OBJETIVOS

- Presentar los resultados de la evaluación del desempeño de los laboratorios participantes en el ensayo de aptitud EQ-0180 "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

Las muestras corresponden a cemento tipo IP 40 y fueron provistas por IBMETRO. La Unidad de Metrología Química del IBMETRO preparó los ítems de ensayo a partir de estas muestras.

6. DESCRIPCIÓN DE LOS ÍTEMS DE ENSAYO

Identificación	Matriz	Cantidad de Muestra	Parámetros
EQ-0180	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

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.02	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 6 de 45	Vigente desde: 2024-10-15	N° de Registro: 027/2024

Identificación	Matriz	Cantidad de Muestra	Parámetros
			Trióxido de azufre Residuo insoluble Pérdida por calcinación Puzolanidad

Tabla 1. Descripción de los ítems de ensayo

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

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

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.02	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 7 de 45	Vigente desde: 2024-10-15	N° de Registro: 027/2024

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

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

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

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

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

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.02	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 8 de 45	Vigente desde: 2024-10-15	N° de Registro: 027/2024

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.

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 cada parámetro la dispersión asignada se calculó como la Mediana de la Dispersión Absoluta (MAD_e), calculada de la siguiente manera:

$$\sigma_{pt} = MAD_e(x) = 1,4826 * med | x_i - med(x) | \quad (9)$$

Dónde:

med =valor de la mediana

x_i =resultados de cada participante

$med(x) |$ =mediana de los resultados de cada participante

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.

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.02	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 9 de 45	Vigente desde: 2024-10-15	N° de Registro: 027/2024

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

Dónde:

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

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.02	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 10 de 45	Vigente desde: 2024-10-15	Nº de Registro: 027/2024

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

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

11. RESULTADOS

11.1. Oxido de Magnesio

Parámetro	Valor asignado		
	Valor (g/100 g)	Dispersión (σ_{pt})	Incertidumbre Expandida (g/100 g)
Oxido de Magnesio	5,235	0,1408	0,061

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

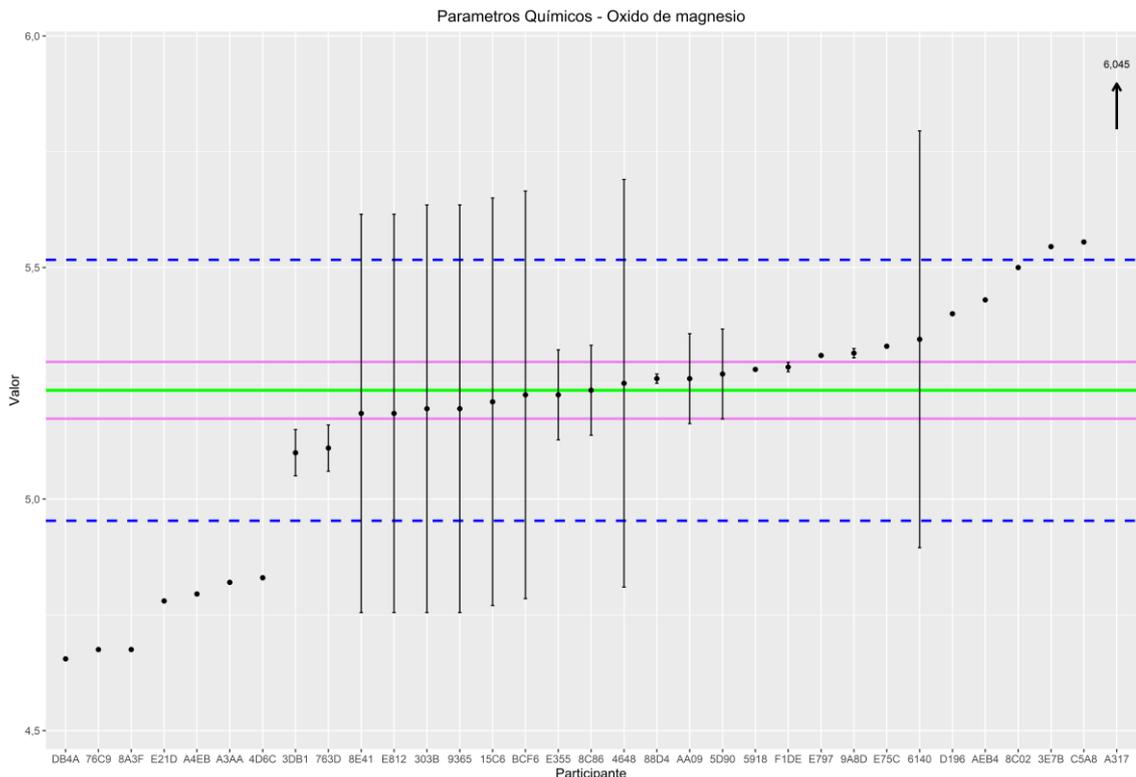


Gráfico 1. Valores reportados por los participantes (puntos negros), incertidumbres asociadas (barras negras), valor asignado (línea verde), estadístico de dispersión multiplicado por 2 (línea segmentada azul) e incertidumbre expandida (línea violeta).

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 11 de 45	Vigente desde: 2024-10-15	N° de Registro: 027/2024

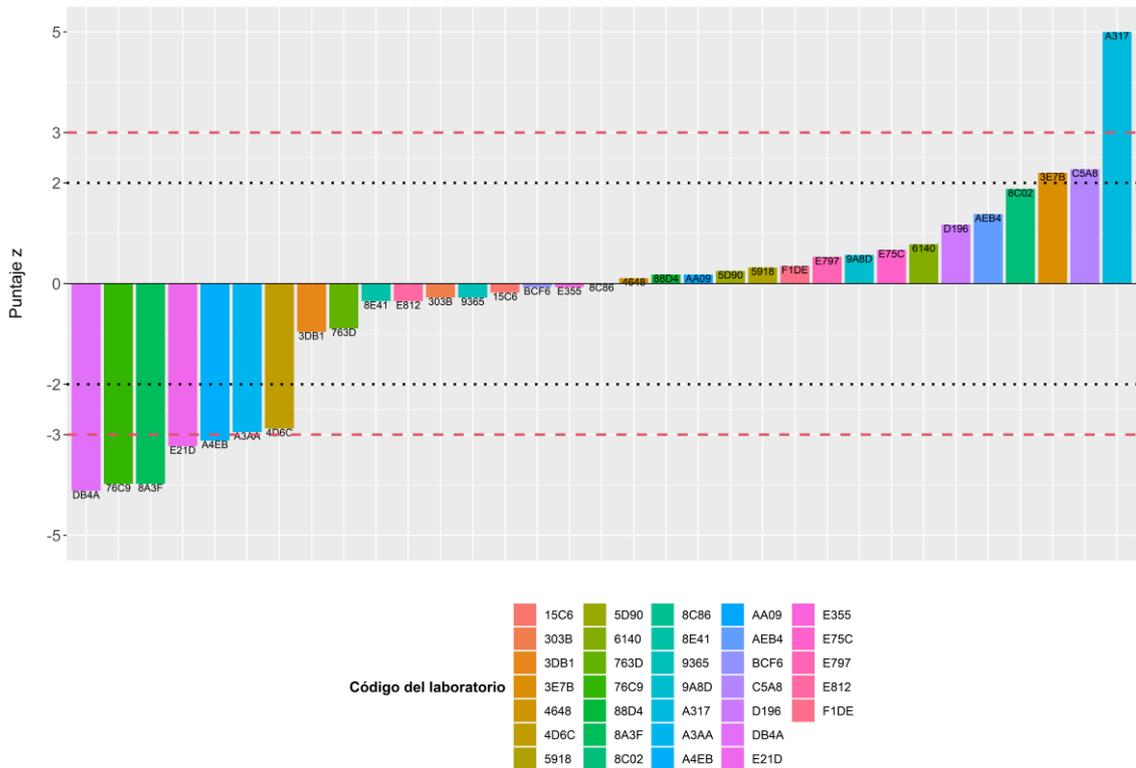


Gráfico 2. Evaluación de desempeño de los participantes (Nota. Los valores insatisfactorios que salen de la escala no son visualizados).

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

Participante	Resultado reportado (g/100 g)	Puntaje z	Resultado de evaluación
DB4A	4,655	-4,12	Insatisfactorio
8A3F	4,675	-3,98	Insatisfactorio
76C9	4,675	-3,98	Insatisfactorio
E21D	4,780	-3,23	Insatisfactorio
A4EB	4,795	-3,12	Insatisfactorio
A3AA	4,820	-2,95	Cuestionable
4D6C	4,830	-2,88	Cuestionable
3DB1	5,100	-0,96	Satisfactorio
763D	5,110	-0,89	Satisfactorio
E812	5,185	-0,35	Satisfactorio
8E41	5,185	-0,35	Satisfactorio
303B	5,195	-0,28	Satisfactorio
9365	5,195	-0,28	Satisfactorio

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.02	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 12 de 45	Vigente desde: 2024-10-15	N° de Registro: 027/2024

Participante	Resultado reportado (g/100 g)	Puntaje z	Resultado de evaluación
15C6	5,210	-0,18	Satisfactorio
E355	5,225	-0,07	Satisfactorio
BCF6	5,225	-0,07	Satisfactorio
8C86	5,235	0,00	Satisfactorio
4648	5,250	0,11	Satisfactorio
AA09	5,260	0,18	Satisfactorio
88D4	5,260	0,18	Satisfactorio
5D90	5,270	0,25	Satisfactorio
5918	5,280	0,32	Satisfactorio
F1DE	5,285	0,35	Satisfactorio
E797	5,310	0,53	Satisfactorio
9A8D	5,315	0,57	Satisfactorio
E75C	5,330	0,67	Satisfactorio
6140	5,345	0,78	Satisfactorio
D196	5,400	1,17	Satisfactorio
AEB4	5,430	1,38	Satisfactorio
8C02	5,500	1,88	Satisfactorio
3E7B	5,545	2,20	Cuestionable
C5A8	5,555	2,27	Cuestionable
A317	6,045	5,75	Insatisfactorio

Tabla 3. Códigos de participantes, resultados reportados, estadístico de evaluación y resultado de la Evaluación de desempeño.

11.2. Trióxido de Azufre

Parámetro	Valor asignado		
	Valor (g/100g)	Dispersión (σ_{pt})	Incertidumbre Expandida (g/100g)
Trióxido de Azufre	3,322	0,1223	0,052

Tabla 4. 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 13 de 45	Vigente desde: 2024-10-15	Nº de Registro: 027/2024

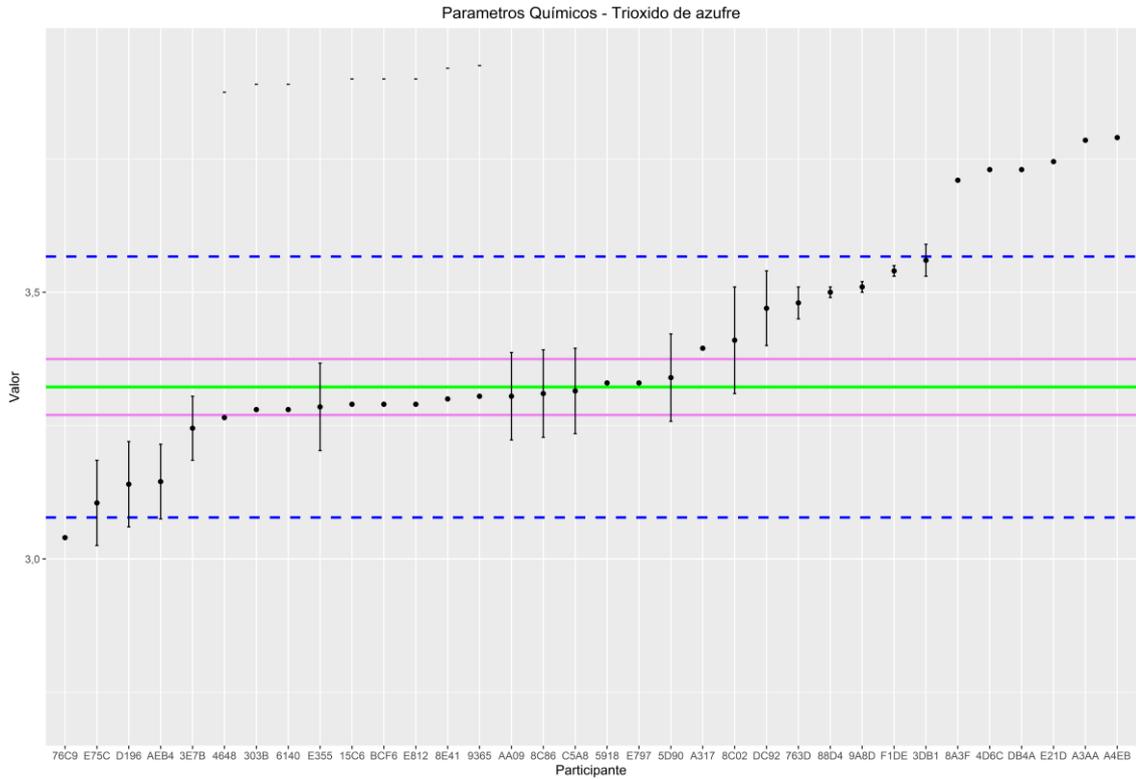


Gráfico 3. Valores reportados por los participantes (puntos negros), incertidumbres asociadas (barras negras), valor asignado (línea verde), estadístico de dispersión multiplicado por 2 (línea segmentada azul) e incertidumbre expandida (línea violeta).

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

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.02	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 14 de 45	Vigente desde: 2024-10-15	Nº de Registro: 027/2024

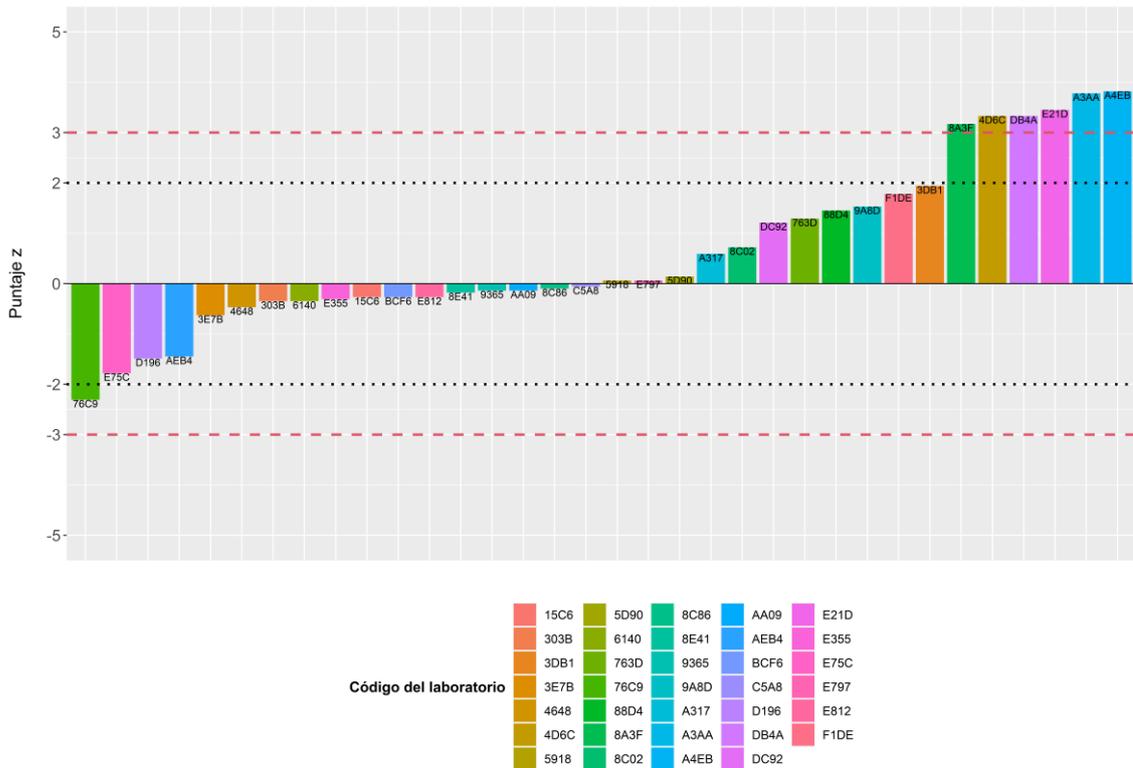


Gráfico 4. Evaluación de desempeño de los participantes (Nota. Los valores insatisfactorios que salen de la escala no son visualizados).

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

Participante	Resultado reportado (g/100 g)	Puntaje z	Resultado de evaluación
76C9	3,040	-2,31	Cuestionable
E75C	3,105	-1,78	Satisfactorio
D196	3,140	-1,49	Satisfactorio
AEB4	3,145	-1,45	Satisfactorio
3E7B	3,245	-0,63	Satisfactorio
4648	3,265	-0,47	Satisfactorio
303B	3,280	-0,35	Satisfactorio
6140	3,280	-0,35	Satisfactorio
E355	3,285	-0,31	Satisfactorio
E812	3,290	-0,27	Satisfactorio
15C6	3,290	-0,27	Satisfactorio
BCF6	3,290	-0,27	Satisfactorio
8E41	3,300	-0,18	Satisfactorio

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.02	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 15 de 45	Vigente desde: 2024-10-15	N° de Registro: 027/2024

Participante	Resultado reportado (g/100 g)	Puntaje z	Resultado de evaluación
AA09	3,305	-0,14	Satisfactorio
9365	3,305	-0,14	Satisfactorio
8C86	3,310	-0,10	Satisfactorio
C5A8	3,315	-0,06	Satisfactorio
5918	3,330	0,06	Satisfactorio
E797	3,330	0,06	Satisfactorio
5D90	3,340	0,14	Satisfactorio
A317	3,395	0,59	Satisfactorio
8C02	3,410	0,72	Satisfactorio
DC92	3,470	1,21	Satisfactorio
763D	3,480	1,29	Satisfactorio
88D4	3,500	1,45	Satisfactorio
9A8D	3,510	1,53	Satisfactorio
F1DE	3,540	1,78	Satisfactorio
3DB1	3,560	1,94	Satisfactorio
8A3F	3,710	3,17	Insatisfactorio
DB4A	3,730	3,33	Insatisfactorio
4D6C	3,730	3,33	Insatisfactorio
E21D	3,745	3,45	Insatisfactorio
A3AA	3,785	3,78	Insatisfactorio
A4EB	3,790	3,82	Insatisfactorio

Tabla 5. Códigos de participantes, resultados reportados, estadístico de evaluación y resultado de la Evaluación de desempeño.

11.3. Residuo insoluble

Parámetro	Valor asignado		
	Valor (g/100g)	Dispersión (σ_{pt})	Incertidumbre Expandida (g/100g)
Residuo insoluble	3,145	0,0963	0,041

Tabla 6. 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 16 de 45	Vigente desde: 2024-10-15	N° de Registro: 027/2024

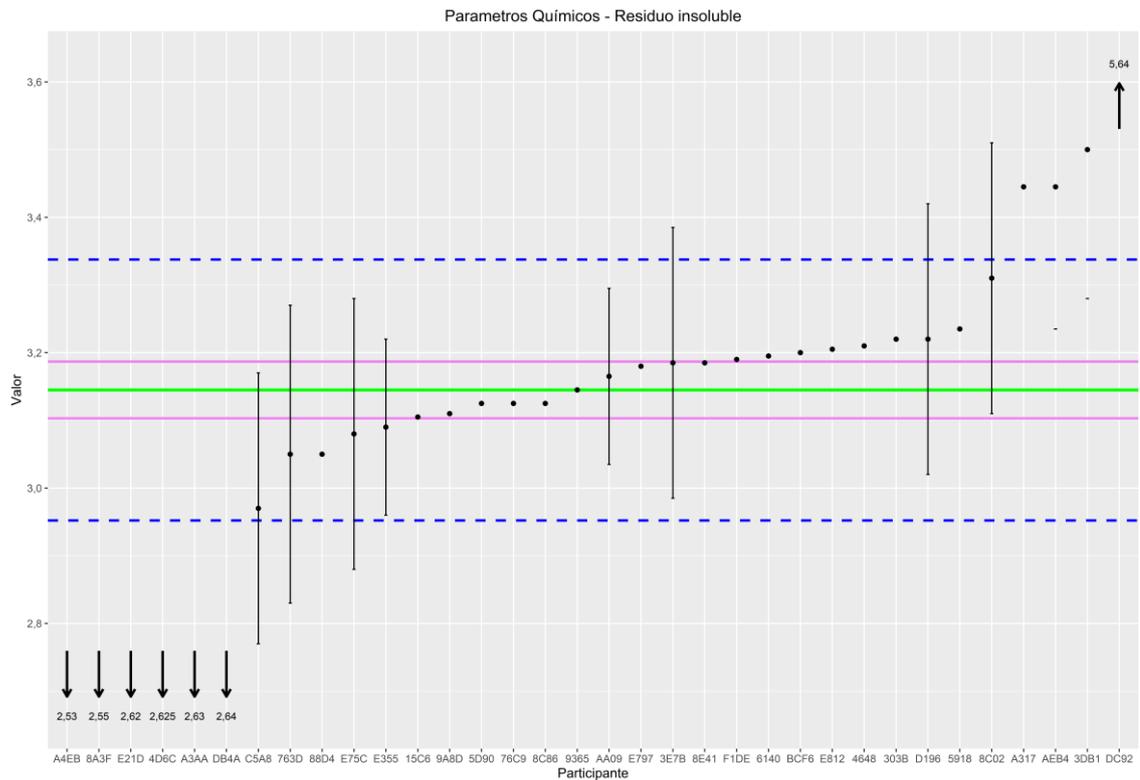


Gráfico 5. Valores reportados por los participantes (puntos negros), incertidumbres asociadas (barras negras), valor asignado (línea verde), estadístico de dispersión multiplicado por 2 (línea segmentada azul) e incertidumbre expandida (línea violeta).

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 17 de 45	Vigente desde: 2024-10-15	N° de Registro: 027/2024

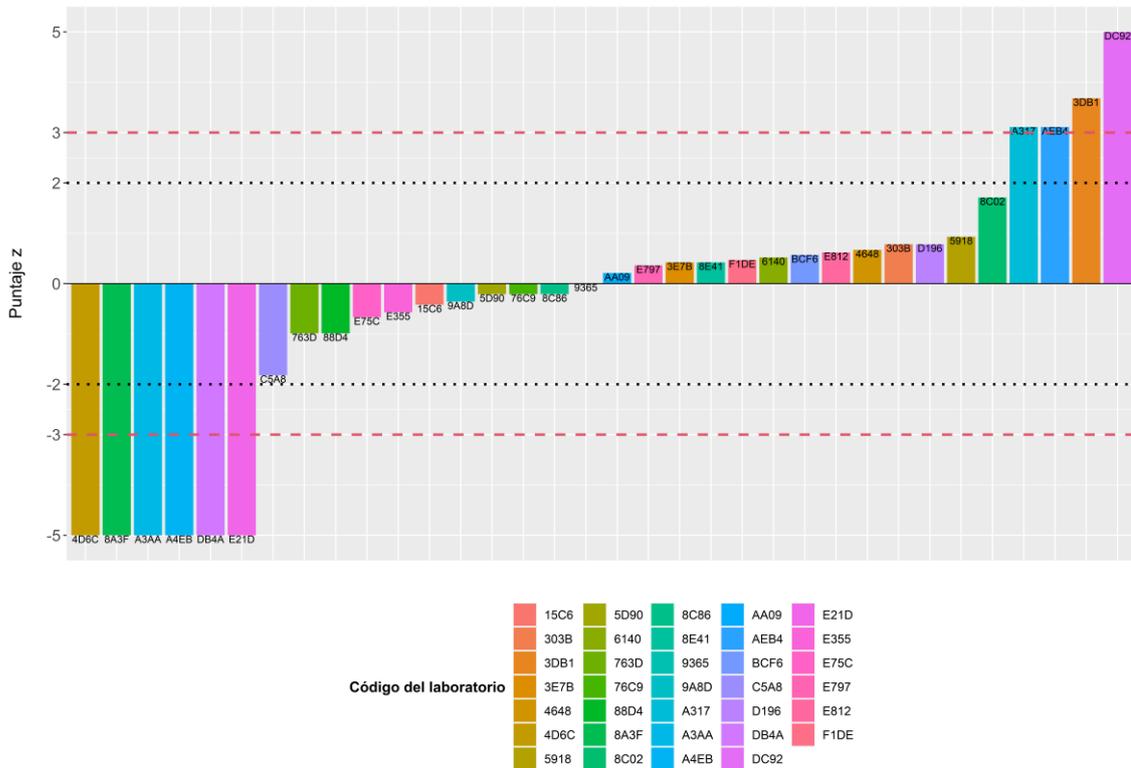


Gráfico 6. Evaluación de desempeño de los participantes (Nota. Los valores insatisfactorios que salen de la escala no son visualizados).

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

Participante	Resultado reportado (g/100 g)	Puntaje z	Resultado de evaluación
A4EB	2,530	-6,38	Insatisfactorio
8A3F	2,550	-6,17	Insatisfactorio
E21D	2,620	-5,45	Insatisfactorio
4D6C	2,625	-5,40	Insatisfactorio
A3AA	2,630	-5,34	Insatisfactorio
DB4A	2,640	-5,24	Insatisfactorio
C5A8	2,970	-1,82	Satisfactorio
763D	3,050	-0,99	Satisfactorio
88D4	3,050	-0,99	Satisfactorio
E75C	3,080	-0,67	Satisfactorio
E355	3,090	-0,57	Satisfactorio
15C6	3,105	-0,42	Satisfactorio
9A8D	3,110	-0,36	Satisfactorio

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.02	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 18 de 45	Vigente desde: 2024-10-15	N° de Registro: 027/2024

Participante	Resultado reportado (g/100 g)	Puntaje z	Resultado de evaluación
8C86	3,125	-0,21	Satisfactorio
5D90	3,125	-0,21	Satisfactorio
76C9	3,125	-0,21	Satisfactorio
9365	3,145	0,00	Satisfactorio
AA09	3,165	0,21	Satisfactorio
E797	3,180	0,36	Satisfactorio
3E7B	3,185	0,42	Satisfactorio
8E41	3,185	0,42	Satisfactorio
F1DE	3,190	0,47	Satisfactorio
6140	3,195	0,52	Satisfactorio
BCF6	3,200	0,57	Satisfactorio
E812	3,205	0,62	Satisfactorio
4648	3,210	0,67	Satisfactorio
D196	3,220	0,78	Satisfactorio
303B	3,220	0,78	Satisfactorio
5918	3,235	0,93	Satisfactorio
8C02	3,310	1,71	Satisfactorio
A317	3,445	3,11	Insatisfactorio
AEB4	3,445	3,11	Insatisfactorio
3DB1	3,500	3,68	Insatisfactorio
DC92	5,640*	25,89	Insatisfactorio

Tabla 7. 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).

11.4. Perdida por calcinación

Parámetro	Valor asignado		
	Valor (g/100g)	Dispersión (σ_{pt})	Incertidumbre Expandida (g/100g)
Perdida por calcinación	1,71	0,0667	0,029

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 45	Vigente desde: 2024-10-15	N° de Registro: 027/2024

Parametros Químicos - Perdida por calcinación

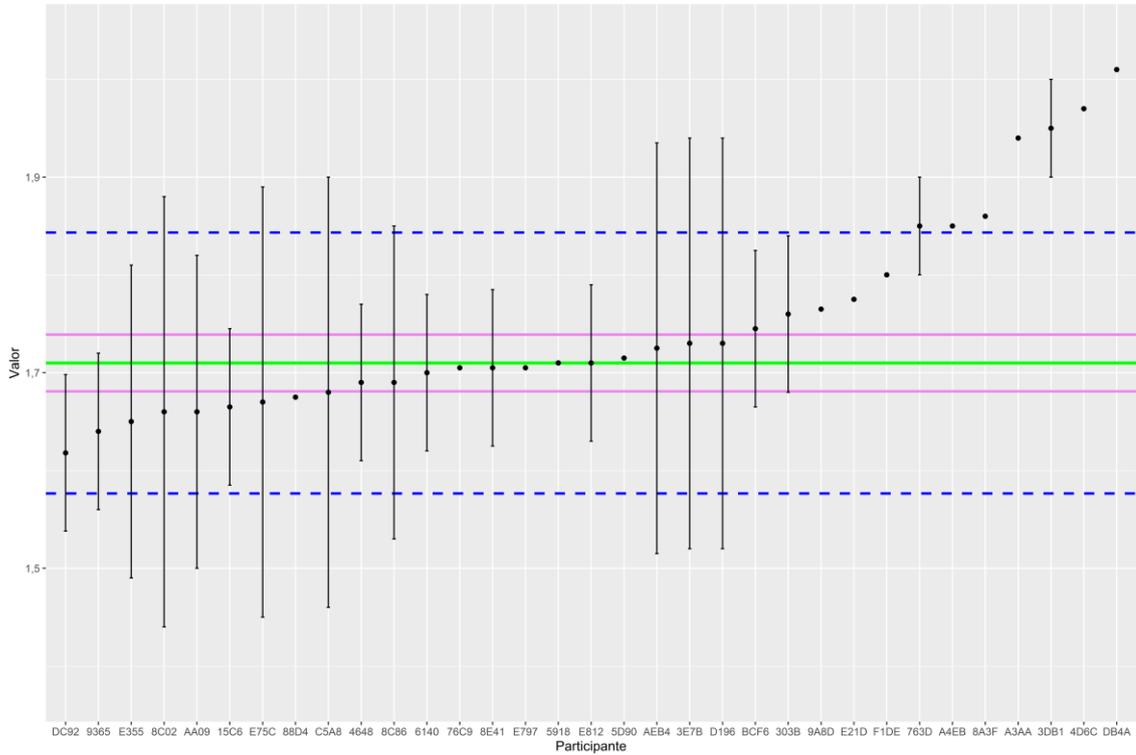


Gráfico 7. Valores reportados por los participantes (puntos negros), incertidumbres asociadas (barras negras), valor asignado (línea verde), estadístico de dispersión multiplicado por 2 (línea segmentada azul) e incertidumbre expandida (línea violeta).

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

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.02	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 20 de 45	Vigente desde: 2024-10-15	N° de Registro: 027/2024

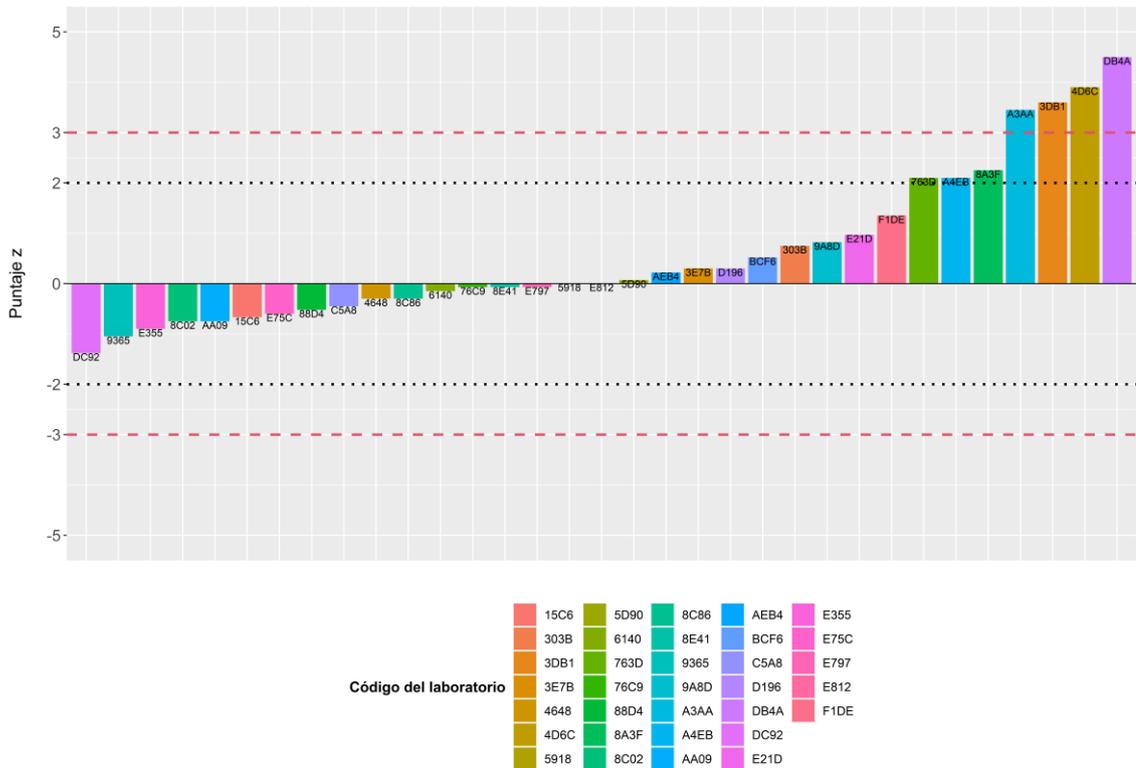


Gráfico 8. Evaluación de desempeño de los participantes (Nota. Los valores insatisfactorios que salen de la escala no son visualizados).

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

Participante	Resultado reportado (g/100 g)	Puntaje z	Resultado de evaluación
DC92	1,618	-1,38	Satisfactorio
9365	1,640	-1,05	Satisfactorio
E355	1,650	-0,90	Satisfactorio
AA09	1,660	-0,75	Satisfactorio
8C02	1,660	-0,75	Satisfactorio
15C6	1,665	-0,67	Satisfactorio
E75C	1,670	-0,60	Satisfactorio
88D4	1,675	-0,52	Satisfactorio
C5A8	1,680	-0,45	Satisfactorio
8C86	1,690	-0,30	Satisfactorio
4648	1,690	-0,30	Satisfactorio
6140	1,700	-0,15	Satisfactorio
E797	1,705	-0,07	Satisfactorio

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.02	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 21 de 45	Vigente desde: 2024-10-15	N° de Registro: 027/2024

Participante	Resultado reportado (g/100 g)	Puntaje z	Resultado de evaluación
76C9	1,705	-0,07	Satisfactorio
8E41	1,705	-0,07	Satisfactorio
5918	1,710	0,00	Satisfactorio
E812	1,710	0,00	Satisfactorio
5D90	1,715	0,07	Satisfactorio
AEB4	1,725	0,22	Satisfactorio
3E7B	1,730	0,30	Satisfactorio
D196	1,730	0,30	Satisfactorio
BCF6	1,745	0,52	Satisfactorio
303B	1,760	0,75	Satisfactorio
9A8D	1,765	0,82	Satisfactorio
E21D	1,775	0,97	Satisfactorio
F1DE	1,800	1,35	Satisfactorio
A4EB	1,850	2,10	Cuestionable
763D	1,850	2,10	Cuestionable
8A3F	1,860	2,25	Cuestionable
A3AA	1,940	3,45	Insatisfactorio
3DB1	1,950	3,60	Insatisfactorio
4D6C	1,970	3,90	Insatisfactorio
DB4A	2,010	4,50	Insatisfactorio

Tabla 9. Códigos de participantes, resultados reportados, estadístico de evaluación y resultado de la Evaluación de desempeño.

11.5. Puzolanicidad

Parámetro	Valor asignado		
	Valor (mmol/L)	Dispersión (σ_{pt})	Incertidumbre Expandida (mmol/L)
Puzolanicidad	85,75	1,037	0,98

Tabla 10. 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 22 de 45	Vigente desde: 2024-10-15	N° de Registro: 027/2024

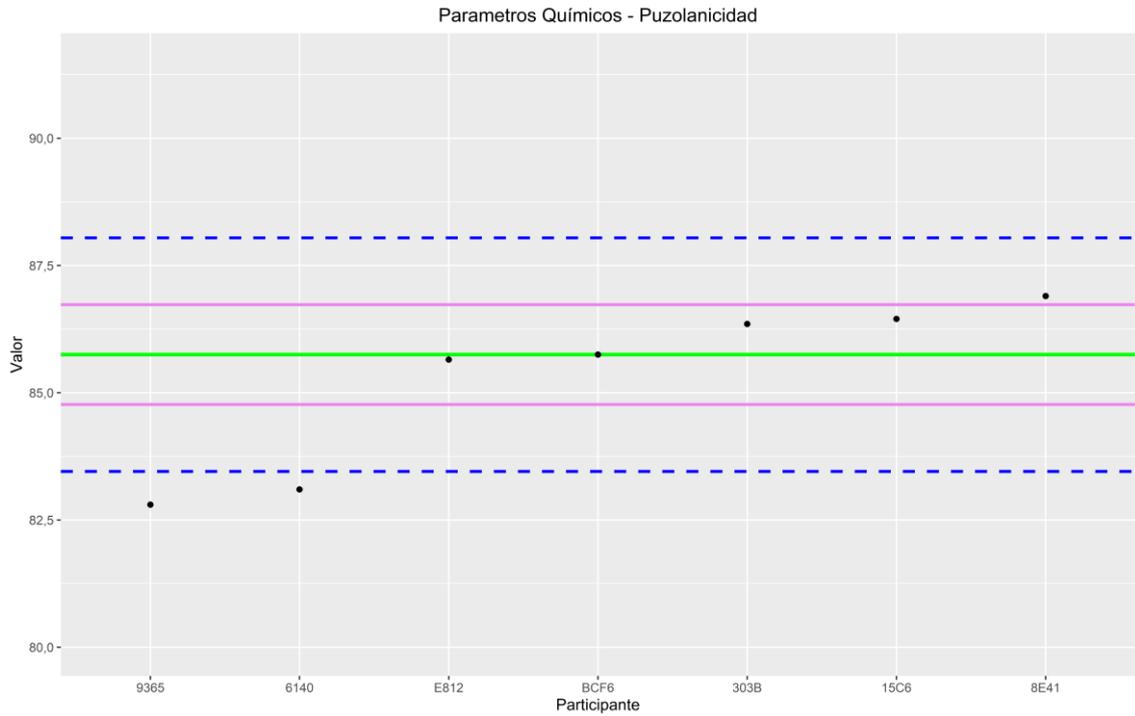


Gráfico 9. Valores reportados por los participantes (puntos negros), incertidumbres asociadas (barras negras), valor asignado (línea verde), estadístico de dispersión multiplicado por 2 (línea segmentada azul) e incertidumbre expandida (línea violeta).

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

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.02	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 23 de 45	Vigente desde: 2024-10-15	N° de Registro: 027/2024

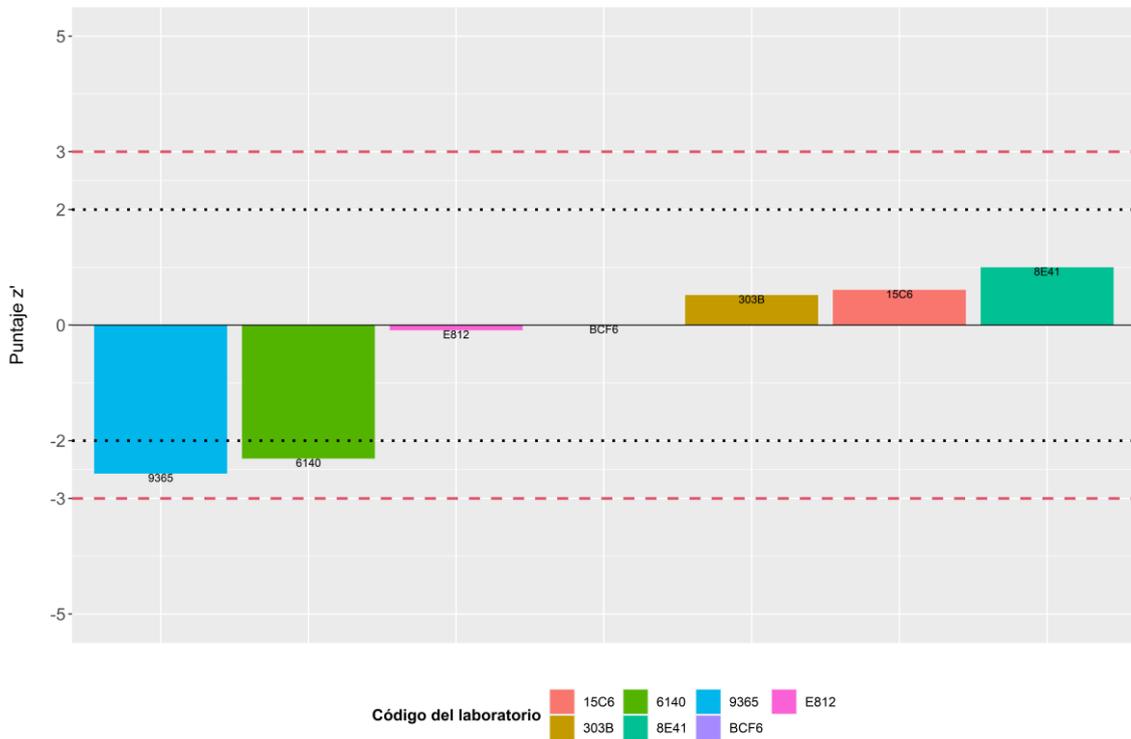


Gráfico 10. Evaluación de desempeño de los participantes (Nota. Los valores insatisfactorios que salen de la escala no son visualizados).

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

Participante	Resultado reportado (mmol/L)	Puntaje z'	Resultado de evaluación
9365	82,80	-2,57	Cuestionable
6140	83,10	-2,31	Cuestionable
E812	85,65	-0,09	Satisfactorio
BCF6	85,75	0,00	Satisfactorio
303B	86,35	0,52	Satisfactorio
15C6	86,45	0,61	Satisfactorio
8E41	86,90	1,00	Satisfactorio

Tabla 11. Códigos de participantes, resultados reportados, estadístico de evaluación y resultado de la Evaluación de desempeño.

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.02	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 24 de 45	Vigente desde: 2024-10-15	Nº de Registro: 027/2024

11.6. Resistencia a la compresión 3 días

Parámetro	Valor asignado		
	Valor (MPa)	Dispersión (σ_{pt})	Incertidumbre Expandida (MPa)
Resistencia a la compresión 3 días	30,1	1,92	1,0

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

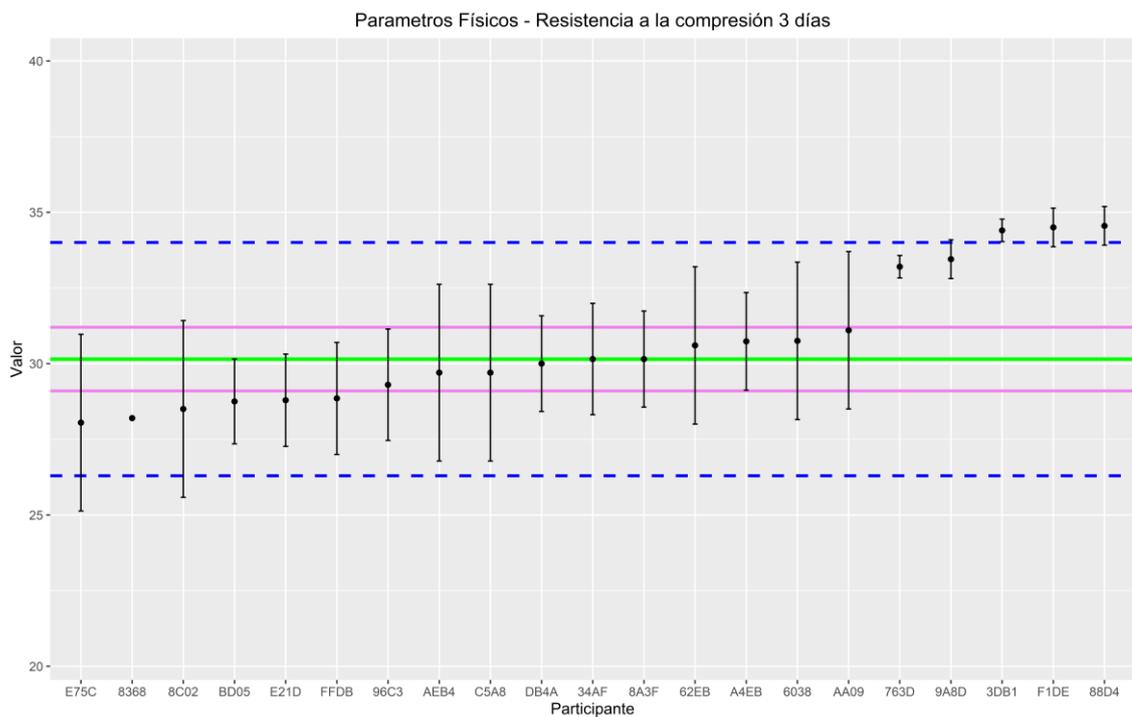


Gráfico 11. Valores reportados por los participantes (puntos negros), incertidumbres asociadas (barras negras), valor asignado (línea verde), estadístico de dispersión multiplicado por 2 (línea segmentada azul) e incertidumbre expandida (línea violeta).

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

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.02	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 25 de 45	Vigente desde: 2024-10-15	N° de Registro: 027/2024

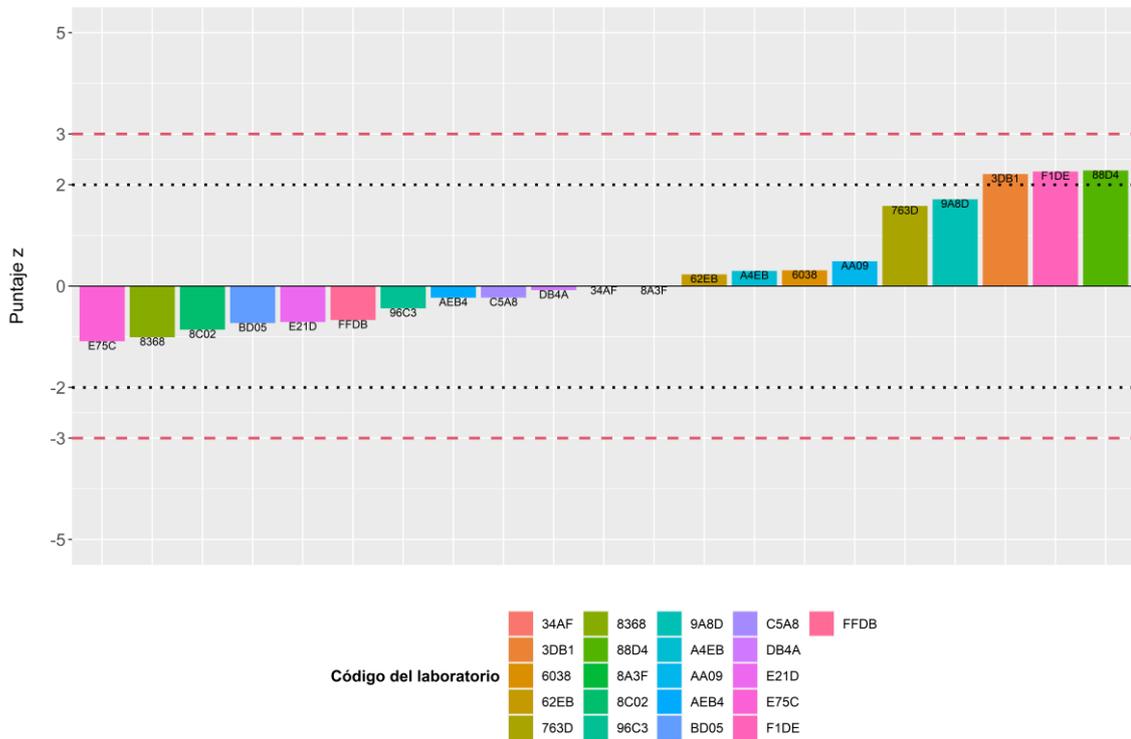


Gráfico 12. Evaluación de desempeño de los participantes (Nota. Los valores insatisfactorios que salen de la escala no son visualizados).

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

Participante	Resultado reportado (MPa)	Puntaje z	Resultado de evaluación
E75C	28,050	-1,09	Satisfactorio
8368	28,200	-1,01	Satisfactorio
8C02	28,500	-0,86	Satisfactorio
BD05	28,750	-0,73	Satisfactorio
E21D	28,790	-0,71	Satisfactorio
FFDB	28,850	-0,67	Satisfactorio
96C3	29,300	-0,44	Satisfactorio
C5A8	29,700	-0,23	Satisfactorio
AEB4	29,700	-0,23	Satisfactorio
DB4A	30,000	-0,08	Satisfactorio
8A3F	30,150	0,00	Satisfactorio
34AF	30,150	0,00	Satisfactorio
62EB	30,600	0,23	Satisfactorio
A4EB	30,735	0,30	Satisfactorio

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.02	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 26 de 45	Vigente desde: 2024-10-15	N° de Registro: 027/2024

Participante	Resultado reportado (MPa)	Puntaje z	Resultado de evaluación
6038	30,750	0,31	Satisfactorio
AA09	31,100	0,49	Satisfactorio
763D	33,200	1,58	Satisfactorio
9A8D	33,450	1,71	Satisfactorio
3DB1	34,400	2,21	Cuestionable
F1DE	34,500	2,26	Cuestionable
88D4	34,550	2,28	Cuestionable

Tabla 13. Códigos de participantes, resultados reportados, estadístico de evaluación y resultado de la Evaluación de desempeño.

11.7. Resistencia a la compresión 7 días

Parámetro	Valor asignado		
	Valor (MPa)	Dispersión (σ_{pt})	Incertidumbre Expandida (MPa)
Resistencia a la compresión 7 días	34,35	1,779	0,97

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

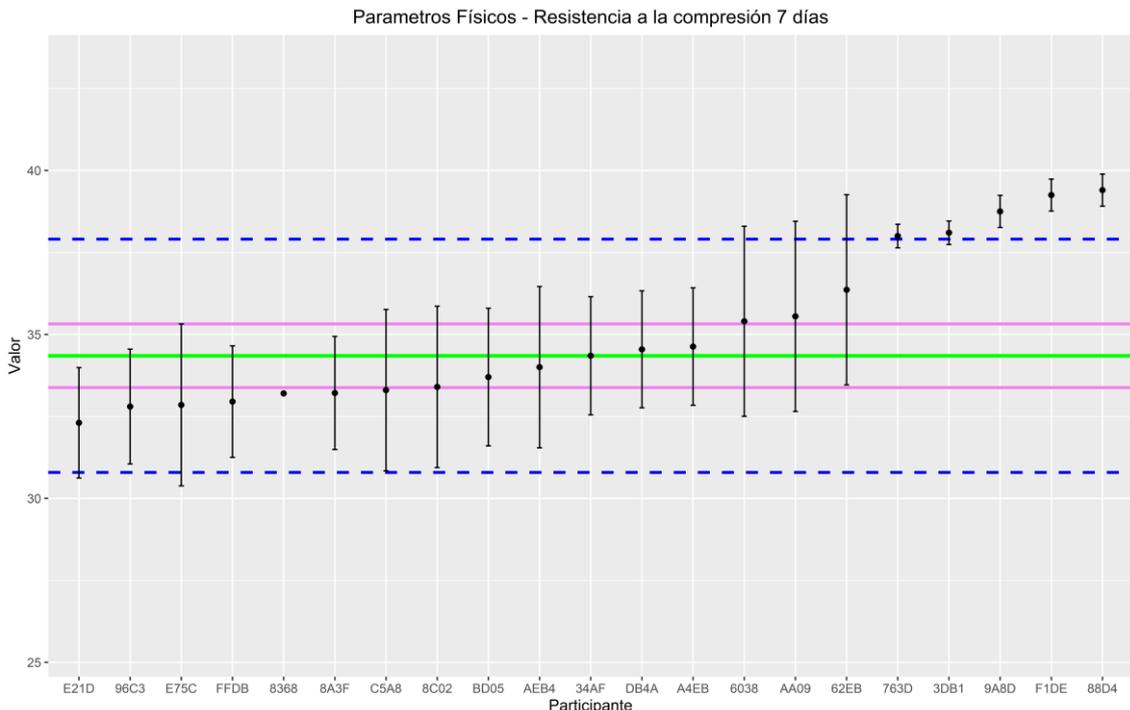


Gráfico 13. Valores reportados por los participantes (puntos negros), incertidumbres asociadas (barras negras), valor asignado (línea verde), estadístico de dispersión multiplicado por 2 (línea segmentada azul) e incertidumbre expandida (línea violeta).

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.02	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 27 de 45	Vigente desde: 2024-10-15	N° de Registro: 027/2024

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

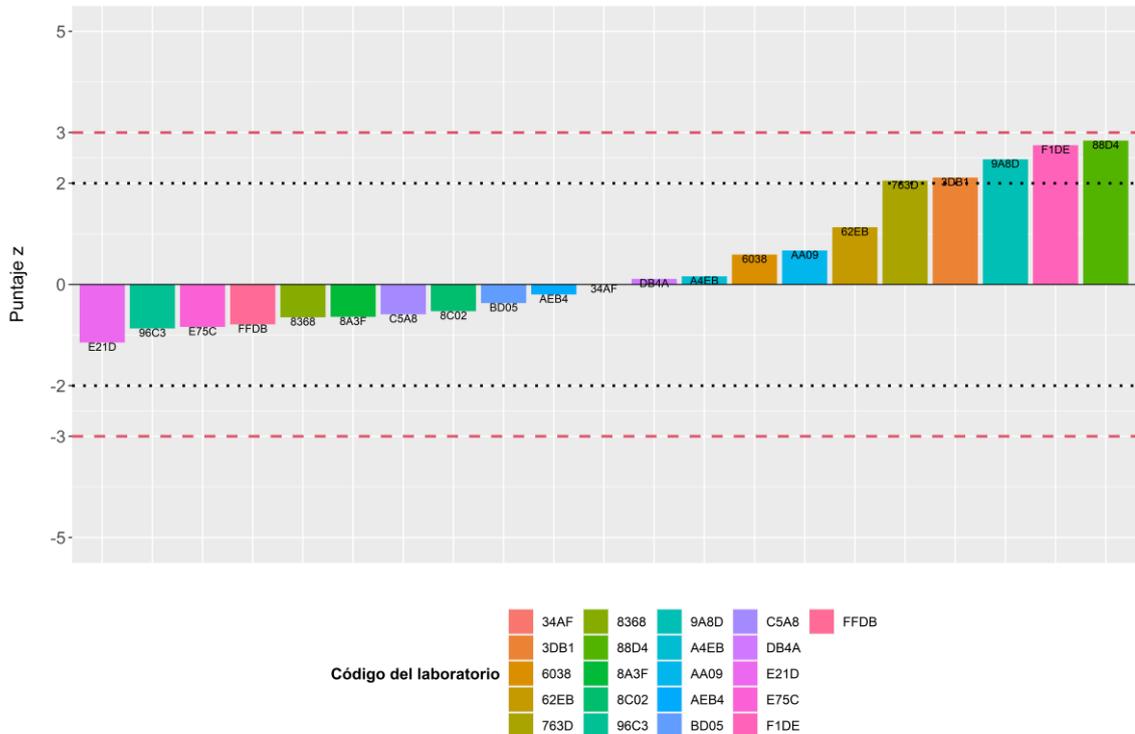


Gráfico 14. Evaluación de desempeño de los participantes (Nota. Los valores insatisfactorios que salen de la escala no son visualizados).

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

Participante	Resultado reportado (MPa)	Puntaje z	Resultado de evaluación
E21D	32,305	-1,15	Satisfactorio
96C3	32,800	-0,87	Satisfactorio
E75C	32,850	-0,84	Satisfactorio
FFDB	32,950	-0,79	Satisfactorio
8368	33,200	-0,65	Satisfactorio
8A3F	33,215	-0,64	Satisfactorio
C5A8	33,300	-0,59	Satisfactorio
8C02	33,400	-0,53	Satisfactorio
BD05	33,700	-0,37	Satisfactorio
AEB4	34,000	-0,20	Satisfactorio
34AF	34,350	0,00	Satisfactorio
DB4A	34,545	0,11	Satisfactorio

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.02	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 28 de 45	Vigente desde: 2024-10-15	N° de Registro: 027/2024

Participante	Resultado reportado (MPa)	Puntaje z	Resultado de evaluación
A4EB	34,630	0,16	Satisfactorio
6038	35,400	0,59	Satisfactorio
AA09	35,550	0,67	Satisfactorio
62EB	36,360	1,13	Satisfactorio
763D	38,000	2,05	Cuestionable
3DB1	38,100	2,11	Cuestionable
9A8D	38,750	2,47	Cuestionable
F1DE	39,250	2,75	Cuestionable
88D4	39,400	2,84	Cuestionable

Tabla 15. Códigos de participantes, resultados reportados, estadístico de evaluación y resultado de la Evaluación de desempeño.

11.8. Resistencia a la compresión 28 días

Parámetro	Valor asignado		
	Valor (MPa)	Dispersión (σ_{pt})	Incertidumbre Expandida (MPa)
Resistencia a la compresión 28 días	40,08	1,601	0,87

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

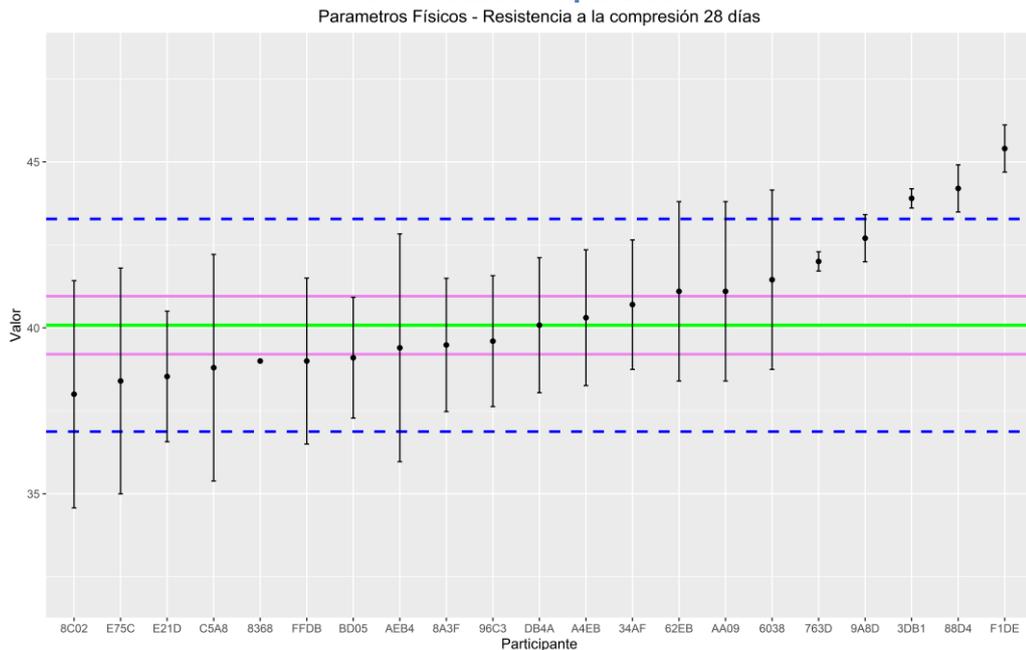


Gráfico 15. Valores reportados por los participantes (puntos negros), incertidumbres asociadas (barras negras), valor asignado (línea verde), estadístico de dispersión multiplicado por 2 (línea segmentada azul) e incertidumbre expandida (línea violeta).

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.02	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 29 de 45	Vigente desde: 2024-10-15	N° de Registro: 027/2024

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

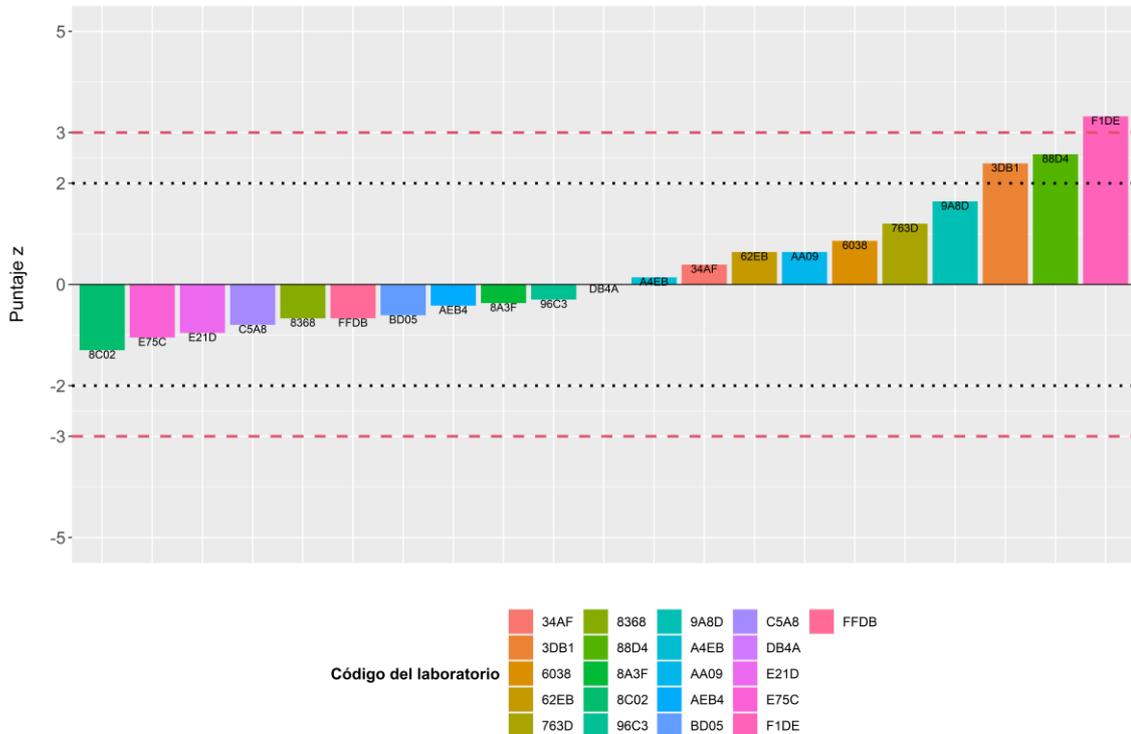


Gráfico 16. Evaluación de desempeño de los participantes (Nota. Los valores insatisfactorios que salen de la escala no son visualizados).

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

Participante	Resultado reportado (MPa)	Puntaje z	Resultado de evaluación
8C02	38,000	-1,30	Satisfactorio
E75C	38,400	-1,05	Satisfactorio
E21D	38,535	-0,96	Satisfactorio
C5A8	38,800	-0,80	Satisfactorio
FFDB	39,000	-0,67	Satisfactorio
8368	39,000	-0,67	Satisfactorio
BD05	39,100	-0,61	Satisfactorio
AEB4	39,400	-0,42	Satisfactorio
8A3F	39,485	-0,37	Satisfactorio
96C3	39,600	-0,30	Satisfactorio
DB4A	40,080	0,00	Satisfactorio
A4EB	40,305	0,14	Satisfactorio

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.02	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 30 de 45	Vigente desde: 2024-10-15	N° de Registro: 027/2024

Participante	Resultado reportado (MPa)	Puntaje z	Resultado de evaluación
34AF	40,700	0,39	Satisfactorio
AA09	41,100	0,64	Satisfactorio
62EB	41,100	0,64	Satisfactorio
6038	41,450	0,86	Satisfactorio
763D	42,000	1,20	Satisfactorio
9A8D	42,700	1,64	Satisfactorio
3DB1	43,900	2,39	Cuestionable
88D4	44,200	2,57	Cuestionable
F1DE	45,400	3,32	Insatisfactorio

Tabla 17. Códigos de participantes, resultados reportados, estadístico de evaluación y resultado de la Evaluación de desempeño.

11.9. Tamiz 325

170bdParámetro	Valor asignado		
	Valor (g/100g)	Dispersión (σ_{pt})	Incertidumbre Expandida (g/100g)
Tamiz 325	95,91	0,311	0,13

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

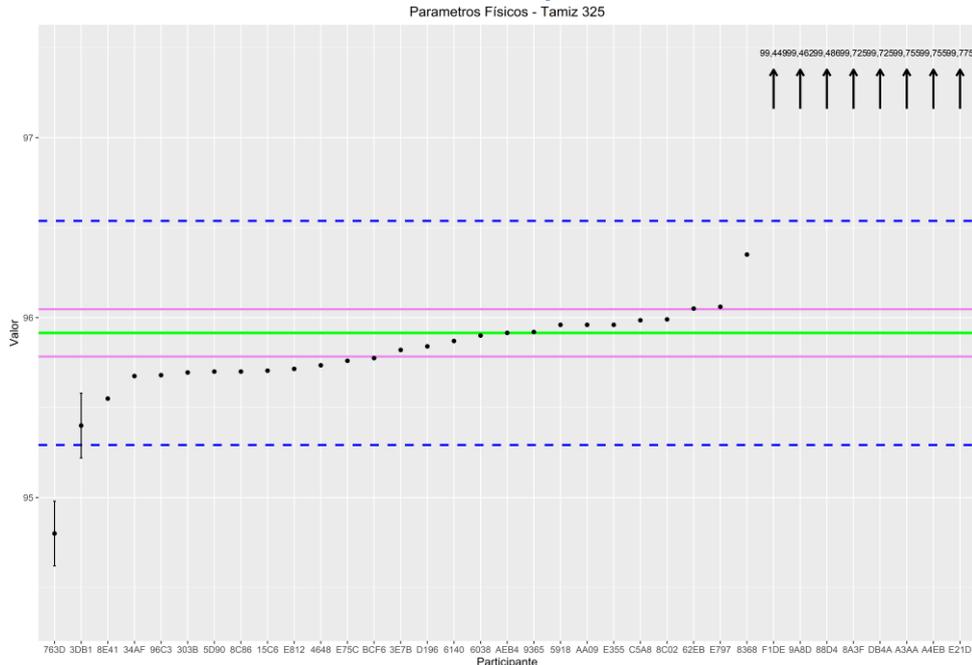


Gráfico 17. Valores reportados por los participantes (puntos negros), incertidumbres asociadas (barras negras), valor asignado (línea verde), estadístico de dispersión multiplicado por 2 (línea segmentada azul) e incertidumbre expandida (línea violeta).

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.02	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 31 de 45	Vigente desde: 2024-10-15	N° de Registro: 027/2024

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

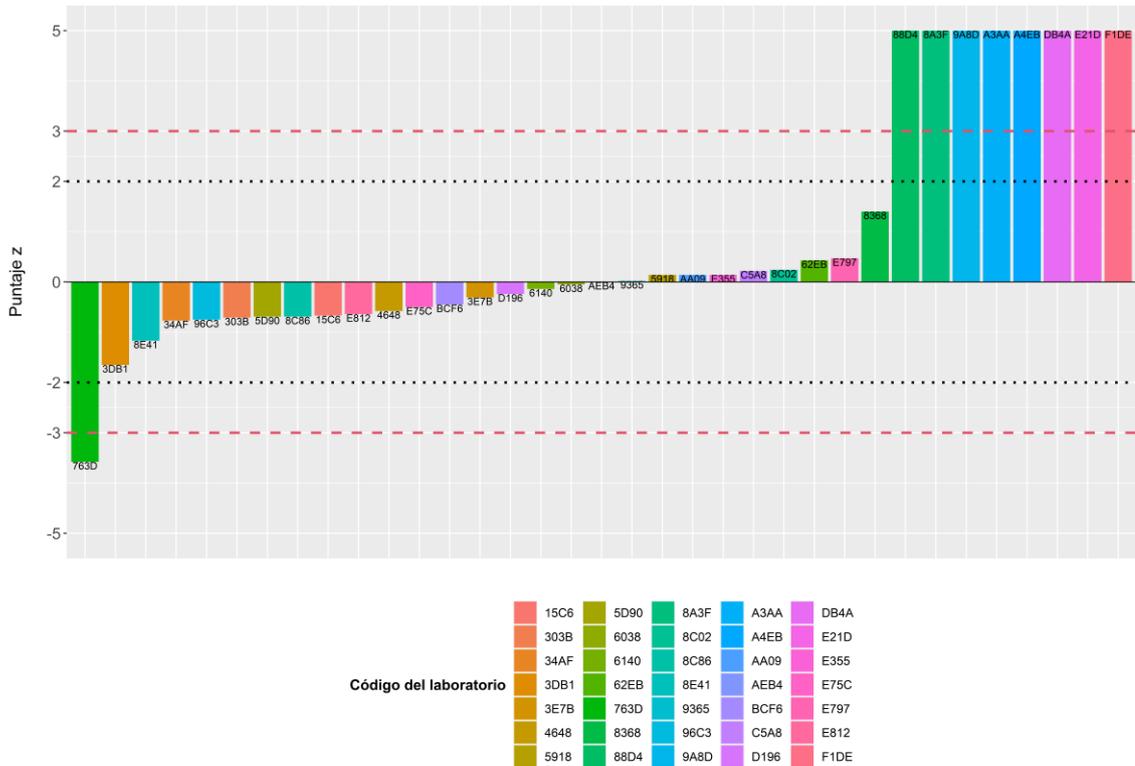


Gráfico 18. Evaluación de desempeño de los participantes (Nota. Los valores insatisfactorios que salen de la escala no son visualizados).

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

Participante	Resultado reportado (g/100 g)	Puntaje z	Resultado de evaluación
763D	94,800	-3,58	Insatisfactorio
3DB1	95,400	-1,65	Satisfactorio
8E41	95,550	-1,17	Satisfactorio
34AF	95,675	-0,77	Satisfactorio
96C3	95,680	-0,75	Satisfactorio
303B	95,695	-0,71	Satisfactorio
8C86	95,700	-0,69	Satisfactorio
5D90	95,700	-0,69	Satisfactorio
15C6	95,705	-0,67	Satisfactorio
E812	95,715	-0,64	Satisfactorio
4648	95,735	-0,58	Satisfactorio

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.02	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 32 de 45	Vigente desde: 2024-10-15	N° de Registro: 027/2024

Participante	Resultado reportado (g/100 g)	Puntaje z	Resultado de evaluación
E75C	95,760	-0,50	Satisfactorio
BCF6	95,775	-0,45	Satisfactorio
3E7B	95,820	-0,31	Satisfactorio
D196	95,840	-0,24	Satisfactorio
6140	95,870	-0,14	Satisfactorio
6038	95,900	-0,05	Satisfactorio
AEB4	95,915	0,00	Satisfactorio
9365	95,920	0,02	Satisfactorio
AA09	95,960	0,14	Satisfactorio
5918	95,960	0,14	Satisfactorio
E355	95,960	0,14	Satisfactorio
C5A8	95,985	0,22	Satisfactorio
8C02	95,990	0,24	Satisfactorio
62EB	96,050	0,43	Satisfactorio
E797	96,060	0,47	Satisfactorio
8368	96,350	1,40	Satisfactorio
F1DE	99,449	11,35	Insatisfactorio
9A8D	99,462	11,39	Insatisfactorio
88D4	99,486	11,47	Insatisfactorio
8A3F	99,725	12,24	Insatisfactorio
DB4A	99,725	12,24	Insatisfactorio
A3AA	99,755	12,33	Insatisfactorio
A4EB	99,755	12,33	Insatisfactorio
E21D	99,775	12,40	Insatisfactorio

Tabla 19. Códigos de participantes, resultados reportados, estadístico de evaluación y resultado de la Evaluación de desempeño.

11.10. Superficie específica de Blaine Mínima

Parámetro	Valor asignado		
	Valor (cm ² /g)	Dispersión (σ_{pt})	Incertidumbre Expandida (cm ² /g)
Superficie específica de Blaine Mínima	4530	103,7	43

Tabla 20. 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 33 de 45	Vigente desde: 2024-10-15	Nº de Registro: 027/2024

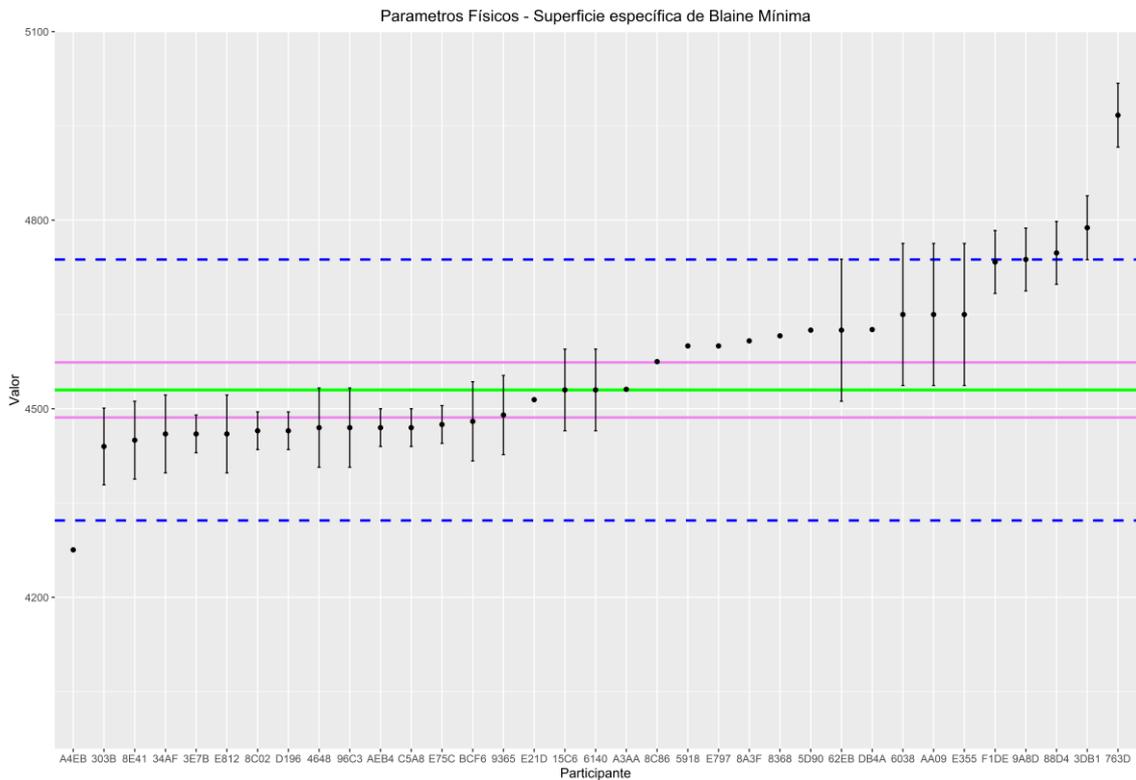


Gráfico 19. Valores reportados por los participantes (puntos negros), incertidumbres asociadas (barras negras), valor asignado (línea verde), estadístico de dispersión multiplicado por 2 (línea segmentada azul) e incertidumbre expandida (línea violeta).

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 34 de 45	Vigente desde: 2024-10-15	N° de Registro: 027/2024

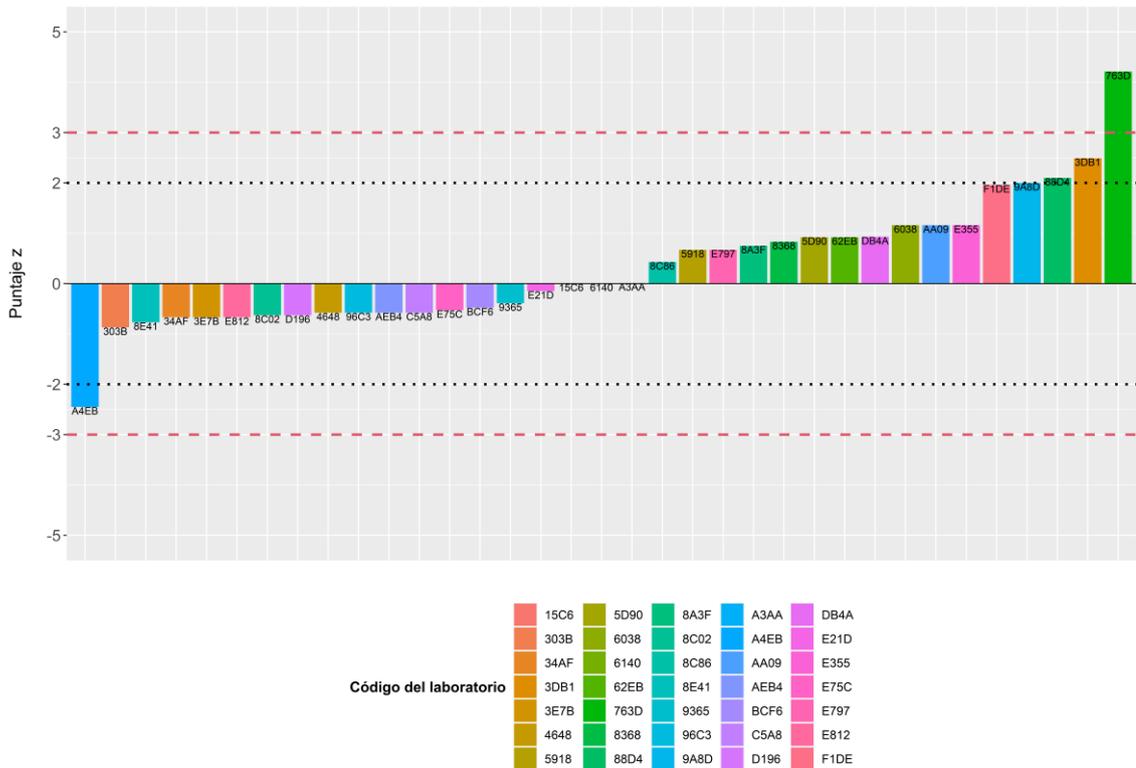


Gráfico 20. Evaluación de desempeño de los participantes (Nota. Los valores insatisfactorios que salen de la escala no son visualizados).

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

Participante	Resultado reportado (cm²/g)	Puntaje z	Resultado de evaluación
A4EB	4275,5	-2,45	Cuestionable
303B	4440,0	-0,87	Satisfactorio
8E41	4450,0	-0,77	Satisfactorio
3E7B	4460,0	-0,67	Satisfactorio
E812	4460,0	-0,67	Satisfactorio
34AF	4460,0	-0,67	Satisfactorio
D196	4465,0	-0,63	Satisfactorio
8C02	4465,0	-0,63	Satisfactorio
C5A8	4470,0	-0,58	Satisfactorio
AEB4	4470,0	-0,58	Satisfactorio
4648	4470,0	-0,58	Satisfactorio
96C3	4470,0	-0,58	Satisfactorio
E75C	4475,0	-0,53	Satisfactorio
BCF6	4480,0	-0,48	Satisfactorio

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.02	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 35 de 45	Vigente desde: 2024-10-15	N° de Registro: 027/2024

Participante	Resultado reportado (cm ² /g)	Puntaje z	Resultado de evaluación
9365	4490,0	-0,39	Satisfactorio
E21D	4514,5	-0,15	Satisfactorio
15C6	4530,0	0,00	Satisfactorio
6140	4530,0	0,00	Satisfactorio
A3AA	4531,0	0,01	Satisfactorio
8C86	4575,0	0,43	Satisfactorio
5918	4600,0	0,67	Satisfactorio
E797	4600,0	0,67	Satisfactorio
8A3F	4608,0	0,75	Satisfactorio
8368	4616,0	0,83	Satisfactorio
5D90	4625,0	0,92	Satisfactorio
62EB	4625,0	0,92	Satisfactorio
DB4A	4626,0	0,93	Satisfactorio
AA09	4650,0	1,16	Satisfactorio
E355	4650,0	1,16	Satisfactorio
6038	4650,0	1,16	Satisfactorio
F1DE	4733,5	1,96	Satisfactorio
9A8D	4737,5	2,00	Satisfactorio
88D4	4748,0	2,10	Cuestionable
3DB1	4788,0	2,49	Cuestionable
763D	4967,0	4,21	Insatisfactorio

Tabla 21. Códigos de participantes, resultados reportados, estadístico de evaluación y resultado de la Evaluación de desempeño.

11.11. Tiempo de fraguado inicial

Parámetro	Valor asignado		
	Valor (minutos)	Dispersión (σ_{pt})	Incertidumbre Expandida (minutos)
Tiempo de fraguado inicial	125,0	13,34	8,0

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 36 de 45	Vigente desde: 2024-10-15	N° de Registro: 027/2024

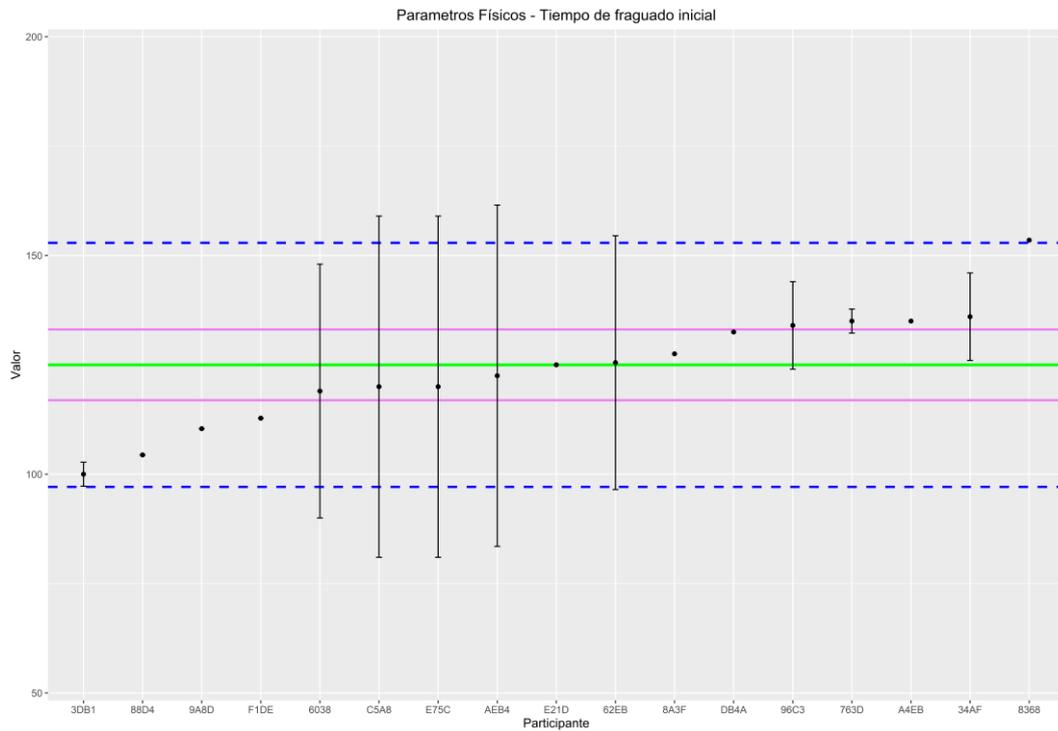


Gráfico 21. Valores reportados por los participantes (puntos negros), incertidumbres asociadas (barras negras), valor asignado (línea verde), estadístico de dispersión multiplicado por 2 (línea segmentada azul) e incertidumbre expandida (línea violeta).

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

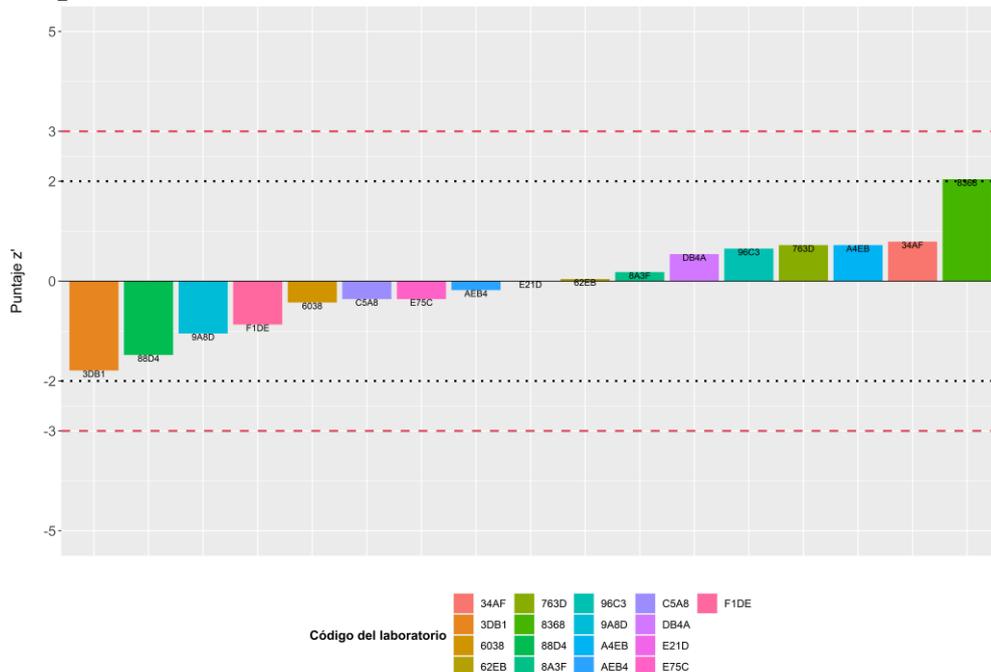


Gráfico 22. Evaluación de desempeño de los participantes (Nota. Los valores insatisfactorios que salen de la escala no son visualizados).

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.02	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 37 de 45	Vigente desde: 2024-10-15	N° de Registro: 027/2024

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

Participante	Resultado reportado (minutos)	Puntaje z'	Resultado de evaluación
3DB1	100,0	-1,79	Satisfactorio
88D4	104,4	-1,48	Satisfactorio
9A8D	110,4	-1,05	Satisfactorio
F1DE	112,8	-0,87	Satisfactorio
6038	119,0	-0,43	Satisfactorio
C5A8	120,0	-0,36	Satisfactorio
E75C	120,0	-0,36	Satisfactorio
AEB4	122,5	-0,18	Satisfactorio
E21D	125,0	0,00	Satisfactorio
62EB	125,5	0,04	Satisfactorio
8A3F	127,5	0,18	Satisfactorio
DB4A	132,5	0,54	Satisfactorio
96C3	134,0	0,65	Satisfactorio
A4EB	135,0	0,72	Satisfactorio
763D	135,0	0,72	Satisfactorio
34AF	136,0	0,79	Satisfactorio
8368	153,5	2,04	Cuestionable

Tabla 23. Códigos de participantes, resultados reportados, estadístico de evaluación y resultado de la Evaluación de desempeño.

11.12. Tiempo de fraguado final

Parámetro	Valor asignado		
	Valor (minutos)	Dispersión (σ_{pt})	Incertidumbre Expandida (minutos)
Tiempo de fraguado final	242	18,5	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 38 de 45	Vigente desde: 2024-10-15	Nº de Registro: 027/2024

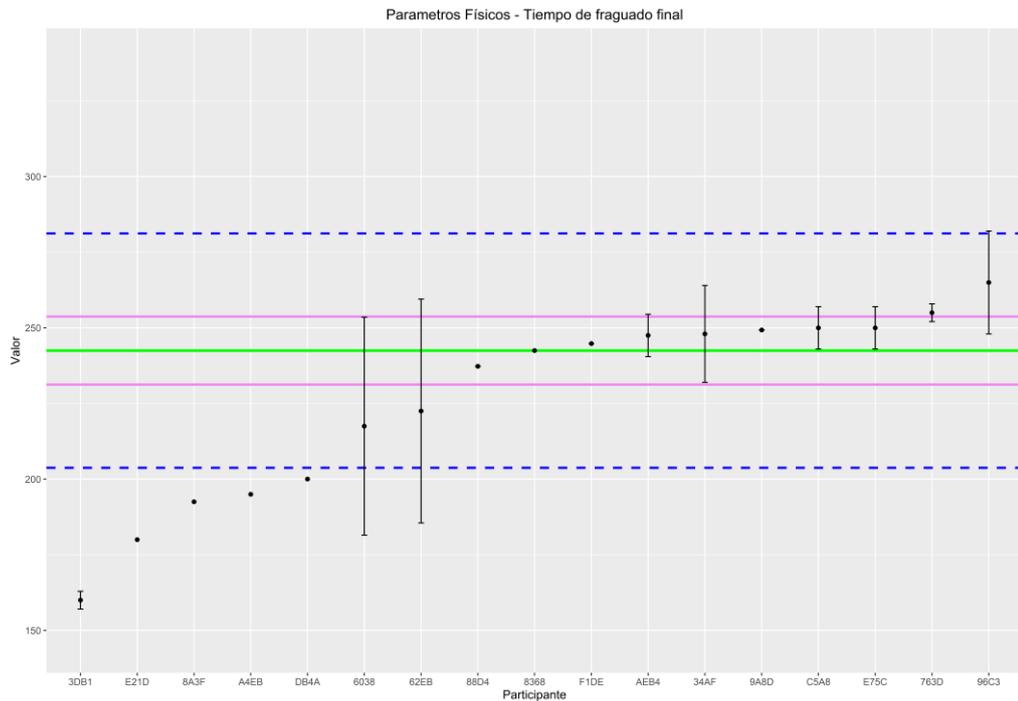


Gráfico 23. Valores reportados por los participantes (puntos negros), incertidumbres asociadas (barras negras), valor asignado (línea verde), estadístico de dispersión multiplicado por 2 (línea segmentada azul) e incertidumbre expandida (línea violeta).

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

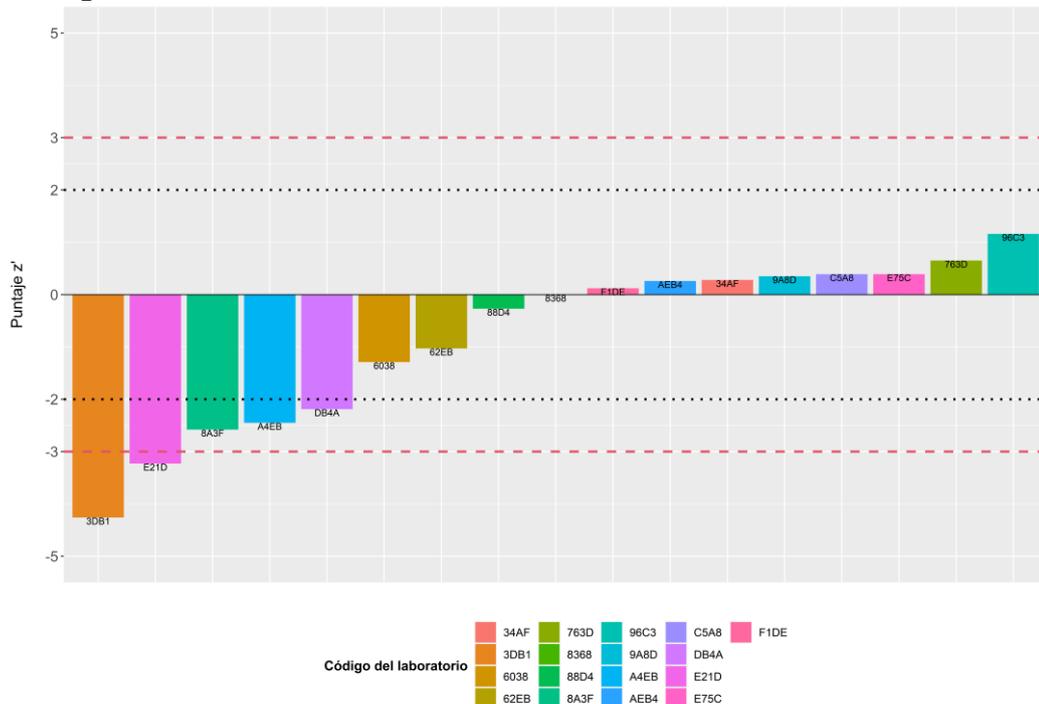


Gráfico 24. Evaluación de desempeño de los participantes (Nota. Los valores insatisfactorios que salen de la escala no son visualizados).

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.02	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 39 de 45	Vigente desde: 2024-10-15	N° de Registro: 027/2024

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

Participante	Resultado reportado (minutos)	Puntaje z'	Resultado de evaluación
3DB1	160,0	-4,26	Insatisfactorio
E21D	180,0	-3,23	Insatisfactorio
8A3F	192,5	-2,58	Cuestionable
A4EB	195,0	-2,45	Cuestionable
DB4A	200,0	-2,19	Cuestionable
6038	217,5	-1,29	Satisfactorio
62EB	222,5	-1,03	Satisfactorio
88D4	237,3	-0,27	Satisfactorio
8368	242,5	0,00	Satisfactorio
F1DE	244,8	0,12	Satisfactorio
AEB4	247,5	0,26	Satisfactorio
34AF	248,0	0,28	Satisfactorio
9A8D	249,3	0,35	Satisfactorio
C5A8	250,0	0,39	Satisfactorio
E75C	250,0	0,39	Satisfactorio
763D	255,0	0,65	Satisfactorio
96C3	265,0	1,16	Satisfactorio

Tabla 25. Códigos de participantes, resultados reportados, estadístico de evaluación y resultado de la Evaluación de desempeño.

11.13. Estabilidad volumétrica (Le Chatelier)

Parámetro	Valor asignado		
	Valor (mm)	Dispersión (σ_{pt})	Incertidumbre Expandida (mm)
Estabilidad volumetrica (Le Chatelier)	0,51	0,266868	0,1618125

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 40 de 45	Vigente desde: 2024-10-15	N° de Registro: 027/2024

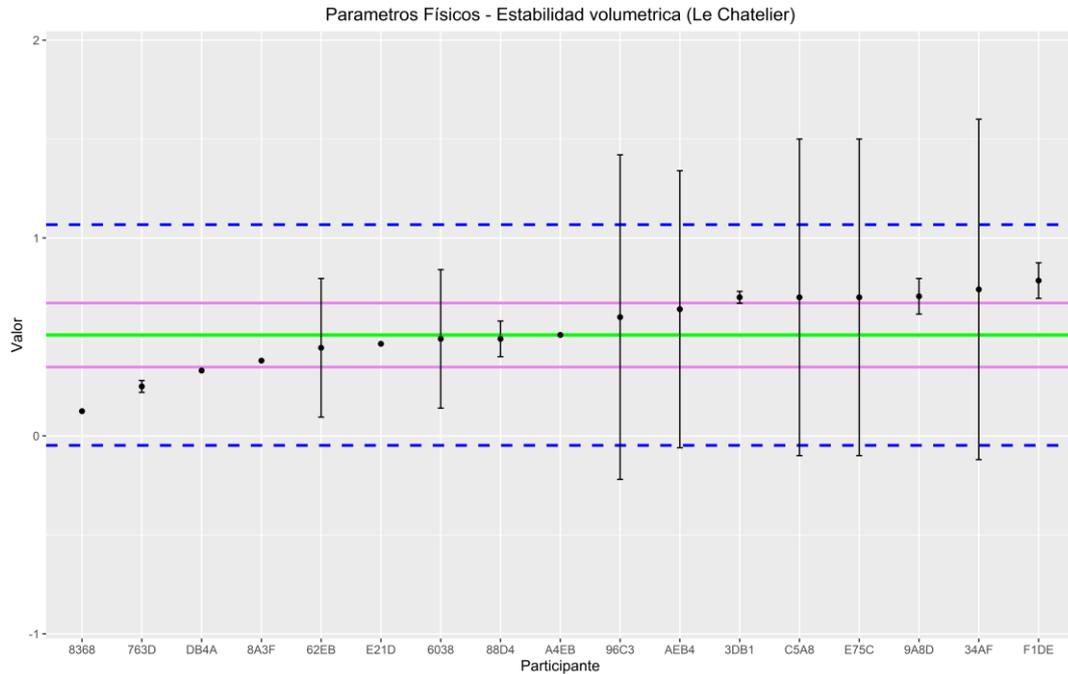


Gráfico 25. Valores reportados por los participantes (puntos negros), incertidumbres asociadas (barras negras), valor asignado (línea verde), estadístico de dispersión multiplicado por 2 (línea segmentada azul) e incertidumbre expandida (línea violeta).

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

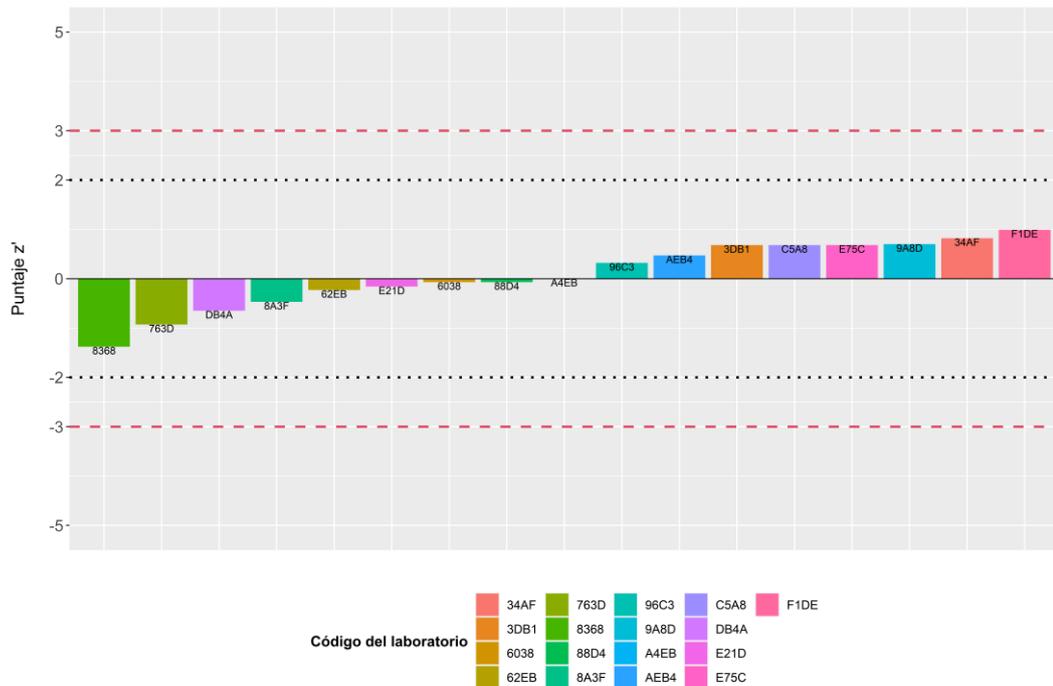


Gráfico 26. Evaluación de desempeño de los participantes (Nota. Los valores insatisfactorios que salen de la escala no son visualizados).

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.02	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 41 de 45	Vigente desde: 2024-10-15	N° de Registro: 027/2024

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

Participante	Resultado reportado (mm)	Puntaje z'	Resultado de evaluación
8368	0,125	-1,38	Satisfactorio
763D	0,250	-0,93	Satisfactorio
DB4A	0,330	-0,65	Satisfactorio
8A3F	0,380	-0,47	Satisfactorio
62EB	0,445	-0,23	Satisfactorio
E21D	0,465	-0,16	Satisfactorio
6038	0,490	-0,07	Satisfactorio
88D4	0,490	-0,07	Satisfactorio
A4EB	0,510	0,00	Satisfactorio
96C3	0,600	0,32	Satisfactorio
AEB4	0,640	0,47	Satisfactorio
C5A8	0,700	0,68	Satisfactorio
E75C	0,700	0,68	Satisfactorio
3DB1	0,700	0,68	Satisfactorio
9A8D	0,705	0,70	Satisfactorio
34AF	0,740	0,82	Satisfactorio
F1DE	0,785	0,99	Satisfactorio

Tabla 27. Códigos de participantes, resultados reportados, estadístico de evaluación y resultado de la Evaluación de desempeño.

11.14. Ensayo de expansión en autoclave

Parámetro	Valor asignado		
	Valor (mm/100 mm)	Dispersión (σ_{pt})	Incertidumbre Expandida (mm/100 mm)
Ensayo de expansión en autoclave	0,20	0,0148	0,014

Tabla 28. 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 42 de 45	Vigente desde: 2024-10-15	N° de Registro: 027/2024

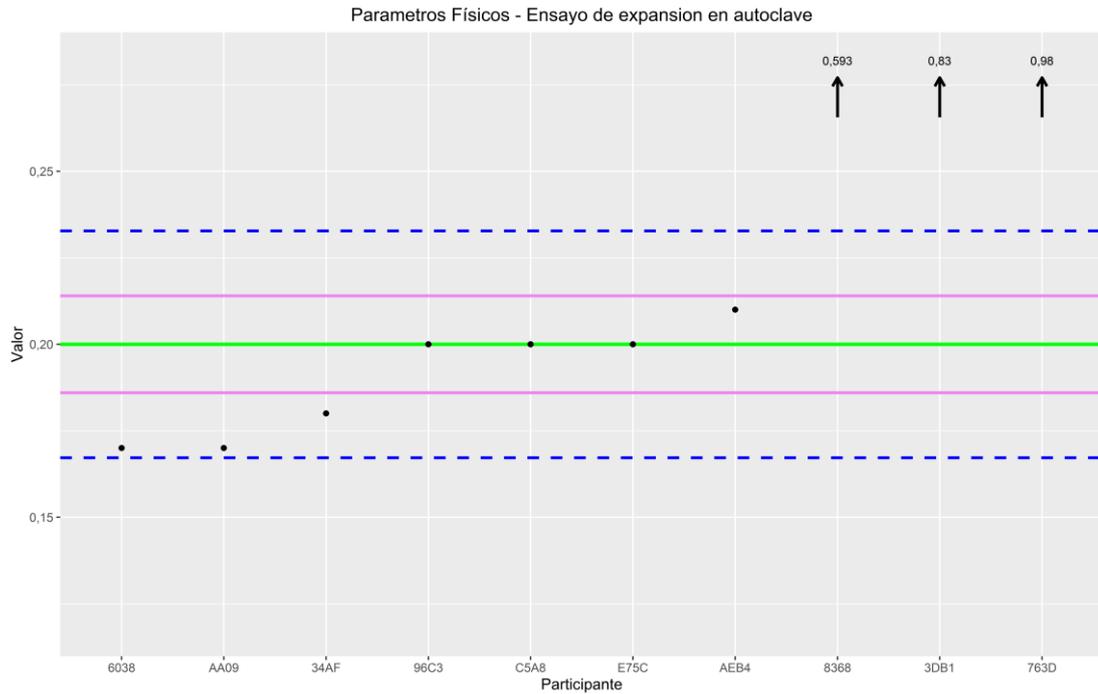


Gráfico 27. Valores reportados por los participantes (puntos negros), incertidumbres asociadas (barras negras), valor asignado (línea verde), estadístico de dispersión multiplicado por 2 (línea segmentada azul) e incertidumbre expandida (línea violeta).

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

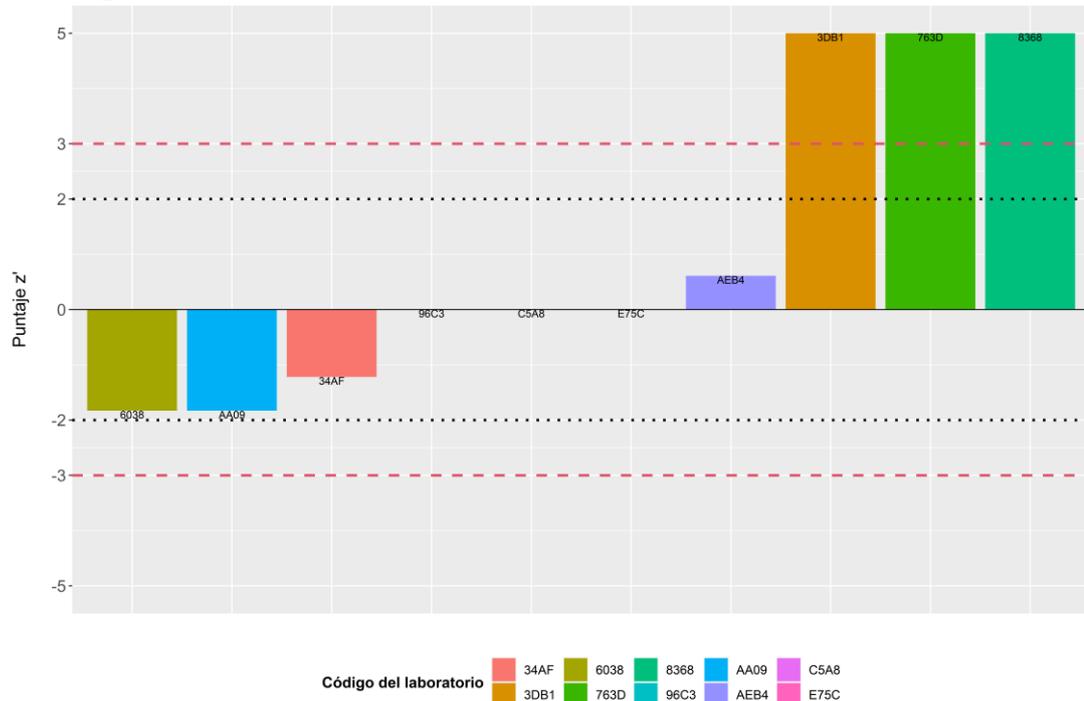


Gráfico 28. Evaluación de desempeño de los participantes (Nota. Los valores insatisfactorios que salen de la escala no son visualizados).

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.02	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 43 de 45	Vigente desde: 2024-10-15	N° de Registro: 027/2024

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

Participante	Resultado reportado (mm/100 mm)	Puntaje z'	Resultado de evaluación
AA09	0,170	-1,83	Satisfactorio
6038	0,170	-1,83	Satisfactorio
34AF	0,180	-1,22	Satisfactorio
C5A8	0,200	0,00	Satisfactorio
E75C	0,200	0,00	Satisfactorio
96C3	0,200	0,00	Satisfactorio
AEB4	0,210	0,61	Satisfactorio
8368	0,593*	23,94	Insatisfactorio
3DB1	0,830*	38,42	Insatisfactorio
763D	0,980*	47,57	Insatisfactorio

Tabla 29. 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).

12. LABORATORIOS PARTICIPANTES

En este ensayo de aptitud se registró la participación de 10 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.

N°	INSTITUCIÓN	DEPARTAMENTO
1	COBOCE CEMENTO	COCHABAMBA
2	ECEBOL	ORURO
3	FANCESA	SUCRE
4	IBNOLAB - IBNORCA	LA PAZ
5	LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD - ITACAMBA CEMENTO S.A.	SANTA CRUZ
6	LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD PLANTA WARNES	SANTA CRUZ
7	LABORATORIO PLANTA EL PUENTE - SOBOCE S.A.	TARIJA
8	MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN	LA PAZ
9	QUIMICA DE LOS MATERIALES - INSTITUTO DE ENSAYO DE MATERIALES	LA PAZ
10	SOBOCE S.A - PLANTA VIACHA	LA PAZ

Tabla 30. Participantes del Ensayo de Aptitud EQ-0180 Determinación de parámetros físico-mecánicos y químicos en cemento.

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.02	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 44 de 45	Vigente desde: 2024-10-15	N° de Registro: 027/2024

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.
- 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.

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 parámetros físico-mecánicos y químicos en cemento.
- 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.
- 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. 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"

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.02	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 45 de 45	Vigente desde: 2024-10-15	N° de Registro: 027/2024

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".