

INSTITUTO BOLIVIANO DE METROLOGÍA
IBMETRO



INFORME FINAL
ENSAYO DE APTITUD

EQ-0152

**“DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS
FÍSICO-MECÁNICAS Y QUÍMICOS EN
CEMENTO”**

MATRIZ: CEMENTO

DIRECCIÓN DE METROLOGÍA
INDUSTRIAL Y CIENTÍFICA – DMIC

Año 2023

Elaborado por:	Yamil Acho Sarzuri	Fecha:	2024-03-22
Revisado por:	Jose Luis Gonzales Quino	Fecha:	2024-03-25

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.00	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 2 de 44	Vigente desde: 2023-04-10	

ÍNDICE GENERAL

1.	INTRODUCCIÓN.....	3
2.	ORGANIZACIÓN	3
3.	UNIDAD DE COORDINACIÓN	3
4.	OBJETIVOS.....	3
5.	DESCRIPCION DE LOS ÍTEMS DE ENSAYO	4
6.	VALORES DE REFERENCIA	4
7.	CONFIDENCIALIDAD	5
8.	EVALUACION DE DESEMPEÑO.....	5
9.	RESULTADOS	7
9.1.	Parámetro Físicos	7
9.1.1.	Resistencia a la compresión 3 días	7
9.1.2.	Resistencia a la compresión 7 días	9
9.1.3.	Resistencia a la compresión 28 días	11
9.1.4.	Tamiz 235.....	13
9.1.5.	Superficie específica de Blaine Mínima.....	15
9.1.6.	Tiempo de fraguado inicial	17
9.1.7.	Tiempo de fraguado final	19
9.1.8.	Estabilidad volumétrica (Le Chatelier).....	21
9.1.9.	Ensayo de expansión en autoclave.....	23
9.2.	Parámetro Químicos	25
9.2.1.	Oxido de magnesio.....	25
9.2.2.	Pérdida por calcinación	27
9.2.3.	Residuo insoluble	30
9.2.4.	Trióxido de azufre	32
10	LABORATORIOS PARTICIPANTES	34
11	OBSERVACIONES GENERALES SOBRE EL DESEMPEÑO DE LOS LABORATORIOS.....	35
12	CONCLUSIONES.....	35
13	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	36

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.00	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 3 de 44	Vigente desde: 2023-04-10	

1. INTRODUCCIÓN

El Instituto Boliviano de Metrología a través de la Unidad de Metrología Química viene organizando rondas de Ensayo de Aptitud dirigida a apoyar a los laboratorios que realizan ensayos en la matriz cemento, para mejorar las capacidades analíticas y de gestión en laboratorios bolivianos.

Cabe resaltar que para que un laboratorio se ha 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 los laboratorios 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



Unidad de Metrología Química - UMQ

Dirección de Metrología Industrial y Científica - IBMETRO

La Paz, Av. Camacho casi esq. Bueno N° 1488

Tel/Fax (591-2) 2147945 – 2372046 int. 340

Celular corp. (+591) 72015382

Web: www.ibmetro.gob.bo

3. UNIDAD DE COORDINACIÓN

COMITÉ CIENTÍFICO - TÉCNICO

Ing. Yamil Acho – Coordinador y Responsable Técnico del ensayo de aptitud

Lic. Julián Morales – Responsable estadístico del ensayo de aptitud

Lic. Jose Luis Gonzales – Supervisor de Metrología Química

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

4. OBJETIVOS

- Presentar los resultados de la evaluación del desempeño de los laboratorios participantes en el ensayo de aptitud EQ-0152 "DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS FÍSICO-MECÁNICAS 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, Oxido de magnesio, Trióxido de azufre, Residuo insoluble y pérdida por calcinación, siguiendo los lineamientos establecidos en la Norma ISO/IEC 17043:2023.

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.00	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 4 de 44	Vigente desde: 2023-04-10	

- 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. DESCRIPCIÓN DE LOS ÍTEMS DE ENSAYO

Cada participante recibió el ítem de ensayo con las siguientes características descritos en la siguiente tabla:

Identificación	Matriz	Cantidad de muestra	Parámetros
EQ-0152	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, Oxido de magnesio, Trióxido de azufre, Residuo insoluble, Perdida por calcinación.

Tabla 1. Descripciones del ítem de Ensayo de Aptitud EQ-0152.

Los ítems de ensayo fueron preparados a partir de cemento comercial del tipo IP 40 que se adquirió de un distribuidor autorizado y de un mismo lote de producto. La muestra fue homogenizada en instalaciones de IBMETRO La Paz en condiciones controladas de temperatura y humedad, para luego ser envasadas en recipientes plásticos de cerrado hermético, con un peso aproximado de 9 kg cada ítem.

6. VALORES DE REFERENCIA

Los valores de referencia para los parámetros Resistencia a la compresión, Superficie específica de Blaine Mínima, Tiempo de fraguado inicial, Tiempo de fraguado final, Estabilidad volumétrica (Le Chatelier), Ensayo de expansión en autoclave, Oxido de magnesio, Trióxido de azufre, Residuo insoluble, Perdida por calcinación fueron asignados por consenso entre laboratorios acreditados.

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

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

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.00	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 5 de 44	Vigente desde: 2023-04-10	

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

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

$$x_i = \frac{Valor_1 + Valor_2}{2} \quad (3)$$

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

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

$$\sigma_{pt} = MAD = 1,4826 * Me | x_i - Me_{x_i} | \quad (4)$$

Dónde:

Me =valor de la mediana

x_i =resultados de cada Laboratorio

Me_{x_i} =mediana de los resultados de los Laboratorios

La incertidumbre estándar de cada uno de los valores asignados ha sido estimada mediante la siguiente expresión:

$$u(x_{pt}) = \frac{1,25 * \sigma_{pt}}{\sqrt{p}} \quad (5)$$

Siendo

σ_{pt} = desviación estandar robusta (MAD) obtenida mediante la ecuación 4

p = Número de Laboratorios participantes en el parametro

7. 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.

8. EVALUACIÓN DE 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

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.00	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 6 de 44	Vigente desde: 2023-04-10	

comparisons". El desempeño de cada laboratorio participante en el Ensayo de Aptitud será evaluado mediante el z-score.

$$z_i = \frac{(x_i - x_{pt})}{\sigma_{pt}} \quad (6)$$

Donde:

x_{pt} = Valor de referencia

x_i = Resultado del laboratorio

σ_{pt} = Estimador de la dispersión de los laboratorios

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:

$$u(x_{pt}) > 0,3 * \sigma_{pt} \quad (7)$$

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

$$z'_i = \frac{x_i - x_{pt}}{\sqrt{\sigma_{pt}^2 + u^2(x_{pt})}} \quad (8)$$

Donde:

x_{pt} = Valor de referencia

x_i = Resultado del laboratorio

σ_{pt} = Estimador de la dispersión de los laboratorios

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

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

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.00	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 7 de 44	Vigente desde: 2023-04-10	

$$U(x_{pt}) = k * u(x_{pt}) \quad (9)$$

9. RESULTADOS

9.1. Parámetro Físicos

9.1.1. Resistencia a la compresión 3 días

Parámetro	Valor asignado por Media de Lab. Acreditados		
	Valor MPa	Dispersión (σ_{pt})	Incertidumbre U_{pt} MPa
Rotura por compresión a 3 días	24,08	2,41	1,42

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

Parametros Físicos - Resistencia a la compresión 3 días

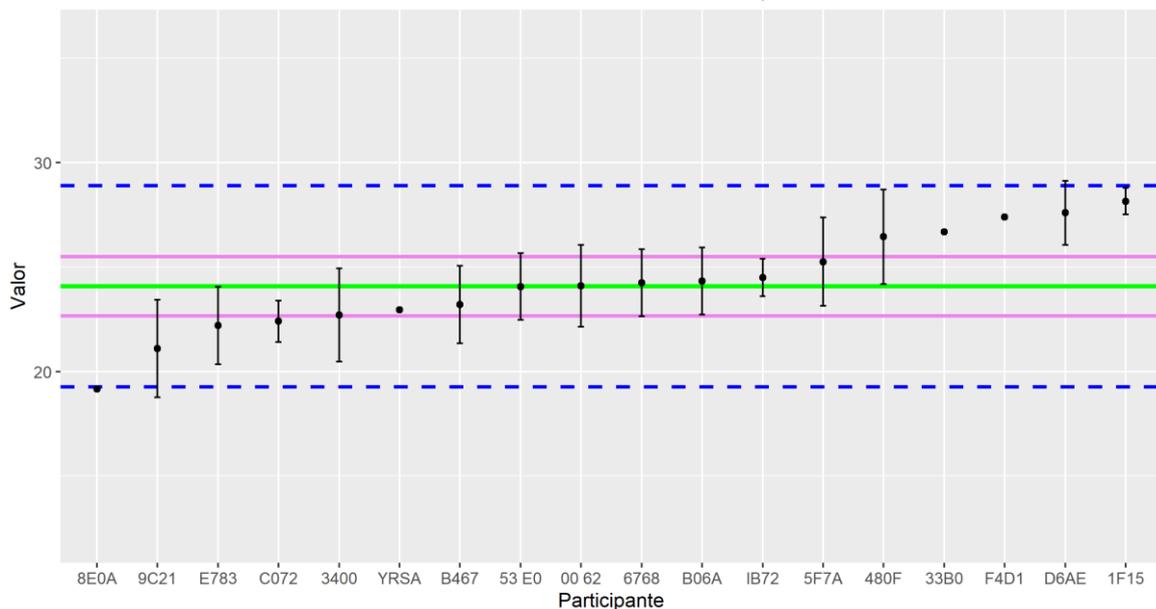


Gráfico 1. Valores reportados por los participantes (puntos negros), incertidumbres asociadas (barras negras), valor asignado (línea verde), estadístico de dispersión multiplicado por 2 (línea segmentada azul) e incertidumbre expandida (línea violeta).

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

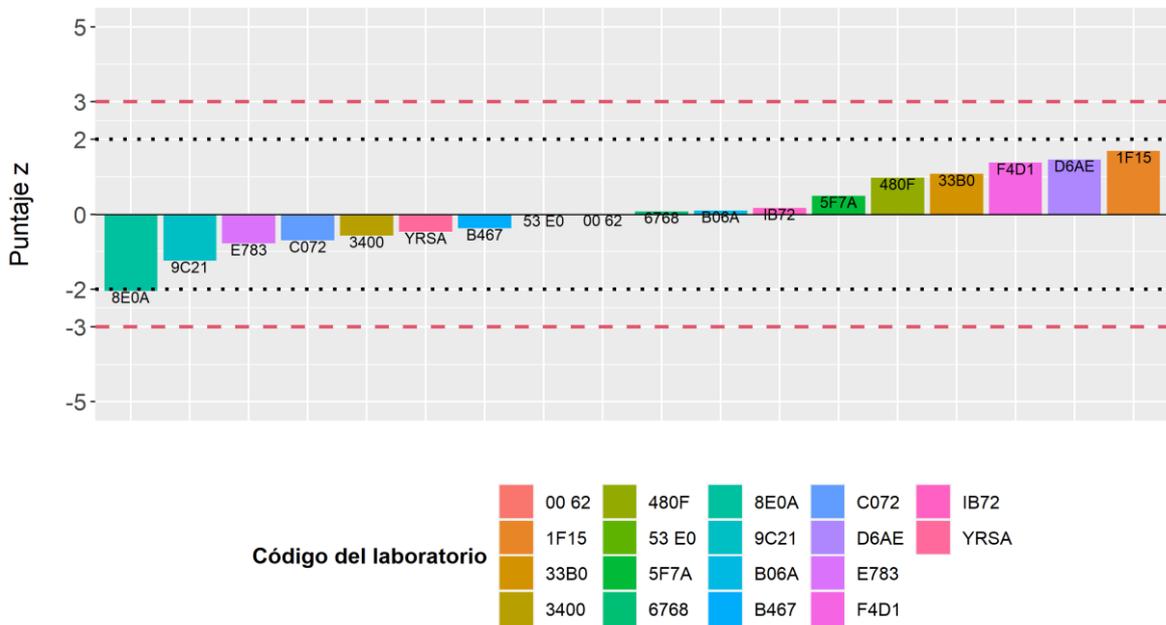


Gráfico 2. Evaluación de desempeño de los participantes (Nota. Los valores insatisfactorios que salen de la escala no son visualizados).

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

Participante	Resultado reportado MPa	Puntaje z	Resultado de evaluación
8E0A	19,15	-2,05	Cuestionable
9C21	21,10	-1,24	Satisfactorio
E783	22,20	-0,78	Satisfactorio
C072	22,40	-0,70	Satisfactorio
3400	22,70	-0,57	Satisfactorio
YRSA	22,95	-0,47	Satisfactorio
B467	23,20	-0,37	Satisfactorio
53 E0	24,06	-0,01	Satisfactorio
00 62	24,10	0,01	Satisfactorio
6768	24,25	0,07	Satisfactorio
B06A	24,33	0,10	Satisfactorio
IB72	24,50	0,17	Satisfactorio
5F7A	25,25	0,49	Satisfactorio
480F	26,45	0,98	Satisfactorio
33B0	26,68	1,08	Satisfactorio
F4D1	27,40	1,38	Satisfactorio

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.00	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 9 de 44	Vigente desde: 2023-04-10	

Participante	Resultado reportado MPa	Puntaje z	Resultado de evaluación
D6AE	27,60	1,46	Satisfactorio
1F15	28,15	1,69	Satisfactorio

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

9.1.2. Resistencia a la compresión 7 días

Parámetro	Valor asignado por Media de Lab. Acreditados		
	Valor MPa	Dispersión (σ_{pt})	Incertidumbre U_{pt} MPa
Rotura por compresión a 7 días	32,93	1,85	1,09

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

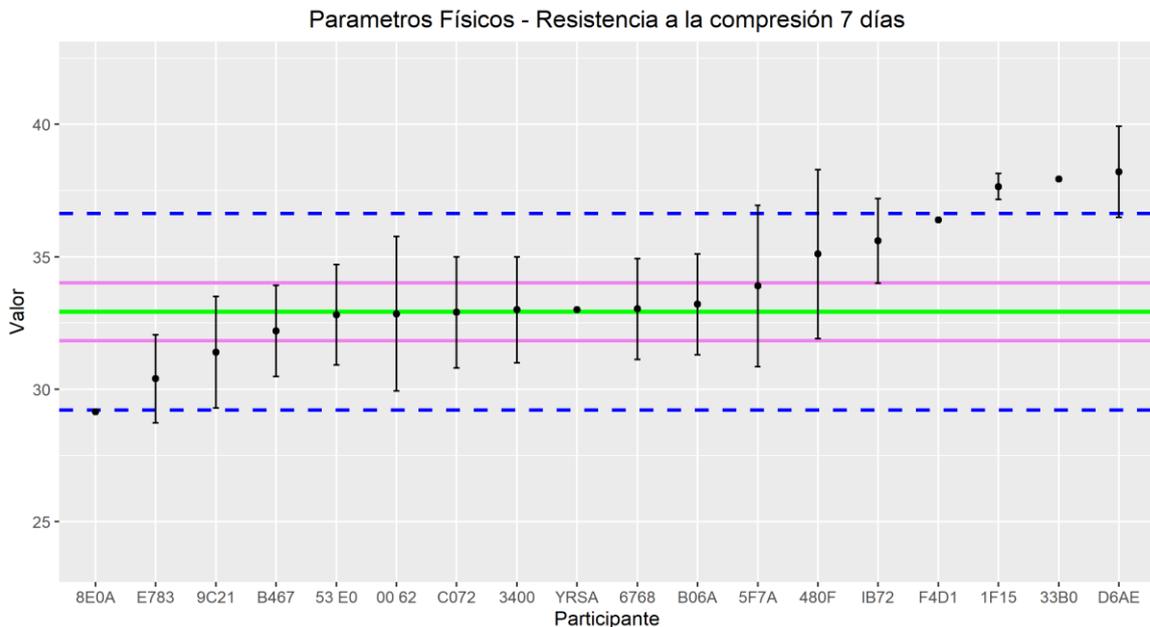


Gráfico 3. Valores reportados por los participantes (puntos negros), incertidumbres asociadas (barras negras), valor asignado (línea verde), estadístico de dispersión multiplicado por 2 (línea segmentada azul) e incertidumbre expandida (línea violeta).

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

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.00	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 10 de 44	Vigente desde: 2023-04-10	

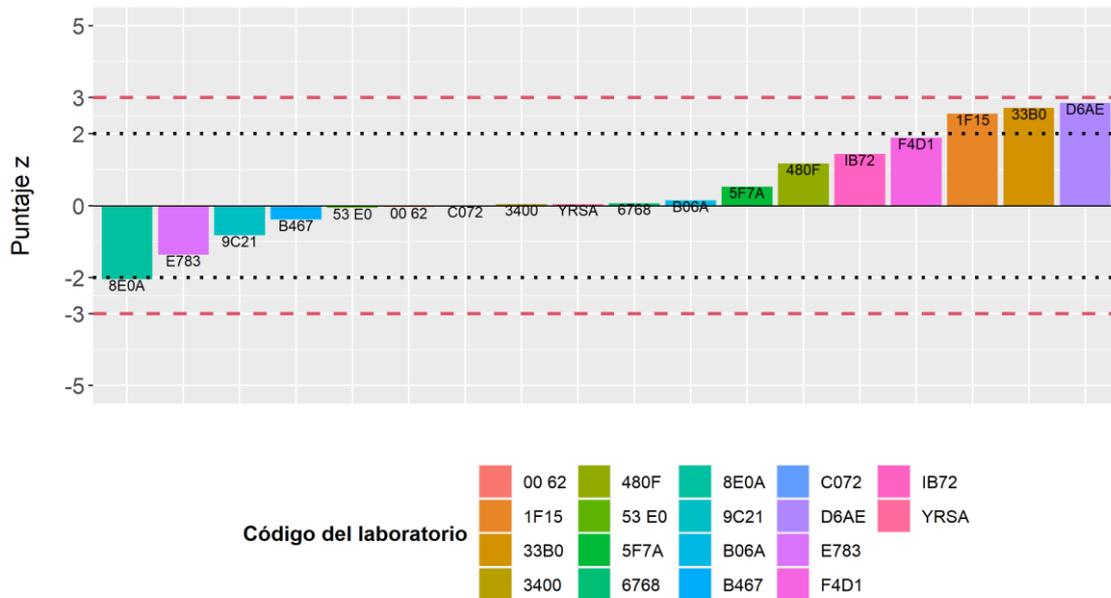


Gráfico 4. Evaluación de desempeño de los participantes (Nota. Los valores insatisfactorios que salen de la escala no son visualizados).

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

Participante	Resultado reportado MPa	Puntaje z	Resultado de evaluación
8E0A	29,15	-2,04	Cuestionable
E783	30,40	-1,36	Satisfactorio
9C21	31,40	-0,82	Satisfactorio
B467	32,20	-0,39	Satisfactorio
53 E0	32,81	-0,06	Satisfactorio
00 62	32,85	-0,04	Satisfactorio
C072	32,90	-0,01	Satisfactorio
3400	33,00	0,04	Satisfactorio
YRSA	33,00	0,04	Satisfactorio
6768	33,03	0,06	Satisfactorio
B06A	33,21	0,15	Satisfactorio
5F7A	33,90	0,53	Satisfactorio
480F	35,10	1,17	Satisfactorio
IB72	35,60	1,44	Satisfactorio
F4D1	36,40	1,88	Satisfactorio
1F15	37,65	2,55	Cuestionable
33B0	37,94	2,71	Cuestionable

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.00	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 11 de 44	Vigente desde: 2023-04-10	

Participante	Resultado reportado MPa	Puntaje z	Resultado de evaluación
D6AE	38,20	2,85	Cuestionable

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

9.1.3. Resistencia a la compresión 28 días

Parámetro	Valor asignado por Media de Lab. Acreditados		
	Valor MPa	Dispersión (σ_{pt})	Incertidumbre U_{pt} MPa
Rotura por compresión a los 28 días	42,52	1,93	1,14

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

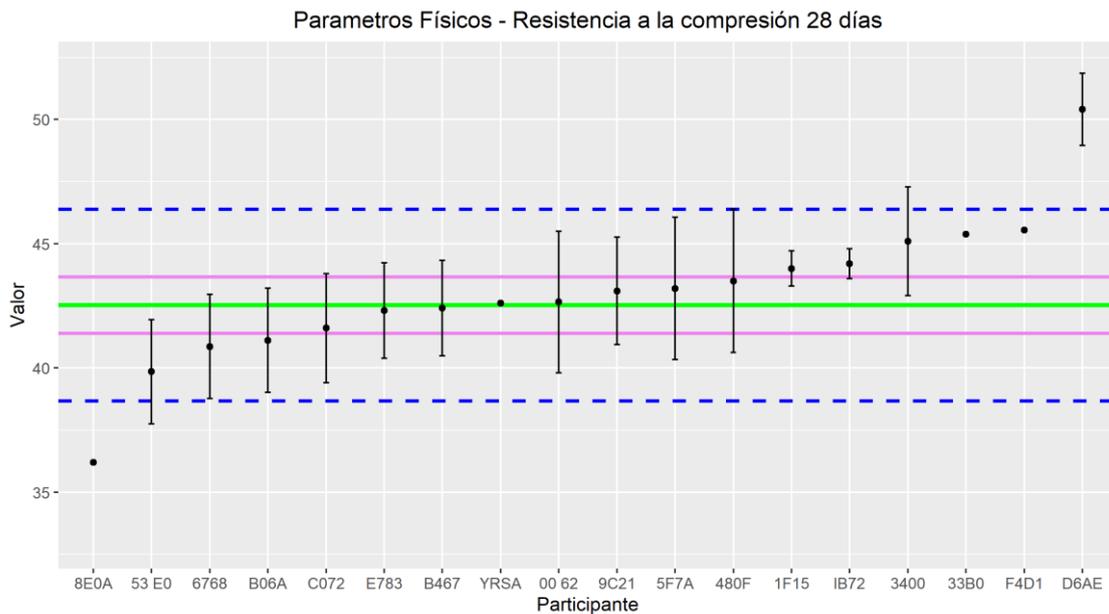


Gráfico 5. Valores reportados por los participantes (puntos negros), incertidumbres asociadas (barras negras), valor asignado (línea verde), estadístico de dispersión multiplicado por 2 (línea segmentada azul) e incertidumbre expandida (línea violeta).

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

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.00	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 12 de 44	Vigente desde: 2023-04-10	

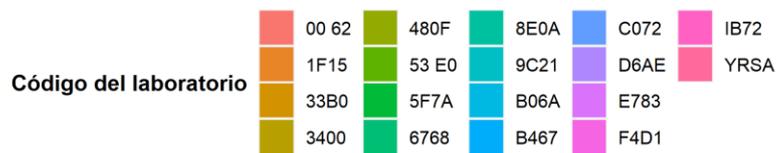
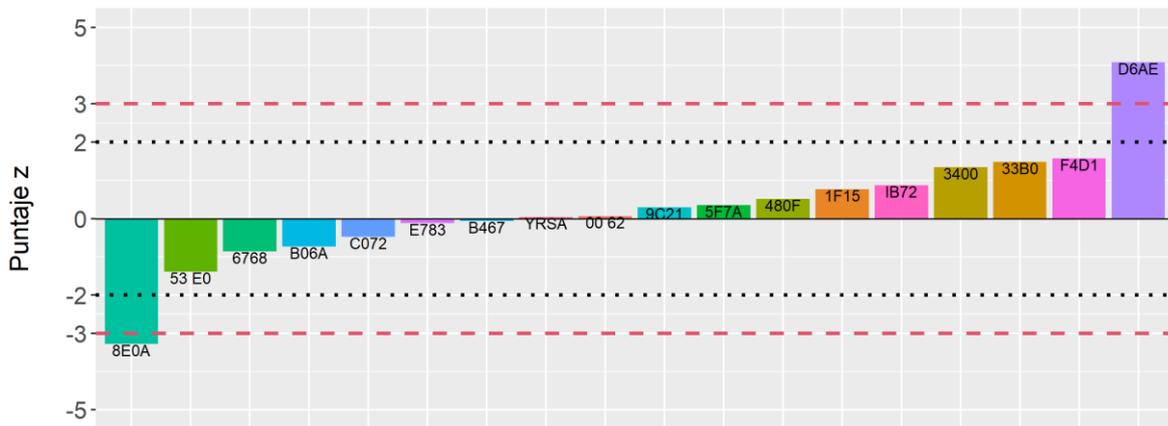


Gráfico 6. Evaluación de desempeño de los participantes (Nota. Los valores insatisfactorios que salen de la escala no son visualizados).

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

Participante	Resultado reportado MPa	Puntaje z	Resultado de evaluación
8E0A	36,20	-3,28	Insatisfactorio
53 E0	39,85	-1,39	Satisfactorio
6768	40,86	-0,86	Satisfactorio
B06A	41,11	-0,73	Satisfactorio
C072	41,60	-0,48	Satisfactorio
E783	42,30	-0,12	Satisfactorio
B467	42,40	-0,06	Satisfactorio
YRSA	42,60	0,04	Satisfactorio
00 62	42,65	0,06	Satisfactorio
9C21	43,10	0,30	Satisfactorio
5F7A	43,20	0,35	Satisfactorio
480F	43,50	0,51	Satisfactorio
1F15	44,00	0,77	Satisfactorio
IB72	44,20	0,87	Satisfactorio
3400	45,10	1,34	Satisfactorio
33B0	45,38	1,48	Satisfactorio

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.00	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 13 de 44	Vigente desde: 2023-04-10	

Participante	Resultado reportado MPa	Puntaje z	Resultado de evaluación
F4D1	45,55	1,57	Satisfactorio
D6AE	50,40	4,09	Insatisfactorio

Tabla 7. Códigos de participantes, resultados reportados, estadístico de evaluación y resultado de la Evaluación de desempeño.

9.1.4. Tamiz 235

Parámetro	Valor asignado por consenso		
	Valor % (g/100 g)	Dispersión (σ_{pt})	Incertidumbre U_{pt} % (g/100 g)
Tamiz 325	99,68	0,07	0,03

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

Parametros Físicos - Tamiz 325

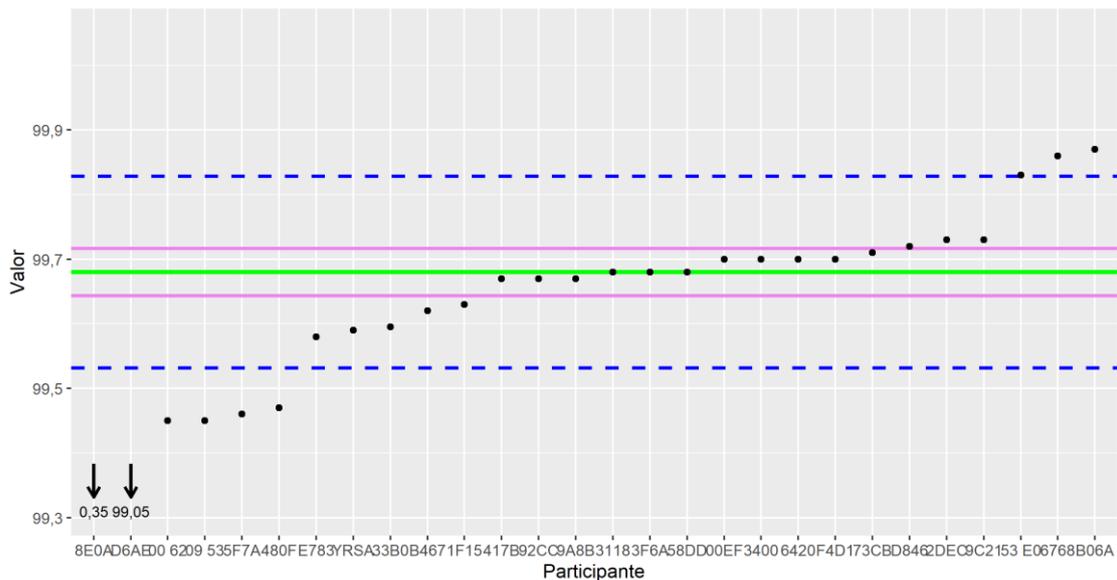


Gráfico 7. Valores reportados por los participantes (puntos negros), incertidumbres asociadas (barras negras), valor asignado (línea verde), estadístico de dispersión multiplicado por 2 (línea segmentada azul) e incertidumbre expandida (línea violeta).

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

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.00	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 14 de 44	Vigente desde: 2023-04-10	

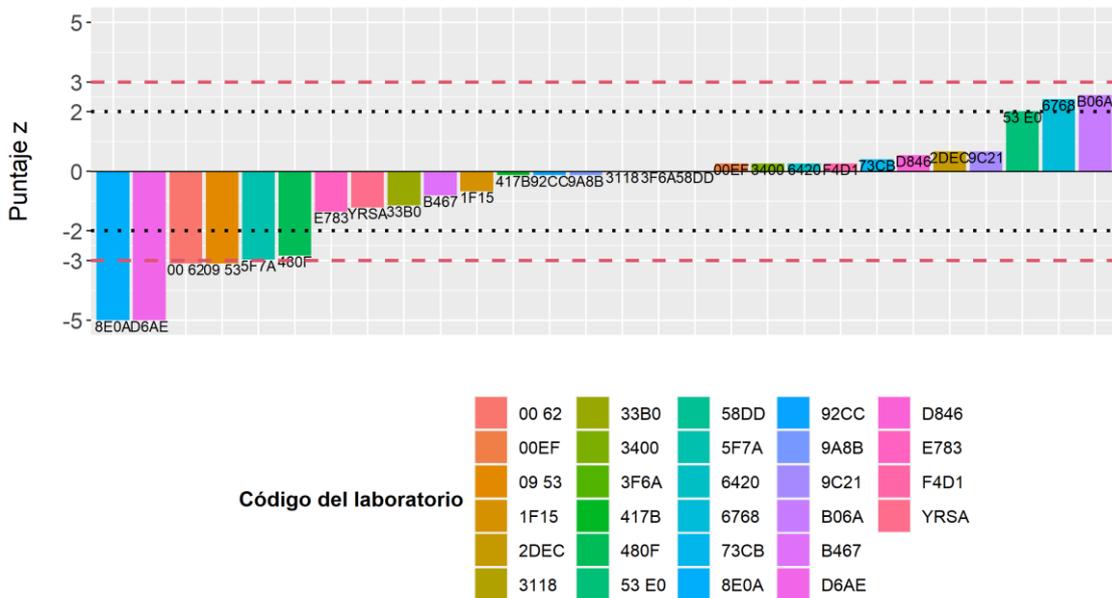


Gráfico 8. Evaluación de desempeño de los participantes (Nota. Los valores insatisfactorios que salen de la escala no son visualizados).

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
8E0A	0,350	-1339,94	Insatisfactorio
D6AE	99,050	-8,50	Insatisfactorio
0062	99,450	-3,10	Insatisfactorio
0953	99,450	-3,10	Insatisfactorio
5F7A	99,460	-2,97	Cuestionable
480F	99,470	-2,83	Cuestionable
E783	99,580	-1,35	Satisfactorio
YRSA	99,590	-1,21	Satisfactorio
33B0	99,595	-1,15	Satisfactorio
B467	99,620	-0,81	Satisfactorio
1F15	99,630	-0,67	Satisfactorio
92CC	99,670	-0,13	Satisfactorio
9A8B	99,670	-0,13	Satisfactorio
417B	99,670	-0,13	Satisfactorio
3118	99,680	0,00	Satisfactorio
3F6A	99,680	0,00	Satisfactorio
58DD	99,680	0,00	Satisfactorio

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.00	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 15 de 44	Vigente desde: 2023-04-10	

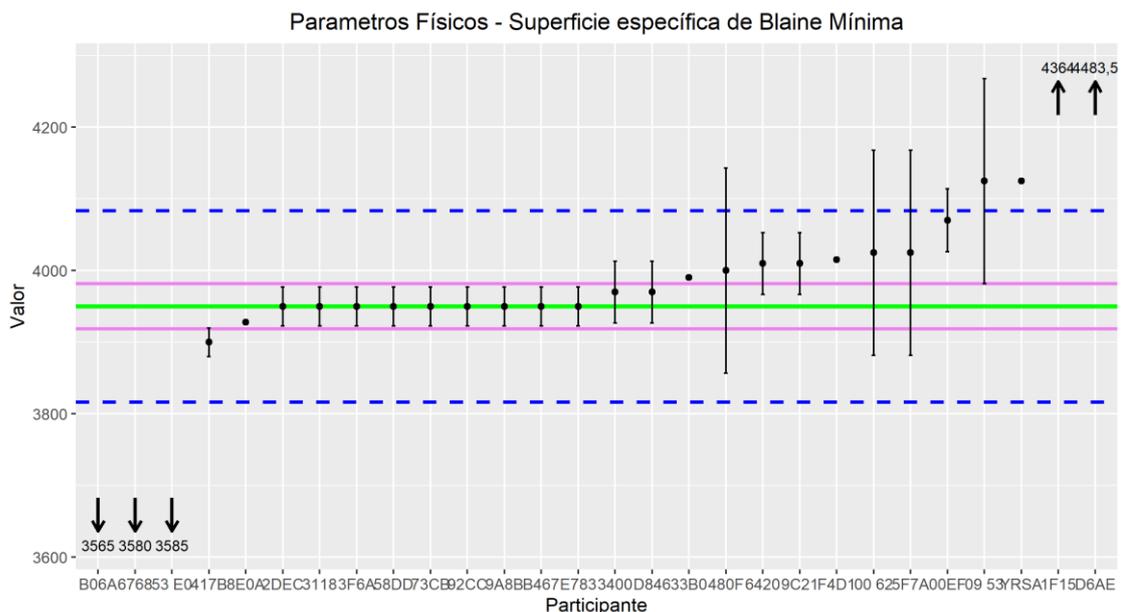
Participante	Resultado reportado % (g/100 g)	Puntaje z	Resultado de evaluación
6420	99,700	0,27	Satisfactorio
00EF	99,700	0,27	Satisfactorio
3400	99,700	0,27	Satisfactorio
F4D1	99,700	0,27	Satisfactorio
73CB	99,710	0,40	Satisfactorio
D846	99,720	0,54	Satisfactorio
2DEC	99,730	0,67	Satisfactorio
9C21	99,730	0,67	Satisfactorio
53 E0	99,830	2,02	Cuestionable
6768	99,860	2,43	Cuestionable
B06A	99,870	2,56	Cuestionable

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

9.1.5. Superficie específica de Blaine Mínima

Parámetro	Valor asignado por Media de Lab. Acreditados		
	Valor cm^2/g	Dispersión (σ_{pt})	Incertidumbre U_{pt} cm^2/g
Superficie específica de Blaine Mínima	3950,00	66,72	31,52

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



DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.00	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 16 de 44	Vigente desde: 2023-04-10	

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.

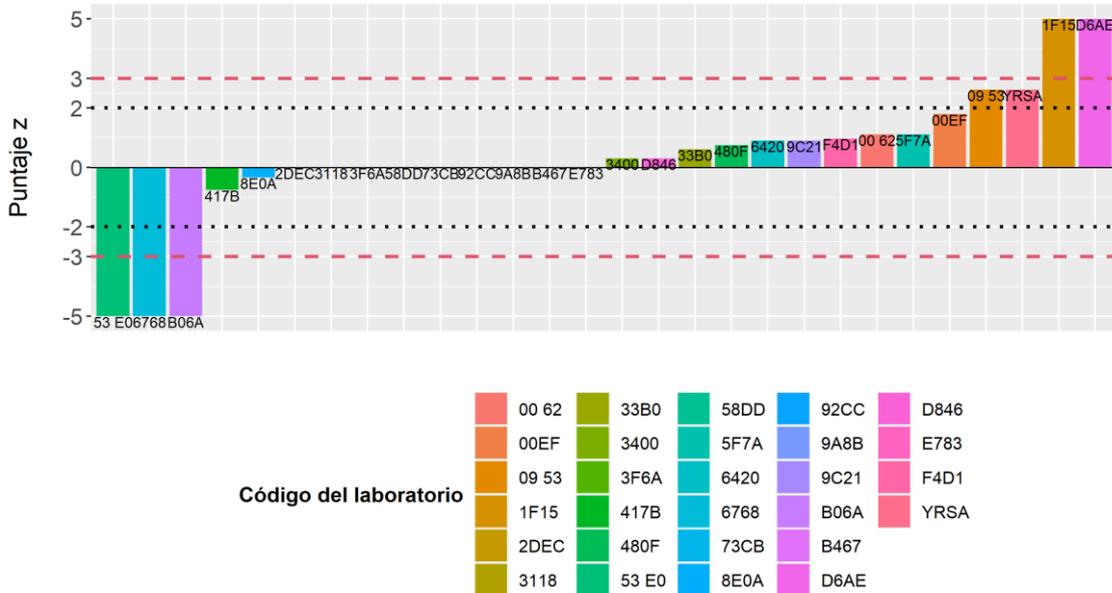


Gráfico 10. Evaluación de desempeño de los participantes (Nota. Los valores insatisfactorios que salen de la escala no son visualizados).

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

Participante	Resultado reportado cm ² /g	Puntaje z	Resultado de evaluación
B06A	3565,0	-5,77	Insatisfactorio
6768	3580,0	-5,55	Insatisfactorio
53 E0	3585,0	-5,47	Insatisfactorio
417B	3900,0	-0,75	Satisfactorio
8E0A	3928,0	-0,33	Satisfactorio
92CC	3950,0	0,00	Satisfactorio
E783	3950,0	0,00	Satisfactorio
3118	3950,0	0,00	Satisfactorio
3F6A	3950,0	0,00	Satisfactorio
2DEC	3950,0	0,00	Satisfactorio
73CB	3950,0	0,00	Satisfactorio
9A8B	3950,0	0,00	Satisfactorio

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.00	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 17 de 44	Vigente desde: 2023-04-10	

Participante	Resultado reportado cm²/g	Puntaje z	Resultado de evaluación
58DD	3950,0	0,00	Satisfactorio
B467	3950,0	0,00	Satisfactorio
D846	3970,0	0,30	Satisfactorio
3400	3970,0	0,30	Satisfactorio
33B0	3990,5	0,61	Satisfactorio
480F	4000,0	0,75	Satisfactorio
6420	4010,0	0,90	Satisfactorio
9C21	4010,0	0,90	Satisfactorio
F4D1	4015,0	0,97	Satisfactorio
00 62	4025,0	1,12	Satisfactorio
5F7A	4025,0	1,12	Satisfactorio
00EF	4070,0	1,80	Satisfactorio
09 53	4125,0	2,62	Cuestionable
YRSA	4125,0	2,62	Cuestionable
1F15	4364,0	6,21	Insatisfactorio
D6AE	4483,5	8,00	Insatisfactorio

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

9.1.6. Tiempo de fraguado inicial

Parámetro	Valor asignado por Media de Lab. Acreditados		
	Valor min	Dispersión (σ_{pt})	Incertidumbre Expandida min
Tiempo de fraguado inicial	133,00	9,37	6,44

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

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.00	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 18 de 44	Vigente desde: 2023-04-10	

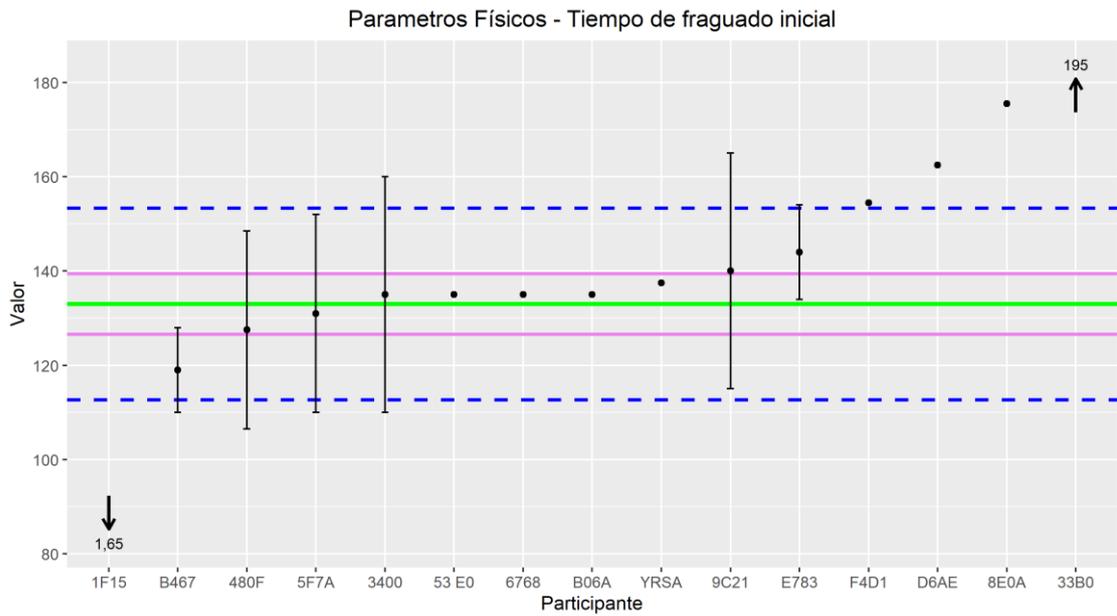


Gráfico 11. Valores reportados por los participantes (puntos negros), incertidumbres asociadas (barras negras), valor asignado (línea verde), estadístico de dispersión multiplicado por 2 (línea segmentada azul) e incertidumbre expandida (línea violeta).

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

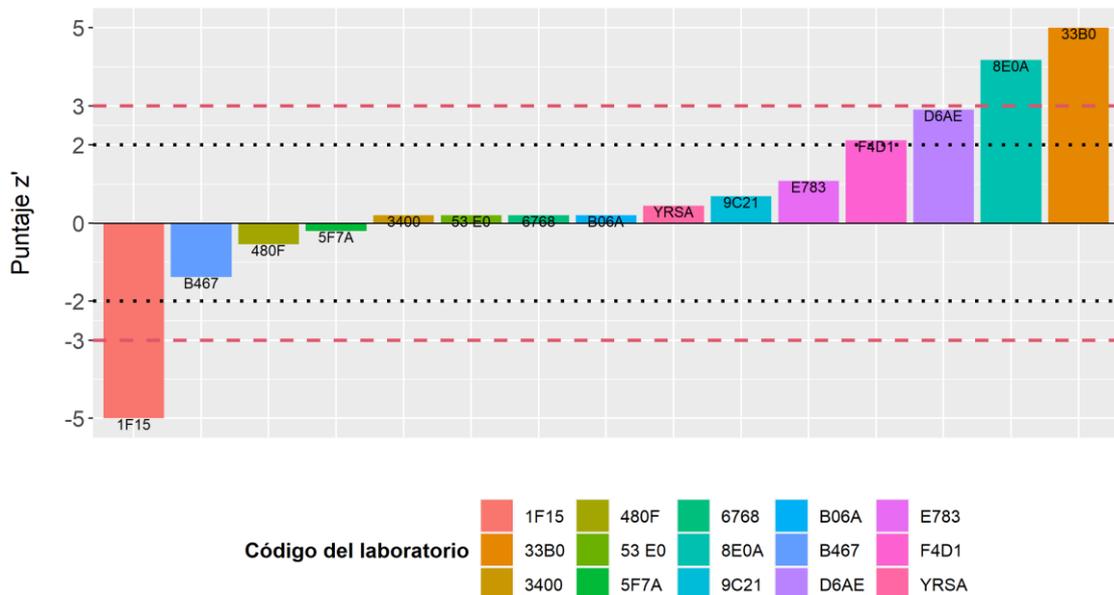


Gráfico 13. Evaluación de desempeño de los participantes (Nota. Los valores insatisfactorios que salen de la escala no son visualizados).

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

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.00	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 19 de 44	Vigente desde: 2023-04-10	

Participante	Resultado reportado min	Puntaje z	Resultado de evaluación
1F15	1,65	-12,93	Insatisfactorio
B467	119,00	-1,38	Satisfactorio
480F	127,50	-0,54	Satisfactorio
5F7A	131,00	-0,20	Satisfactorio
3400	135,00	0,20	Satisfactorio
6768	135,00	0,20	Satisfactorio
53 E0	135,00	0,20	Satisfactorio
B06A	135,00	0,20	Satisfactorio
YRSA	137,50	0,44	Satisfactorio
9C21	140,00	0,69	Satisfactorio
E783	144,00	1,08	Satisfactorio
F4D1	154,50	2,12	Cuestionable
D6AE	162,50	2,90	Cuestionable
8E0A	175,50	4,18	Insatisfactorio
33B0	195,00	6,10	Insatisfactorio

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

9.1.7. Tiempo de fraguado final

Parámetro	Valor asignado por Media de Lab. Acreditados		
	Valor min	Dispersión (σ_{pt})	Incertidumbre U_{pt} min
Tiempo de fraguado final	266,25	24,83	16,59

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

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.00	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 20 de 44	Vigente desde: 2023-04-10	

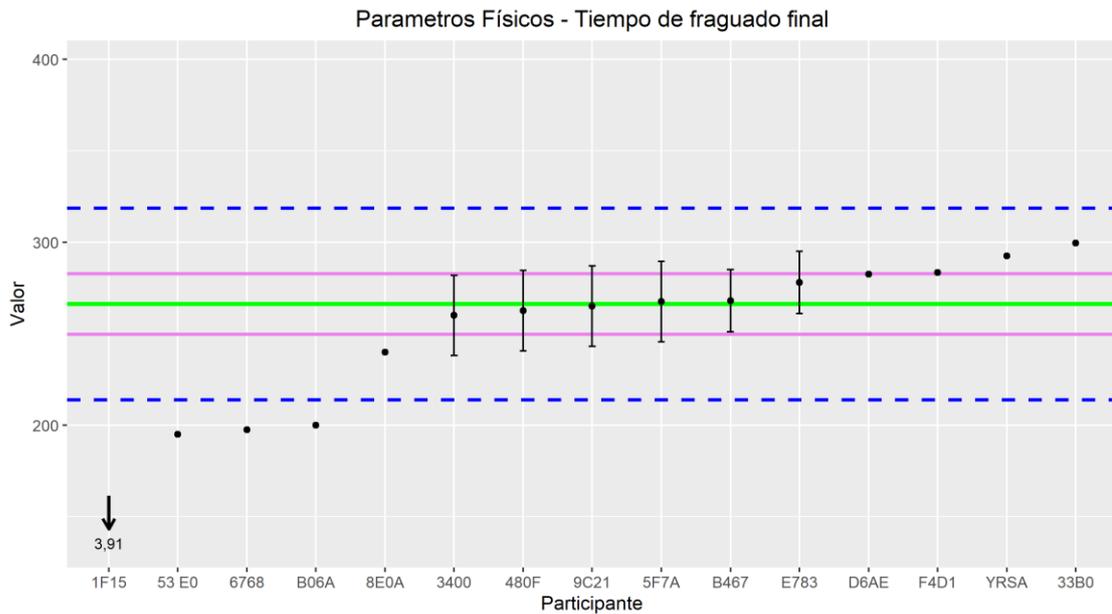


Gráfico 43. Valores reportados por los participantes (puntos negros), incertidumbres asociadas (barras negras), valor asignado (línea verde), estadístico de dispersión multiplicado por 2 (línea segmentada azul) e incertidumbre expandida (línea violeta).

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

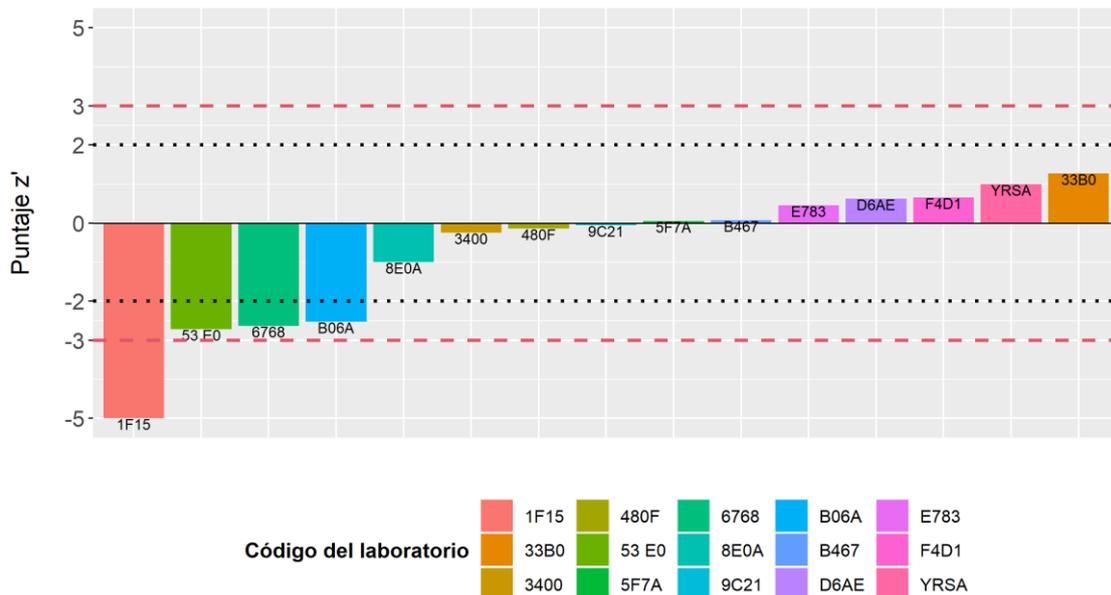


Gráfico 14. Evaluación de desempeño de los participantes (Nota. Los valores insatisfactorios que salen de la escala no son visualizados).

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

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.00	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 21 de 44	Vigente desde: 2023-04-10	

Participante	Resultado reportado min	Puntaje z	Resultado de evaluación
1F15	3,91	-10,02	Insatisfactorio
53 E0	195,00	-2,72	Cuestionable
6768	197,50	-2,63	Cuestionable
B06A	200,00	-2,53	Cuestionable
8E0A	240,00	-1,00	Satisfactorio
3400	260,00	-0,24	Satisfactorio
480F	262,50	-0,14	Satisfactorio
9C21	265,00	-0,05	Satisfactorio
5F7A	267,50	0,05	Satisfactorio
B467	268,00	0,07	Satisfactorio
E783	278,00	0,45	Satisfactorio
D6AE	282,50	0,62	Satisfactorio
F4D1	283,50	0,66	Satisfactorio
YRSA	292,50	1,00	Satisfactorio
33B0	299,50	1,27	Satisfactorio

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

9.1.8. Estabilidad volumétrica (Le Chatelier)

Parámetro	Valor asignado por Media de Lab. Acreditados		
	Valor mm	Dispersión (σ_{pt})	Incertidumbre U_{pt} mm
Estabilidad volumétrica (Le Chatelier)	0,495	0,319	0,221

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

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.00	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 22 de 44	Vigente desde: 2023-04-10	

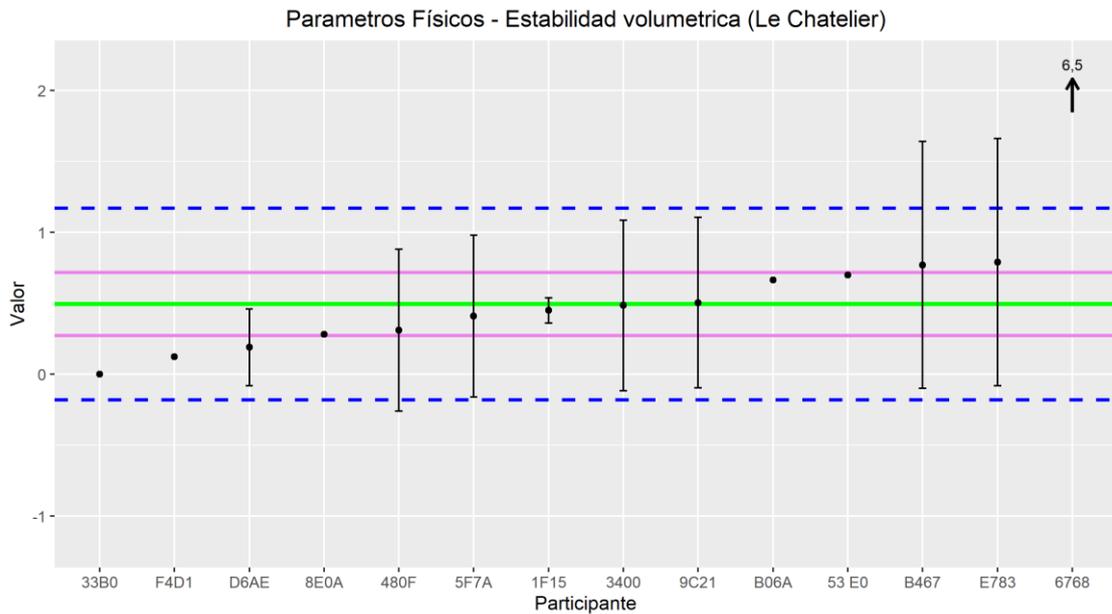


Gráfico 55. Valores reportados por los participantes (puntos negros), incertidumbres asociadas (barras negras), valor asignado (línea verde), estadístico de dispersión multiplicado por 2 (línea segmentada azul) e incertidumbre expandida (línea violeta).

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

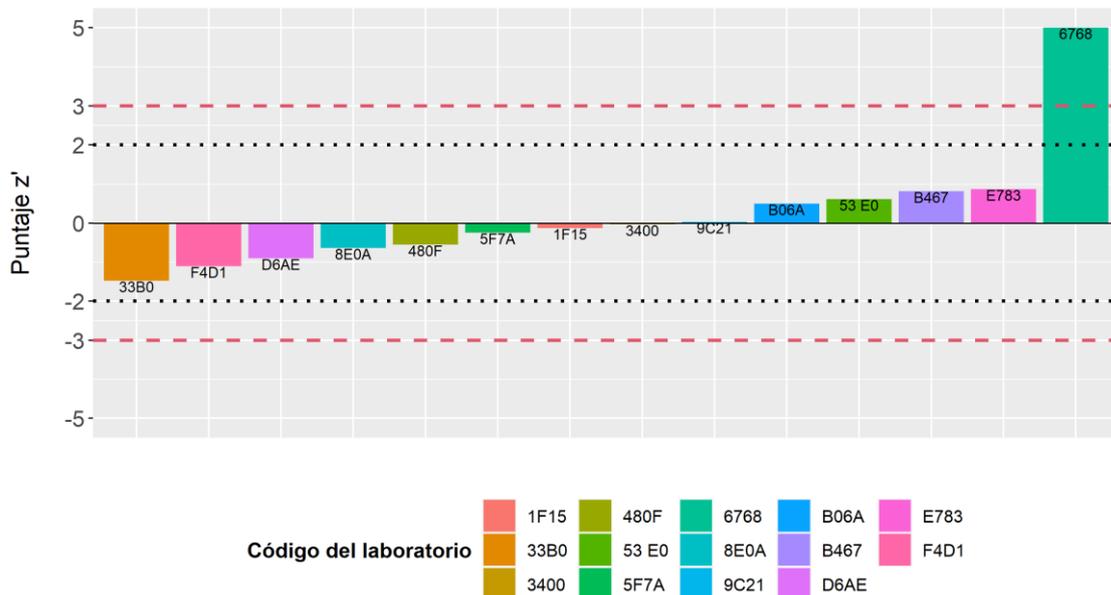


Gráfico 16. Evaluación de desempeño de los participantes (Nota. Los valores insatisfactorios que salen de la escala no son visualizados).

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

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.00	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 23 de 44	Vigente desde: 2023-04-10	

Participante	Resultado reportado mm	Puntaje z	Resultado de evaluación
33B0	0,000	-1,47	Satisfactorio
F4D1	0,125	-1,10	Satisfactorio
D6AE	0,190	-0,90	Satisfactorio
8E0A	0,280	-0,64	Satisfactorio
480F	0,310	-0,55	Satisfactorio
5F7A	0,410	-0,25	Satisfactorio
1F15	0,450	-0,13	Satisfactorio
3400	0,485	-0,03	Satisfactorio
9C21	0,505	0,03	Satisfactorio
B06A	0,665	0,50	Satisfactorio
53 E0	0,700	0,61	Satisfactorio
B467	0,770	0,82	Satisfactorio
E783	0,790	0,87	Satisfactorio
6768	6,500	17,80	Insatisfactorio

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

9.1.9. Ensayo de expansión en autoclave

Parámetro	Valor asignado por consenso		
	Valor % (mm/ 100 mm)	Dispersión (σ_{pt})	Incertidumbre U_{pt} % (mm/ 100 mm)
Ensayo de expansión en autoclave	0,0727	0,0256	0,0213

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

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.00	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 24 de 44	Vigente desde: 2023-04-10	

Parametros Físicos - Ensayo de expansion en autoclave

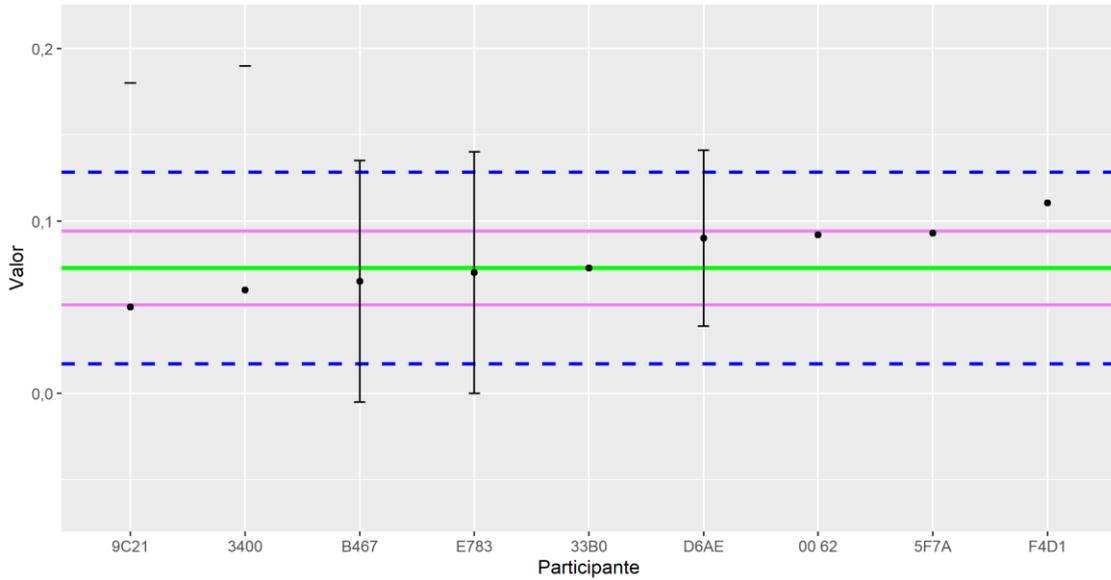


Gráfico 67. Valores reportados por los participantes (puntos negros), incertidumbres asociadas (barras negras), valor asignado (línea verde), estadístico de dispersión multiplicado por 2 (línea segmentada azul) e incertidumbre expandida (línea violeta).

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

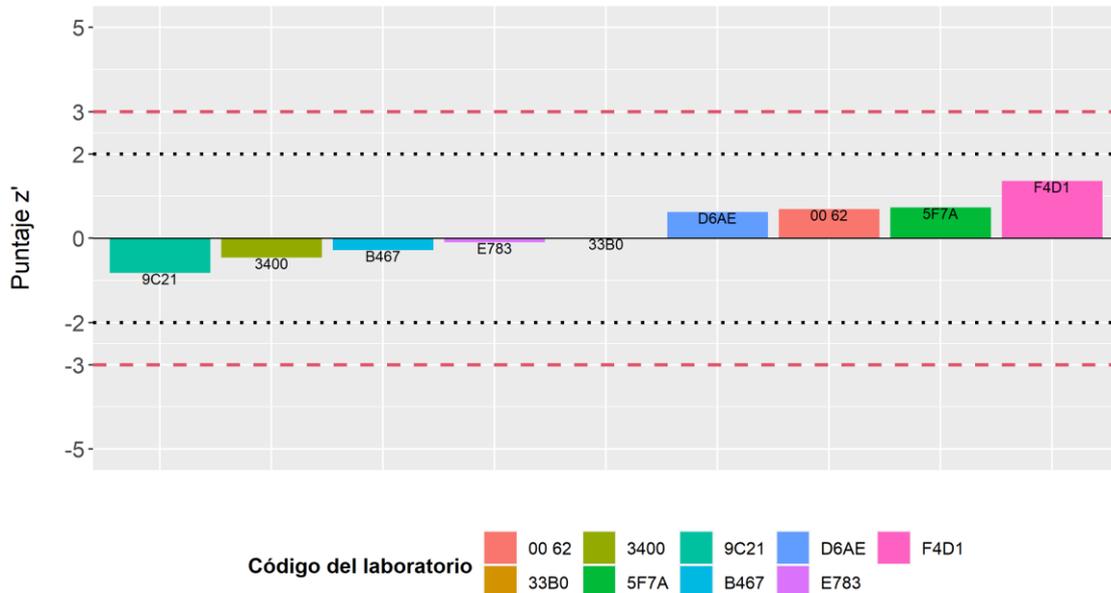


Gráfico 18. Evaluación de desempeño de los participantes (Nota. Los valores insatisfactorios que salen de la escala no son visualizados).

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

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.00	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 25 de 44	Vigente desde: 2023-04-10	

Participante	Resultado reportado % (mm/ 100 mm)	Puntaje z	Resultado de evaluación
9C21	0,050	-0,82	Satisfactorio
3400	0,060	-0,46	Satisfactorio
B467	0,065	-0,28	Satisfactorio
E783	0,070	-0,10	Satisfactorio
33B0	0,073	0,00	Satisfactorio
D6AE	0,090	0,62	Satisfactorio
00 62	0,092	0,69	Satisfactorio
5F7A	0,093	0,73	Satisfactorio
F4D1	0,110	1,36	Satisfactorio

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

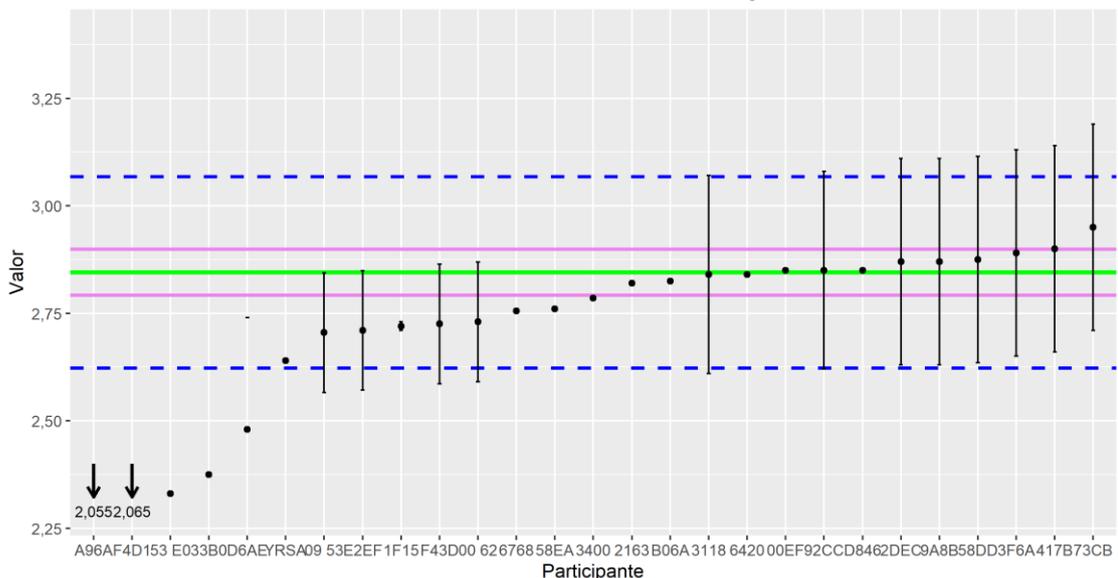
9.2. Parámetro Químicos

9.2.1. Oxido de magnesio

Parámetro	Valor asignado por Media de Lab. Acreditados		
	Valor g/100 g	Dispersión (σ_{pt})	Incertidumbre U_{pt} g/100 g
Oxido de magnesio	2,85	0,111	0,054

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

Parametros Químicos - Oxido de magnesio



DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.00	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 26 de 44	Vigente desde: 2023-04-10	

Gráfico 79. 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.

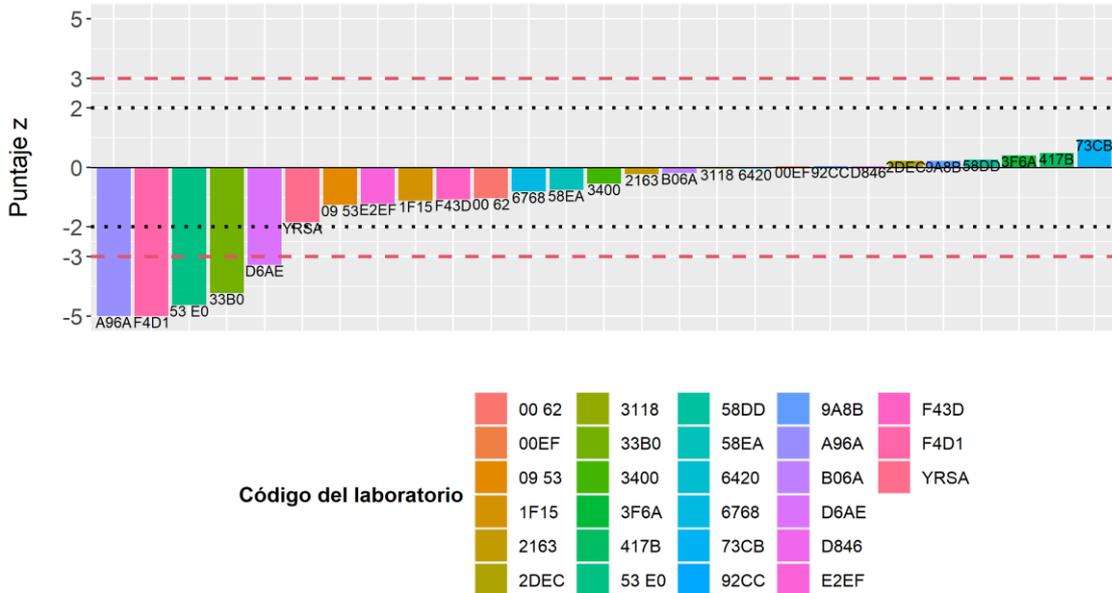


Gráfico 80. Evaluación de desempeño de los participantes (Nota. Los valores insatisfactorios que salen de la escala no son visualizados).

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
A96A	2,055	-7,10	Insatisfactorio
F4D1	2,065	-7,01	Insatisfactorio
53 E0	2,330	-4,63	Insatisfactorio
33B0	2,375	-4,23	Insatisfactorio
D6AE	2,480	-3,28	Insatisfactorio
YRSA	2,640	-1,84	Satisfactorio
09 53	2,705	-1,26	Satisfactorio
E2EF	2,710	-1,21	Satisfactorio
1F15	2,720	-1,12	Satisfactorio
F43D	2,725	-1,08	Satisfactorio
00 62	2,730	-1,03	Satisfactorio
6768	2,755	-0,81	Satisfactorio
58EA	2,760	-0,76	Satisfactorio

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.00	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 27 de 44	Vigente desde: 2023-04-10	

Participante	Resultado reportado g/100 g	Puntaje z	Resultado de evaluación
3400	2,785	-0,54	Satisfactorio
2163	2,820	-0,22	Satisfactorio
B06A	2,825	-0,18	Satisfactorio
3118	2,840	-0,04	Satisfactorio
6420	2,840	-0,04	Satisfactorio
92CC	2,850	0,04	Satisfactorio
D846	2,850	0,04	Satisfactorio
00EF	2,850	0,04	Satisfactorio
2DEC	2,870	0,22	Satisfactorio
9A8B	2,870	0,22	Satisfactorio
58DD	2,875	0,27	Satisfactorio
3F6A	2,890	0,40	Satisfactorio
417B	2,900	0,49	Satisfactorio
73CB	2,950	0,94	Satisfactorio

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

9.2.2. Pérdida por calcinación

Parámetro	Valor asignado por Media de Lab. Acreditados		
	Valor g/100 g	Dispersión (σ_{pt})	Incertidumbre U_{pt} g/100 g
Perdida por calcinación	2,767	0,074	0,036

Tabla 42. Valor asignado, estadístico de dispersión para la evaluación de desempeño e incertidumbre expandida.

Parametros Químicos - Perdida por calcinación

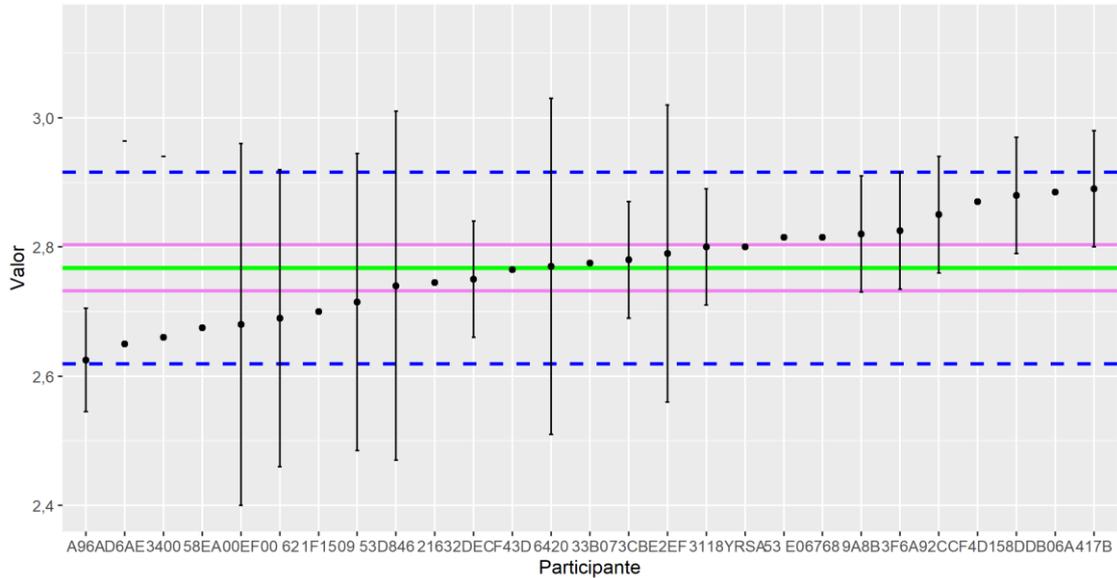


Gráfico 29. Valores reportados por los participantes (puntos negros), incertidumbres asociadas (barras negras), valor asignado (línea verde), estadístico de dispersión multiplicado por 2 (línea segmentada azul) e incertidumbre expandida (línea violeta).

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

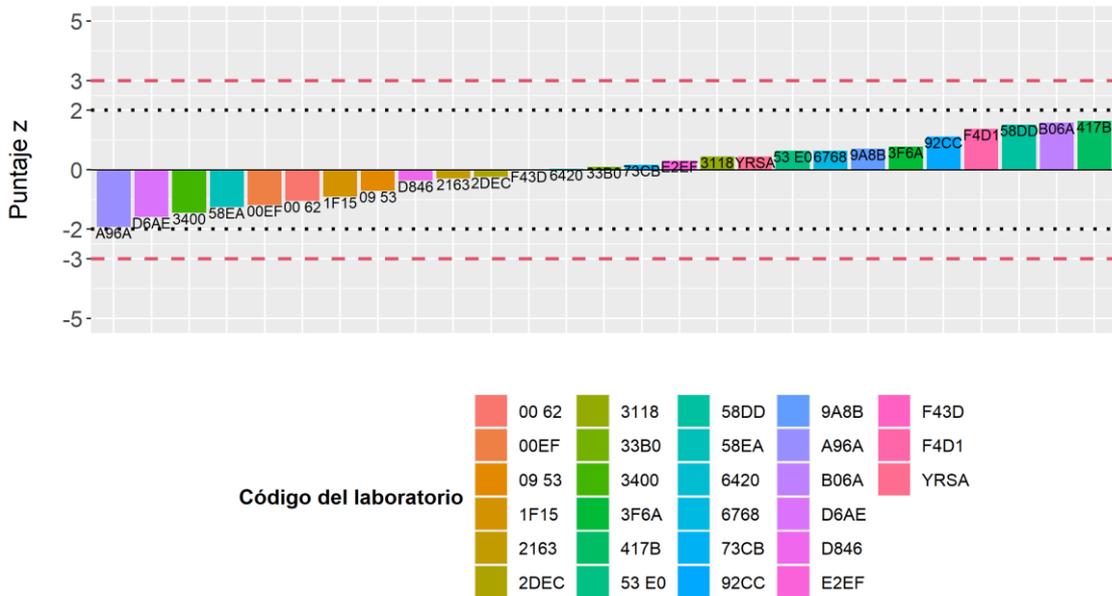


Gráfico 102. Evaluación de desempeño de los participantes (Nota. Los valores insatisfactorios que salen de la escala no son visualizados).

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

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.00	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 29 de 44	Vigente desde: 2023-04-10	

Participante	Resultado reportado g/100 g	Puntaje z	Resultado de evaluación
A96A	2,625	-1,92	Satisfactorio
D6AE	2,650	-1,59	Satisfactorio
3400	2,660	-1,45	Satisfactorio
58EA	2,675	-1,25	Satisfactorio
00EF	2,680	-1,18	Satisfactorio
00 62	2,690	-1,05	Satisfactorio
1F15	2,700	-0,91	Satisfactorio
09 53	2,715	-0,71	Satisfactorio
D846	2,740	-0,37	Satisfactorio
2163	2,745	-0,30	Satisfactorio
2DEC	2,750	-0,24	Satisfactorio
F43D	2,765	-0,03	Satisfactorio
6420	2,770	0,03	Satisfactorio
33B0	2,775	0,10	Satisfactorio
73CB	2,780	0,17	Satisfactorio
E2EF	2,790	0,30	Satisfactorio
3118	2,800	0,44	Satisfactorio
YRSA	2,800	0,44	Satisfactorio
6768	2,815	0,64	Satisfactorio
53 E0	2,815	0,64	Satisfactorio
9A8B	2,820	0,71	Satisfactorio
3F6A	2,825	0,78	Satisfactorio
92CC	2,850	1,11	Satisfactorio
F4D1	2,870	1,38	Satisfactorio
58DD	2,880	1,52	Satisfactorio
B06A	2,885	1,59	Satisfactorio
417B	2,890	1,65	Satisfactorio

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

9.2.3. Residuo insoluble

Parámetro	Valor asignado por Media de Lab. Acreditados		
	Valor g/100 g	Dispersión (σ_{pt})	Incertidumbre U_{pt} g/100 g
Residuo insoluble	8,587	0,126	0,061

Tabla 64. Valor asignado, estadístico de dispersión para la evaluación de desempeño e incertidumbre expandida.

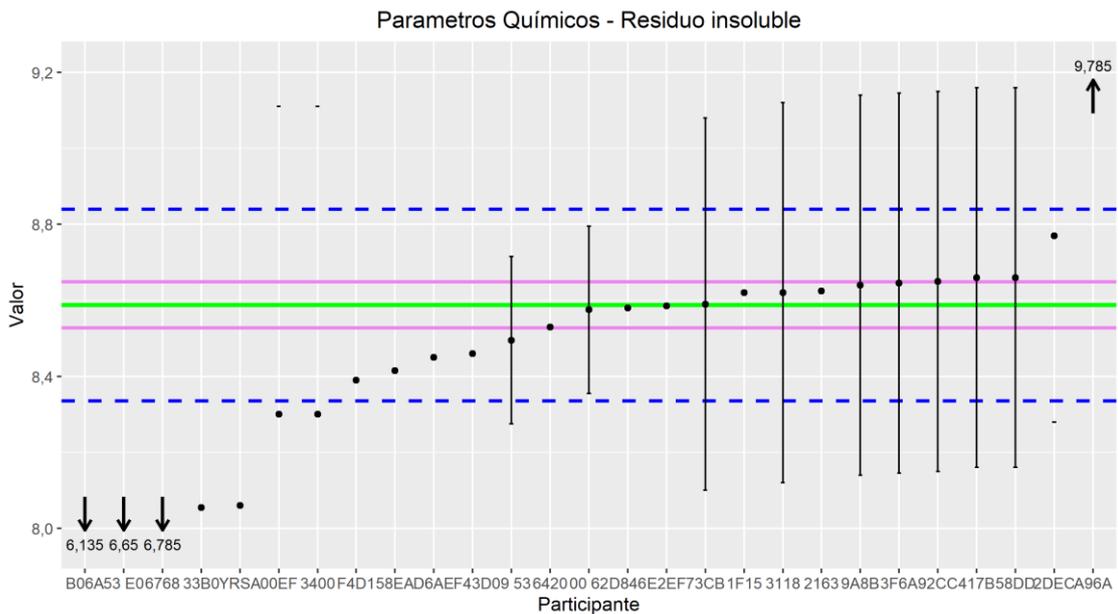


Gráfico 23. Valores reportados por los participantes (puntos negros), incertidumbres asociadas (barras negras), valor asignado (línea verde), estadístico de dispersión multiplicado por 2 (línea segmentada azul) e incertidumbre expandida (línea violeta).

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

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.00	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 31 de 44	Vigente desde: 2023-04-10	

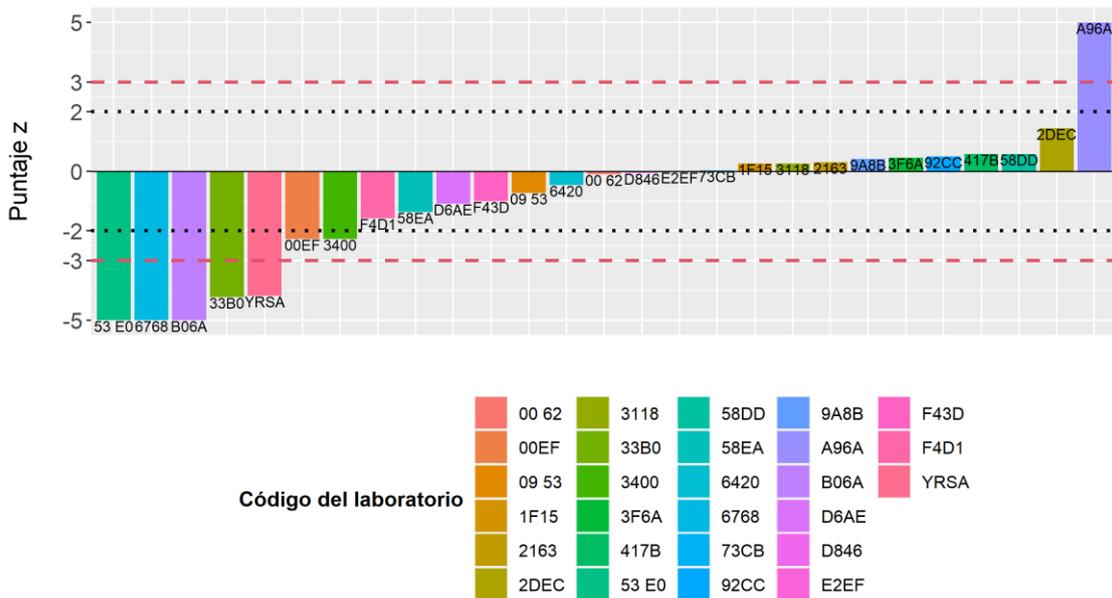


Gráfico 114. Evaluación de desempeño de los participantes (Nota. Los valores insatisfactorios que salen de la escala no son visualizados).

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
B06A	6,135	-19,46	Insatisfactorio
53 E0	6,650	-15,37	Insatisfactorio
6768	6,785	-14,30	Insatisfactorio
33B0	8,055	-4,23	Insatisfactorio
YRSA	8,060	-4,19	Insatisfactorio
00EF	8,300	-2,28	Cuestionable
3400	8,300	-2,28	Cuestionable
F4D1	8,390	-1,57	Satisfactorio
58EA	8,415	-1,37	Satisfactorio
D6AE	8,450	-1,09	Satisfactorio
F43D	8,460	-1,01	Satisfactorio
09 53	8,495	-0,73	Satisfactorio
6420	8,530	-0,46	Satisfactorio
00 62	8,575	-0,10	Satisfactorio
D846	8,580	-0,06	Satisfactorio
E2EF	8,585	-0,02	Satisfactorio
73CB	8,590	0,02	Satisfactorio

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.00	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 32 de 44	Vigente desde: 2023-04-10	

Participante	Resultado reportado g/100 g	Puntaje z	Resultado de evaluación
3118	8,620	0,26	Satisfactorio
1F15	8,620	0,26	Satisfactorio
2163	8,625	0,30	Satisfactorio
9A8B	8,640	0,42	Satisfactorio
3F6A	8,645	0,46	Satisfactorio
92CC	8,650	0,50	Satisfactorio
417B	8,660	0,58	Satisfactorio
58DD	8,660	0,58	Satisfactorio
2DEC	8,770	1,45	Satisfactorio
A96A	9,785	9,50	Insatisfactorio

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

9.2.4. Trióxido de azufre

Parámetro	Valor asignado por Media de Lab. Acreditados		
	Valor (g/100 g)	Dispersión (σ_{pt})	Incertidumbre U_{pt} (g/100 g)
Trióxido de azufre	2,882	0,055	0,027

Tabla 76. Valor asignado, estadístico de dispersión para la evaluación de desempeño e incertidumbre expandida.

Parametros Químicos - Trióxido de azufre

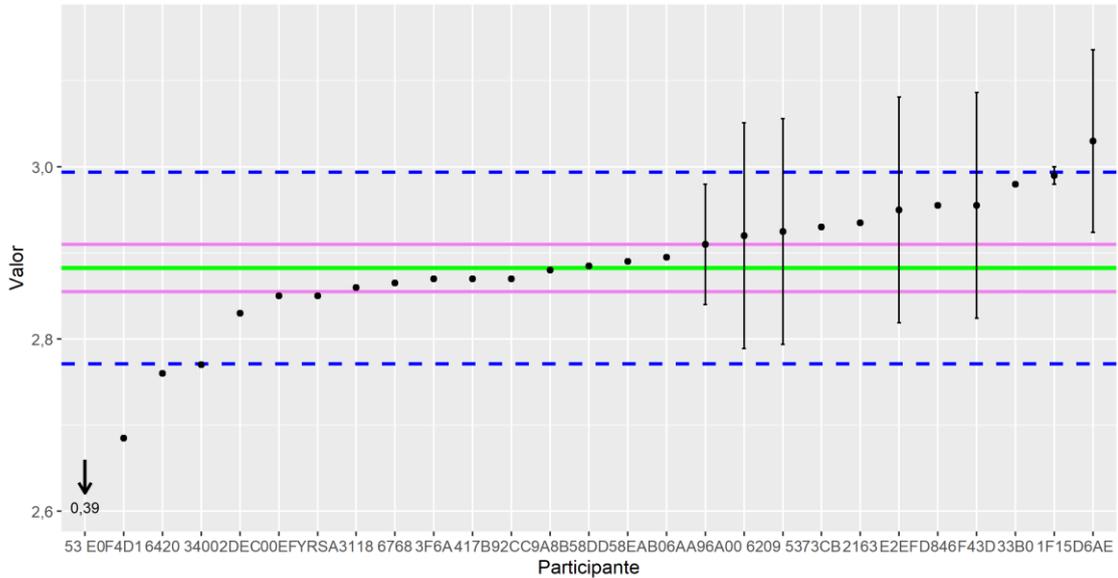


Gráfico 25. Valores reportados por los participantes (puntos negros), incertidumbres asociadas (barras negras), valor asignado (línea verde), estadístico de dispersión multiplicado por 2 (línea segmentada azul) e incertidumbre expandida (línea violeta).

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

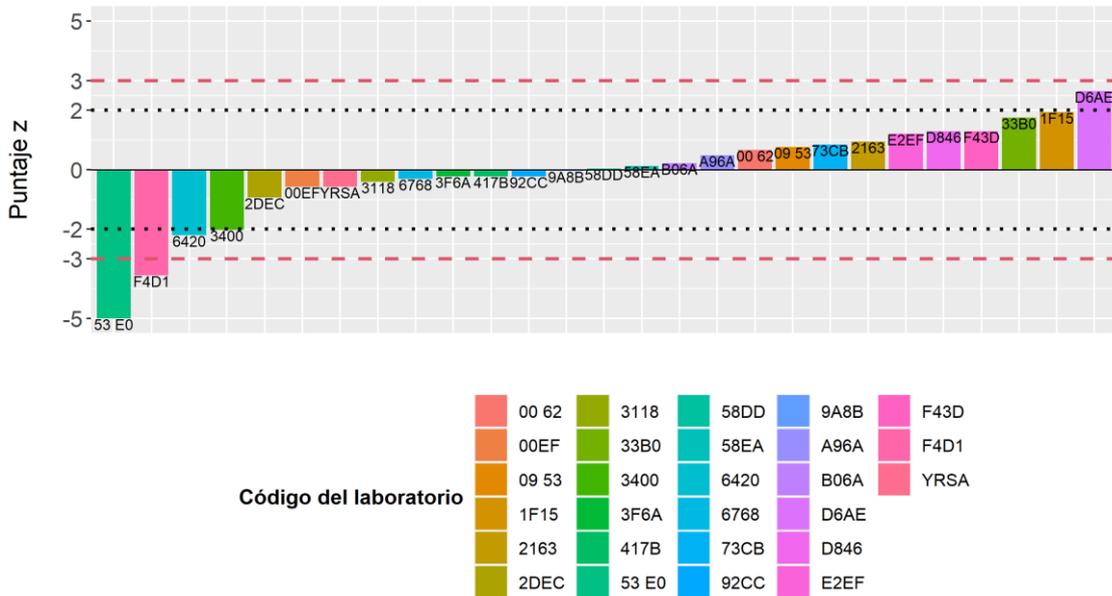


Gráfico 126. Evaluación de desempeño de los participantes (Nota. Los valores insatisfactorios que salen de la escala no son visualizados).

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

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.00	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 34 de 44	Vigente desde: 2023-04-10	

Participante	Resultado reportado (g/100 g)	Puntaje z	Resultado de evaluación
53 E0	0,390	-44,83	Insatisfactorio
F4D1	2,685	-3,55	Insatisfactorio
6420	2,760	-2,20	Cuestionable
3400	2,770	-2,02	Cuestionable
2DEC	2,830	-0,94	Satisfactorio
00EF	2,850	-0,58	Satisfactorio
YRSA	2,850	-0,58	Satisfactorio
3118	2,860	-0,40	Satisfactorio
6768	2,865	-0,31	Satisfactorio
92CC	2,870	-0,22	Satisfactorio
3F6A	2,870	-0,22	Satisfactorio
417B	2,870	-0,22	Satisfactorio
9A8B	2,880	-0,04	Satisfactorio
58DD	2,885	0,04	Satisfactorio
58EA	2,890	0,13	Satisfactorio
B06A	2,895	0,22	Satisfactorio
A96A	2,910	0,49	Satisfactorio
00 62	2,920	0,67	Satisfactorio
09 53	2,925	0,76	Satisfactorio
73CB	2,930	0,85	Satisfactorio
2163	2,935	0,94	Satisfactorio
E2EF	2,950	1,21	Satisfactorio
F43D	2,955	1,30	Satisfactorio
D846	2,955	1,30	Satisfactorio
33B0	2,980	1,75	Satisfactorio
1F15	2,990	1,93	Satisfactorio
D6AE	3,030	2,65	Cuestionable

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

10 LABORATORIOS PARTICIPANTES

En este ensayo de aptitud se registró la participación de 10 laboratorios de diferentes departamentos de Bolivia y un laboratorio de Perú. Es importante resaltar que la información de la tabla N° 28 es solamente un indicativo del número de laboratorios

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.00	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 35 de 44	Vigente desde: 2023-04-10	

participantes en el presente ensayo de aptitud, no está asociada a los códigos de participación de los laboratorios.

EMPRESA/INSTITUCIÓN	DEPARTAMENTO
EMPRESA PUBLICA PRODUCTIVA CEMENTOS DE BOLIVIA - ECEBOL	ORURO
FANCESA	CHUQUISACA
INSTITUTO DE ENSAYO DE MATERIALES - UMSA	LA PAZ
LABORATORIO CONTROL DE CALIDAD ITACAMBA CEMENTO	SANTA CRUZ
LABORATORIO EL PUENTE - SOBOCE S.A.	TARIJA
LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD PLANTA WARNES - SOBOCE S.A.	SANTA CRUZ
LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD PLANTA VIACHA - SOBOCE S.A.	LA PAZ
LABOMATGROUP SRL	LA PAZ
COBOCE	COCHABAMBA
IBNOLAB-IBNORCA	LA PAZ
LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD DE YURA	PERÚ

Tabla 28. Participantes del Ensayo de aptitud EQ-0152.

11 OBSERVACIONES GENERALES SOBRE EL DESEMPEÑO DE LOS LABORATORIOS

- Todos los laboratorios participantes recogieron los ítems de ensayo y reportaron sus resultados en las fechas establecidas en el Protocolo, dos laboratorios participantes reportaron inconveniente con el estado de los ítems de ensayo debido que no se presentaba un cerrado completo del balde.
- No todos los participantes reportaron la incertidumbre estimada de sus mediciones, 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.
- Se recomienda tener en cuenta las estimaciones de la incertidumbre y su correspondiente reporte en las mediciones finales. Como regla general, cuando la incertidumbre estimada es más pequeña que la incertidumbre del valor asignado (u_{pt}) o es mayor a dos veces la desviación estándar del ensayo de aptitud (σ_{pt}), entonces se recomienda al participante revisar la causa raíz de la subestimación o sobre-estimación de la incertidumbre estimada.

12 CONCLUSIONES

- Los valores de referencia en Resistencia a la Compresión, Superficie específica de Blaine Mínima, Estabilidad Volumétrica, Tiempo de fraguado, Oxido de Magnesio, Pérdida por calcinación, Residuos insolubles, Trióxido de azufre, fueron asignados por consenso mediante estadística robusta establecida en la Norma ISO 13528 "Statistical methods for use in proficiency testing by interlaboratory comparisons".
- Se utilizó el puntaje z o z' según corresponda, para la evaluación del desempeño, los cuales se calcularon según lo descrito en la sección 8 de este informe.
- Se logró brindar a los participantes una herramienta para evaluar su desempeño y demostrar su competencia técnica para realizar los ensayos de parámetros

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.00	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 36 de 44	Vigente desde: 2023-04-10	

físicoquímicos y metales en agua de consumo contemplados 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.
- Los participantes que presentan un desempeño insatisfactorio y cuestionable deben realizar un análisis crítico en la evaluación de sus resultados a fin identificar las posibles causas y tomar acciones correctivas según su sistema de calidad.

13 RECOMENDACIONES

- Se recomienda, 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.
- Es recomendable contar con métodos de ensayo validados, tener implementado un procedimiento de control interno de calidad y llevar a cabo 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.

14 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

NB/ISO/IEC 17043:2023. "Evaluación de la Conformidad – Requisitos generales para los Ensayos de Aptitud".

ISO 13528 (2022). Statistical methods for use in proficiency testing by interlaboratory comparisons

ILAC G13 (2007). Guidelines for the Requirement for the Competence of Providers Proficiency Testing Schemes.

ISO/IEC 17025 (2017). General requirements for the competence of calibration and testing laboratories.

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.

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.00	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 37 de 44	Vigente desde: 2023-04-10	

ANEXOS

ANEXO 1: MÉTODOS Y MATERIALES DE REFERENCIA REPORTADOS POR LOS PARTICIPANTES

Tabla A1: Métodos usados reportados por los participantes en Ensayos Físicos

COD	Resistencia a la compresión 3 días	Resistencia a la compresión 7 días	Resistencia a la compresión 28 días	Tamiz 325	Superficie específica de Blaine Mínima	Tiempo de fraguado inicial	Tiempo de fraguado final	Estabilidad volumétrica (Le Chatelier)	Ensayo de expansión en autoclave
33B0	NB 470	NB 470	NB 470	ASTM C430	NB 472	NB 063	NB 063	NB 643	NB 471
F4D1	NB 470	NB 470	NB 470	ASTM C430	NB 472	NB 063	NB 063	NB 643	NB 471
IB72	NB 470	NB 470	NB 470	-	-	-	-	-	-
C072	NB 470	NB 470	NB 470	-	-	-	-	-	-
1F15	NB 470 (ICL.504)	NB 470 (ICL.504)	NB 470 (ICL.504)	-	NB 472 (ICL.506)	NB 063 (ICL.502)	NB 063 (ICL.502)	NB 643	-
8E0A	NB 470	NB 470	NB 470	ASTM C430	NB 472	NB 063	NB 063	NB 643	-
6768	NB 470	NB 470	NB 470	ASTM C430	NB 472	NB 063	NB 063	NB 643	-
53 E0	NB 470	NB 470	NB 470	ASTM C430	NB 472	NB 063	NB 063	NB 643	-
B06A	NB 470	NB 470	NB 470	ASTM C430	NB 472	NB 063	NB 063	NB 643	-
6420	-	-	-	ASTM C430	NB 472	-	-	-	-
9C21	NB 470	NB 470	NB 470	ASTM C430	NB 472	NB 063	NB 063	NB 643	NB 471
D846	-	-	-	ASTM C430	NB 472	-	-	-	-
00EF	-	-	-	ASTM C430	NB 472	-	-	-	-
3400	NB 470	NB 470	NB 470	ASTM C430	NB 472	NB 063	NB 063	NB 643	NB 471
D6AE	NB 470 ASTM C109	NB 470 ASTM C109	NB 470 ASTM C109	ASTM C430	ASTM C 430	NB 063 ASTM C191	NB 063 ASTM C191	NB 643 EN 196-3	NB 471 ASTM C151
92CC	-	-	-	ASTM C430	NB 472	-	-	-	-
3118	-	-	-	ASTM C430	NB 472	-	-	-	-
3F6A	-	-	-	ASTM C430	NB 472	-	-	-	-
2DEC	-	-	-	ASTM C430	NB 472	-	-	-	-
73CB	-	-	-	ASTM C430	NB 472	-	-	-	-
9A8B	-	-	-	ASTM C430	NB 472	-	-	-	-
417B	-	-	-	ASTM C430	NB 472	-	-	-	-
58DD	-	-	-	ASTM C430	NB 472	-	-	-	-
B467	NB 470	NB 470	NB 470	ASTM C430	NB 472	NB 063	NB 063	NB 643	NB 471
E783	NB 470	NB 470	NB 470	ASTM C430	NB 472	NB 063	NB 063	NB 643	NB 471
00 62	NB 470	NB 470	NB 470	ASTM C430	NB 472	-	-	-	NB 471
09 53	-	-	-	No indica	NB 472	-	-	-	-
480F	NB 470	NB 470	NB 470	ASTM C430	NB 472	NB 063	NB 063	NB 643	-
5F7A	NB 470	NB 470	NB 470	ASTM C430	NB 472	NB 063	NB 063	NB 643	NB 471

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.00	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 39 de 44	Vigente desde: 2023-04-10	

Tabla A2: Material de Referencia usado reportado por los participantes en Ensayos Físicos

COD	Resistencia a la compresión 3 días	Resistencia a la compresión 7 días	Resistencia a la compresión 28 días	Tamiz 325	Superficie específica de Blaine Mínima	Tiempo de fraguado inicial	Tiempo de fraguado final	Estabilidad volumétrica (Le Chatelier)	Ensayo de expansión en autoclave
33B0	Arena Tipo Ottawa / Fabricante: IBCH			-	SRM 114q / NIST	-	-	-	-
F4D1	Arena Tipo Ottawa / Fabricante: IBCH			-	SRM 114q / NIST	-	-	-	-
IB72	Arena Tipo Ottawa / Fabricante: IBCH			-	-	-	-	-	-
C072	OTTAWA / Fabricante: ELE SOILTEST (PROVEEDOR)			-	-	-	-	-	-
1F15	Arena Tipo Ottawa / Fabricante: IBCH			-	-	-	-	-	-
8EOA	-			-	-	-	-	-	-
6768	Arena Tipo Ottawa / Fabricante: IBCH			-	SRM 46h / NIST	-	-	-	-
53 E0	Arena Tipo Ottawa / Fabricante: IBCH			-	SRM 46h / NIST	-	-	-	-
B06A	Arena Tipo Ottawa / Fabricante: IBCH			-	SRM 46h / NIST	-	-	-	-
6420	-	-	-	-	SRM 46h / NIST	-	-	-	-
9C21	-	-	-	-	SRM 46h / NIST	-	-	-	-
D846	-	-	-	-	SRM 46h / NIST	-	-	-	-
00EF	-	-	-	-	SRM 46h / NIST	-	-	-	-
3400	-	-	-	-	SRM 46h / NIST	-	-	-	-
D6AE	Arena Ottawa / Fabricante: U.S. SILICA COMPANY			SRM 46h / NIST	SRM 46h / NIST	-	SRM 46h / NIST	-	-
92CC	-	-	-	SRM 46h / NIST	SRM 46h / NIST	-	-	-	-
3118	-	-	-	SRM 46h / NIST	SRM 46h / NIST	-	-	-	-
3F6A	-	-	-	SRM 46h / NIST	SRM 46h / NIST	-	-	-	-
2DEC	-	-	-	SRM 46h / NIST	SRM 46h / NIST	-	-	-	-
73CB	-	-	-	SRM 46h / NIST	SRM 46h / NIST	-	-	-	-
9A8B	-	-	-	SRM 46h / NIST	SRM 46h / NIST	-	-	-	-
417B	-	-	-	SRM 46h / NIST	SRM 46h / NIST	-	-	-	-
58DD	-	-	-	SRM 46h / NIST	SRM 46h / NIST	-	-	-	-
B467	-	-	-	SRM 46h / NIST	SRM 46h / NIST	Interno	Interno	-	-
E783	-	-	-	SRM 46h / NIST	SRM 46h / NIST	Interno	Interno	-	-
00 62	-	-	-	SRM 46h / NIST	SRM 46h / NIST	-	-	-	-
09 53	-	-	-	SRM 46h / NIST	SRM 46h / NIST	-	-	-	-
480F	-	-	-	SRM 46h / NIST	SRM 46h / NIST	-	-	-	-

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.00	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 40 de 44	Vigente desde: 2023-04-10	

Tabla A3: Métodos usados reportados por los participantes en Ensayos Químicos

COD	Oxido de Magnesio	Trióxido De Azufre	Residuo Insoluble	Perdida Por Calcinación
33B0	NB 061	NB 061	NB 061	NB 061
F4D1	NB 061	NB 061	NB 061	NB 061
1F15	NB 061(ICL.525)	NB 061(ICL.529)	NB 061(ICL.530)	NB 061 (ICL.521)
6768	XRF	XRF	NB 061	NB 061
53 E0	XRF	XRF	NB 061	NB 061
B06A	XRF	XRF	NB 061	NB 061
6420	NPT-ISO 29581-2	NPT-ISO 29581-2	NB 061	NB 061
D846	NPT-ISO 29581-2	NPT-ISO 29581-2	NB 061	NB 061
00EF	NPT-ISO 29581-2	NPT-ISO 29581-2	NB 061	NB 061
3400	NPT-ISO 29581-2	NPT-ISO 29581-2	NB 061	NB 061
D6AE	Fluorescencia de Rayos X	Fluorescencia de Rayos X	NB 061 - ASTM C114	NB 061 - ASTM C114
92CC	NTP-ISO 29581-2:2019	NTP-ISO 29581-2:2019	NB 061	NB 061
3118	NTP-ISO 29581-2:2019	NTP-ISO 29581-2:2019	NB 061	NB 061
3F6A	NTP-ISO 29581-2:2019	NTP-ISO 29581-2:2019	NB 061	NB 061
2DEC	NTP-ISO 29581-2:2019	NTP-ISO 29581-2:2019	NB 061	NB 061
73CB	NTP-ISO 29581-2:2019	NTP-ISO 29581-2:2019	NB 061	NB 061
9A8B	NTP-ISO 29581-2:2019	NTP-ISO 29581-2:2019	NB 061	NB 061
417B	NTP-ISO 29581-2:2019	NTP-ISO 29581-2:2019	NB 061	NB 061
58DD	NTP-ISO 29581-2:2019	NTP-ISO 29581-2:2019	NB 061	NB 061
A96A	NB 061	NB 061	NB061	NB061
E2EF	NTP-ISO 29581-2	NTP-ISO 29581-2	NB 060	NB 061
F43D	NTP-ISO 29581-2	NTP-ISO 29581-2	NB 061	NB 061
00 62	NTP-ISO 29581-2	NTP-ISO 29581-2	NB 061	NB 061
2163	NTP-ISO 29581-2	NTP-ISO 29581-2	NB 061	NB 061
09 53	NTP-ISO 29581-2	NTP-ISO 29581-2	NB 061	NB 061
58EA	NTP-ISO 29581-2	NTP-ISO 29581-2	NB 061	NB 061
YRSA	NTP-ISO 29581-2	NTP-ISO 29581-3	ASTM C114	ASTM C114

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.00	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 41 de 44	Vigente desde: 2023-04-10	

Tabla A4: Material de Referencia usado reportado por los participantes en Ensayos Químicos

COD	Oxido de Magnesio	Trióxido De Azufre	Residuo Insoluble	Perdida Por Calcificación
33B0	-	-	-	-
F4D1	-	-	-	-
1F15	-	-	-	-
6768	-	-	-	-
53 E0	-	-	-	-
B06A	-	-	-	-
6420	-	-	-	-
D846	-	-	-	-
00EF	-	-	-	-
D6AE	-	-	-	-
92CC	Interno	Interno	SRM 1881b / NIST	SRM 46h / NIST
3118	Interno	Interno	SRM 1881b / NIST	SRM 46h / NIST
3F6A	Interno	Interno	SRM 1881b / NIST	SRM 46h / NIST
2DEC	Interno	Interno	SRM 1881b / NIST	SRM 46h / NIST
73CB	Interno	Interno	SRM 1881b / NIST	SRM 46h / NIST
9A8B	Interno	Interno	SRM 1881b / NIST	SRM 46h / NIST
417B	Interno	Interno	SRM 1881b / NIST	SRM 46h / NIST
58DD	Interno	Interno	SRM 1881b / NIST	SRM 46h / NIST
A96A	-	-	-	-
E2EF	MRC 1880B 'FLX-CEM V03; MRC FX-CRM 103 / NIST	MRC 1880B 'FLX-CEM V03; MRC FX-CRM 103 / NIST	-	SRM 46h / NIST
F43D	MRC 1880B 'FLX-CEM V03; MRC FX-CRM 103 / NIST	MRC 1880B 'FLX-CEM V03; MRC FX-CRM 103 / NIST	-	SRM 46h / NIST
00 62	MRC 1880B 'FLX-CEM V03; MRC FX-CRM 103 / NIST	MRC 1880B 'FLX-CEM V03; MRC FX-CRM 103 / NIST	-	SRM 46h / NIST
2163	MRC 1880B 'FLX-CEM V03; MRC FX-CRM 103 / NIST	MRC 1880B 'FLX-CEM V03; MRC FX-CRM 103 / NIST	-	-
0953	MRC 1880B 'FLX-CEM V03; MRC FX-CRM 103 / NIST	MRC 1880B 'FLX-CEM V03; MRC FX-CRM 103 / NIST	-	SRM 46h / NIST
58EA	MRC 1880B 'FLX-CEM V03; MRC FX-CRM 103 / NIST	MRC 1880B 'FLX-CEM V03; MRC FX-CRM 103 / NIST	-	SRM 46h / NIST
YRSA	-	-	-	-

ANEXO 2: VALORES DE DESEMPEÑO OBTENIDOS POR CONSENSO

A continuación se presentan los Valores de Referencia, Estadístico de Dispersión e Incertidumbre expandida calculados por el consenso entre todos los laboratorios participantes.

Estas tablas se presentan de manera informativa solamente, no deben usarse para evaluar el desempeño de los laboratorios puesto que el desempeño se evaluó en la Sección 9 con los valores de referencia asignados por consenso entre Laboratorios Acreditados como lo cita la Sección 6 del presente Informe y el Protocolo del presente Ensayo de Aptitud.

Resistencia a la compresión 3 días

Parámetro	Valor asignado por consenso		
	Valor MPa	Dispersión (σ_{pt})	Incertidumbre U_{pt} MPa
Rotura por compresión a 3 días	24,17	2,41	1,42

Tabla A5. Valor asignado, estadístico de dispersión para la evaluación de desempeño e incertidumbre expandida.

Resistencia a la compresión 7 días

Parámetro	Valor asignado por consenso		
	Valor MPa	Dispersión (σ_{pt})	Incertidumbre U_{pt} MPa
Rotura por compresión a 7 días	33,02	1,85	1,09

Tabla A6. Valor asignado, estadístico de dispersión para la evaluación de desempeño e incertidumbre expandida.

Resistencia a la compresión 28 días

Parámetro	Valor asignado por consenso		
	Valor MPa	Dispersión (σ_{pt})	Incertidumbre U_{pt} MPa
Resistencia a la compresión 28 días	42,88	1,93	1,14

Tabla A7. Valor asignado, estadístico de dispersión para la evaluación de desempeño e incertidumbre expandida.

Superficie específica de Blaine Mínima

Parámetro	Valor asignado por consenso		
	Valor cm^2/g	Dispersión (σ_{pt})	Incertidumbre U_{pt} cm^2/g
Superficie específica de Blaine Mínima	24,08	2,41	1,42

Tabla A8. Valor asignado, estadístico de dispersión para la evaluación de desempeño e incertidumbre expandida.

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.00	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 43 de 44	Vigente desde: 2023-04-10	

Estabilidad Volumétrica (Le Chatelier)

Parámetro	Valor asignado por consenso		
	Valor mm	Dispersión (σ_{pt})	Incertidumbre U_{pt} mm
Estabilidad Volumétrica (Le Chatelier)	0,45	0,32	0,22

Tabla A9. Valor asignado, estadístico de dispersión para la evaluación de desempeño e incertidumbre expandida.

Tiempo de fraguado inicial

Parámetro	Valor asignado por consenso		
	Valor min	Dispersión (σ_{pt})	Incertidumbre U_{pt} min
Tiempo de fraguado final	136,25	9,64	6,44

Tabla A10. Valor asignado, estadístico de dispersión para la evaluación de desempeño e incertidumbre expandida.

Tiempo de fraguado final

Parámetro	Valor asignado por consenso		
	Valor min	Dispersión (σ_{pt})	Incertidumbre U_{pt} min
Tiempo de fraguado final	266,25	24,83	16,59

Tabla A12. Valor asignado, estadístico de dispersión para la evaluación de desempeño e incertidumbre expandida.

Oxido de Magnesio

Parámetro	Valor asignado por consenso		
	Valor g/100 g	Dispersión (σ_{pt})	Incertidumbre U_{pt} g/100 g
Oxido de magnesio	2,785	0,111	0,054

Tabla A13. Valor asignado, estadístico de dispersión para la evaluación de desempeño e incertidumbre expandida.

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.00	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 44 de 44	Vigente desde: 2023-04-10	

Pérdida por calcinación

Parámetro	Valor asignado por consenso		
	Valor g/100 g	Dispersión (σ_{pt})	Incertidumbre U_{pt} g/100 g
Pérdida por calcinación	2,775	0,074	0,036

Tabla A14. Valor asignado, estadístico de dispersión para la evaluación de desempeño e incertidumbre expandida.

Residuos insolubles

Parámetro	Valor asignado por consenso		
	Valor g/100 g	Dispersión (σ_{pt})	Incertidumbre U_{pt} g/100 g
Residuos insolubles	8,575	0,126	0,061

Tabla A15. Valor asignado, estadístico de dispersión para la evaluación de desempeño e incertidumbre expandida.

Trióxido de azufre

Parámetro	Valor asignado por consenso		
	Valor g/100 g	Dispersión (σ_{pt})	Incertidumbre U_{pt} g/100 g
Trióxido de azufre	2,887	0,055	0,027

Tabla A16. Valor asignado, estadístico de dispersión para la evaluación de desempeño e incertidumbre expandida.