

INSTITUTO BOLIVIANO DE METROLOGÍA IBMETRO



INFORME FINAL ENSAYO DE APTITUD

EQ-0172

“DETERMINACIÓN DE ELEMENTOS EN MINERALES DE ORO Y PLATA” MATRIZ: MINERALES DE ORO Y PLATA

DIRECCIÓN DE METROLOGÍA
INDUSTRIAL Y CIENTÍFICA – DMIC

Gestión 2024

Elaborado por:	Julián Ernesto Morales Alarcón	Fecha:	2024-07-29
Revisado y aprobado por:	Jose Luis Gonzales Quino	Fecha:	2024-07-30

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.01	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 2 de 37	Vigente desde: 2024-03-05	N° de Registro: 013/2024

Índice

1.	INTRODUCCIÓN.....	4
2.	ORGANIZACIÓN	4
3.	UNIDAD DE COORDINACIÓN	4
4.	OBJETIVOS.....	5
5.	DESCRIPCIÓN DE LOS ÍTEMS DE ENSAYO.....	5
6.	VALORES DE REFERENCIA	6
7.	CONFIDENCIALIDAD	7
8.	EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO	7
9.	RESULTADOS.....	8
9.1.	Antimonio en Mineral de Plata 1.....	8
9.2.	Arsénico en Mineral de Plata 1.....	9
9.3.	Cobre en Mineral de Plata 1.....	9
9.4.	Hierro en Mineral de Plata 1	11
9.5.	Plata en Mineral de Plata 1	11
9.6.	Plomo en Mineral de Plata 1	13
9.7.	Zinc en Mineral de Plata 1	14
9.8.	Antimonio en Mineral de Plata 2.....	16
9.9.	Arsénico en Mineral de Plata 2.....	17
9.10.	Bismuto en Mineral de Plata 2	19
9.11.	Cobre en Mineral de Plata 2	19
9.12.	Hierro en Mineral de Plata 2	21
9.13.	Plata en Mineral de Plata 2.....	22
9.14.	Plomo en Mineral de Plata 2.....	24
9.15.	Zinc en Mineral de Plata 2.....	25
9.16.	Antimonio en Mineral de Plata 3	27
9.17.	Arsénico en Mineral de Plata 3.....	27
9.18.	Cobre en Mineral de Plata 3	28
9.19.	Hierro en Mineral de Plata 3	29
9.20.	Plata en Mineral de Plata 3.....	30

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.01	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 3 de 37	Vigente desde: 2024-03-05	N° de Registro: 013/2024

9.21.	Plomo en Mineral de Plata 3	31
9.22.	Zinc en Mineral de Plata 3	33
9.23.	Oro en Mineral de Oro	34
10.	LABORATORIOS PARTICIPANTES	35
11.	OBSERVACIONES GENERALES SOBRE EL DESEMPEÑO DE LOS LABORATORIOS .	35
12.	CONCLUSIONES.....	36
13.	REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA	36

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.01	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 4 de 37	Vigente desde: 2024-03-05	N° de Registro: 013/2024

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 minerales de Oro y Plata 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
 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

Lic. Julian Morales – Coordinador Técnico y Responsable 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

Ing. Yamil Acho – Colaborador técnico

Lic. Jimena Torrez – Colaborador técnico

Lic. Gilda Cruz Ochoa - Colaborador Técnico

Lic. María Eugenia Marcelo Choqueticlla - Colaborador Técnico

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.01	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 5 de 37	Vigente desde: 2024-03-05	N° de Registro: 013/2024

4. OBJETIVOS

- Presentar los resultados de la evaluación del desempeño de los laboratorios participantes en el ensayo de aptitud EQ-0172 "DETERMINACIÓN DE ELEMENTOS EN MINERALES DE ORO Y PLATA" que contempla los parámetros de Plata, Plomo, Zinc, Cobre, Hierro, Antimonio, Arsénico, Bismuto y Oro 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. DESCRIPCIÓN DE LOS ÍTEMS DE ENSAYO

Identificación	Matriz	Cantidad de Muestra	Parámetros
EQ-0172 Mineral de Plata 1	Mineral de Plata	Aprox. 50 g en sobre sellado	Plata (0,4% - 2,5 %) Plomo (5% - 15 %) Zinc (12% - 22%) Cobre (5% - 15%) Hierro (5% - 20%) Antimonio (1% - 5 %) Arsénico (0,1% - 2,5%)
EQ-0172 Mineral de Plata 2	Mineral de Plata	Aprox. 50 g en sobre sellado	Plata (0,1% - 2,5%) Plomo (10% - 20 %) Zinc (10% - 20 %) Cobre (2% - 12 %) Hierro (5% - 20%) Antimonio (0,4% - 2,5%) Arsénico (0,1% - 2,5%) Bismuto (0,1% - 2,5%)
EQ-0172 Mineral de Plata 3	Mineral de Plata	Aprox. 50 g en sobre sellado	Plata (0,1% - 2,5%) Plomo (5% - 15%) Zinc (15% - 30 %) Cobre (2% - 12%)

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.01	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 6 de 37	Vigente desde: 2024-03-05	N° de Registro: 013/2024

			Hierro (5% - 20 %) Antimonio (0,4% - 2,5%) Arsénico (0,1% - 2,5%)
EQ-0172 Mineral de Oro	Mineral de Oro	Aprox. 50 g en sobre sellado	Oro (1 g/t – 50 g/t)

Tabla 1. Descripción de los ítems de ensayo

Las muestras de Mineral de Plata para el ítem de ensayo fueron proporcionadas, homogeneizadas y envasadas por la empresa Panamerican Silver S.A.
Las muestras de mineral de Oro para el ítem de ensayo fueron proporcionadas, homogeneizadas y envasadas por la empresa Laboratorio Químico Manquiri.

6. 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:

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

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

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).

Al tratarse de un Ensayo de Aptitud con un número reducido de participantes. El estimador de dispersión se obtuvo del modelo general de Horwitz el cual es independiente del número de participantes.

$$\sigma_{pt} = \begin{cases} 0,22c & \text{cuando } c < 1,2 * 10^{-7} \\ 0,02c^{0,8495} & \text{cuando } 1,2 * 10^{-7} \leq c \leq 0,138 \\ 0,01c^{0,5} & \text{cuando } c > 0,138 \end{cases} \quad (4)$$

Dónde:

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.01	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 7 de 37	Vigente desde: 2024-03-05	N° de Registro: 013/2024

c = Fracción en masa.

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

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

Siendo

s^* = desviación estandar robusta (MADE)

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 DEL DESEMPEÑO

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

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

Dónde:

x_{pt} = Valor asignado

x_i = Resultado del participante "i"

σ_{pt} = Desviación estándar para 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

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.01	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 8 de 37	Vigente desde: 2024-03-05	N° de Registro: 013/2024

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

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

Dónde:

x_{pt} = Valor asignado

x_i = Resultado del participante "i"

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

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

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

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

9. RESULTADOS

9.1. Antimonio en Mineral de Plata 1

Debido a que no se cuenta con el suficiente número de participantes para realizar una asignación del valor por consenso en este parámetro no es posible realizar una evaluación del desempeño. Sin embargo, en el siguiente cuadro se muestran los resultados reportados por los participantes de manera informativa.

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.01	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 9 de 37	Vigente desde: 2024-03-05	N° de Registro: 013/2024

Participante	Resultado reportado (g/100g)
365C	2,84
C18D	2,94

Tabla 2. Códigos de participantes, resultados reportados, estadístico de evaluación y resultado de la Evaluación de desempeño

9.2. Arsénico en Mineral de Plata 1

Debido a que no se cuenta con el suficiente número de participantes para realizar una asignación del valor por consenso en este parámetro no es posible realizar una evaluación del desempeño. Sin embargo, en el siguiente cuadro se muestran los resultados reportados por los participantes de manera informativa.

Participante	Resultado reportado (g/100g)
C18D	0,385
365C	0,445

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

9.3. Cobre en Mineral de Plata 1

Parámetro	Valor asignado		
	Valor (g/100g)	Dispersión (σ_{pt})	Incertidumbre Expandida (g/100g)
Cobre	10,68	0,3	0,16

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

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.01	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 10 de 37	Vigente desde: 2024-03-05	N° de Registro: 013/2024

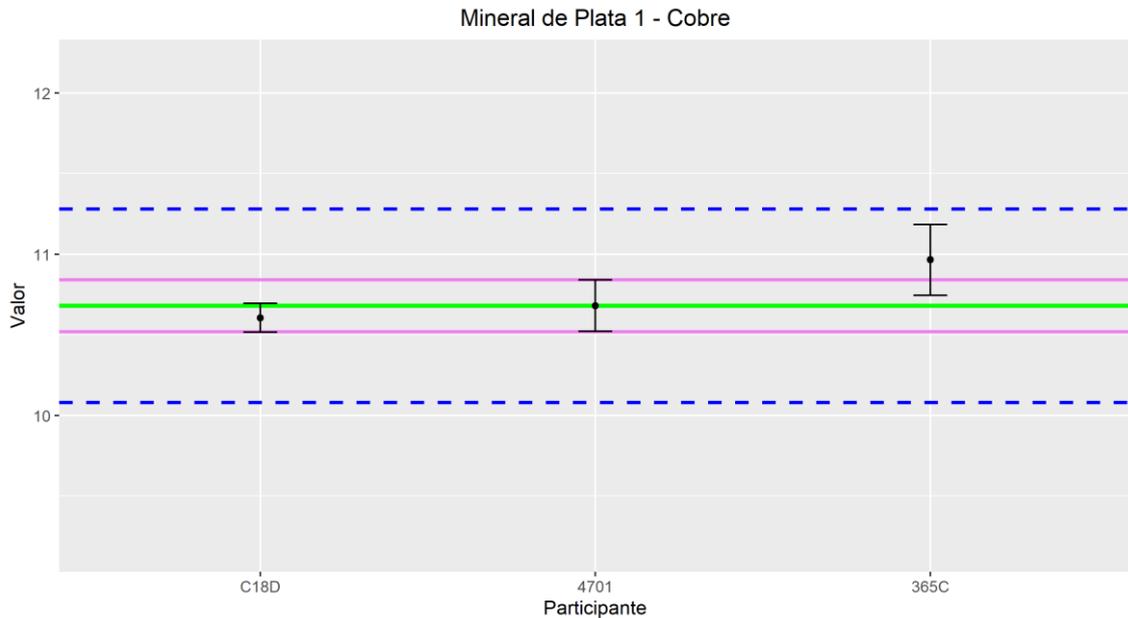


Gráfico 1. Valores reportados por los participantes (puntos negros), incertidumbres asociadas (barras negras), valor asignado (línea verde), estadístico de dispersión multiplicado por 2 (línea segmentada azul) e incertidumbre expandida (línea violeta).

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

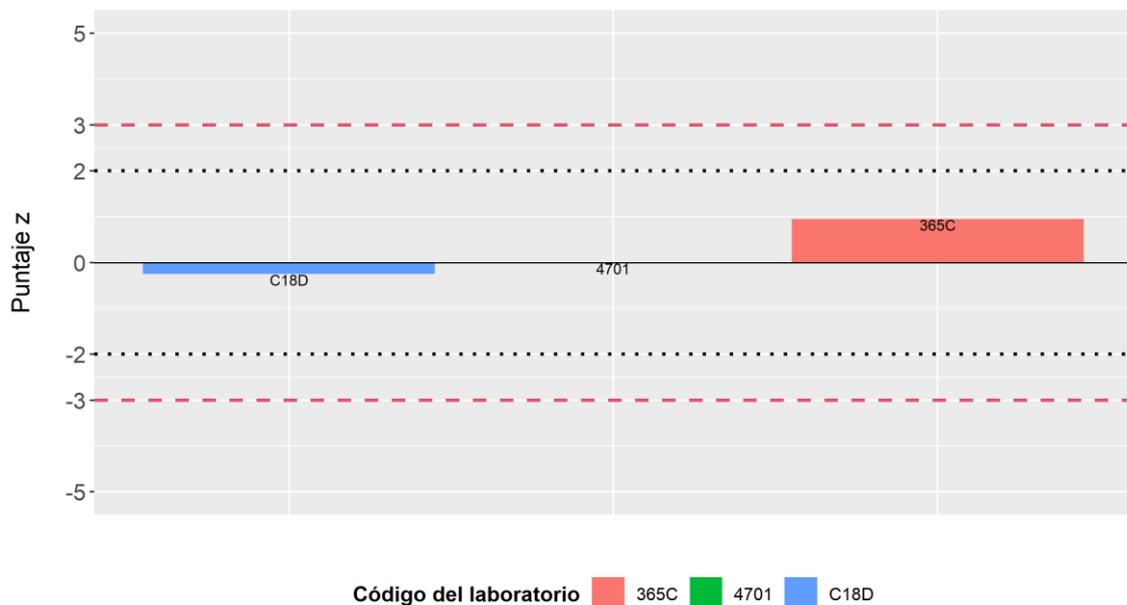


Gráfico 2. Evaluación de desempeño de los participantes (Nota. Los valores insatisfactorios que salen de la escala no son visualizados).

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

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.01	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 11 de 37	Vigente desde: 2024-03-05	N° de Registro: 013/2024

Participante	Resultado reportado	Puntaje z	Resultado de evaluación
C18D	10,605	-0,25	Satisfactorio
4701	10,680	0,00	Satisfactorio
365C	10,965	0,95	Satisfactorio

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

9.4. Hierro en Mineral de Plata 1

Debido a que no se cuenta con el suficiente número de participantes para realizar una asignación del valor por consenso en este parámetro no es posible realizar una evaluación del desempeño. Sin embargo, en el siguiente cuadro se muestran los resultados reportados por los participantes de manera informativa.

Participante	Resultado reportado (g/100g)
365C	13,02
C18D	14,35

Tabla 6. Códigos de participantes, resultados reportados, estadístico de evaluación y resultado de la Evaluación de desempeño

9.5. Plata en Mineral de Plata 1

Parámetro	Valor asignado		
	Valor (g/100g)	Dispersión (σ_{pt})	Incertidumbre Expandida (g/100g)
Plata	1,391	0,0526	0,022

Tabla 7. Valor asignado, estadístico de dispersión para la evaluación de desempeño e incertidumbre expandida.

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.01	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 12 de 37	Vigente desde: 2024-03-05	N° de Registro: 013/2024

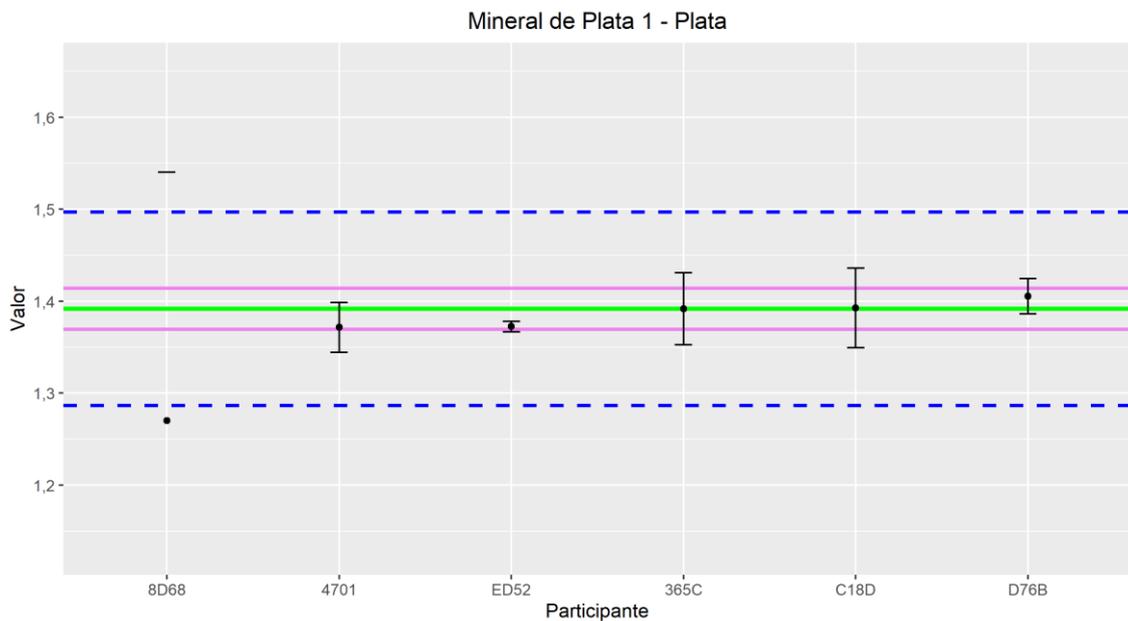


Gráfico 3. Valores reportados por los participantes (puntos negros), incertidumbres asociadas (barras negras), valor asignado (línea verde), estadístico de dispersión multiplicado por 2 (línea segmentada azul) e incertidumbre expandida (línea violeta).

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

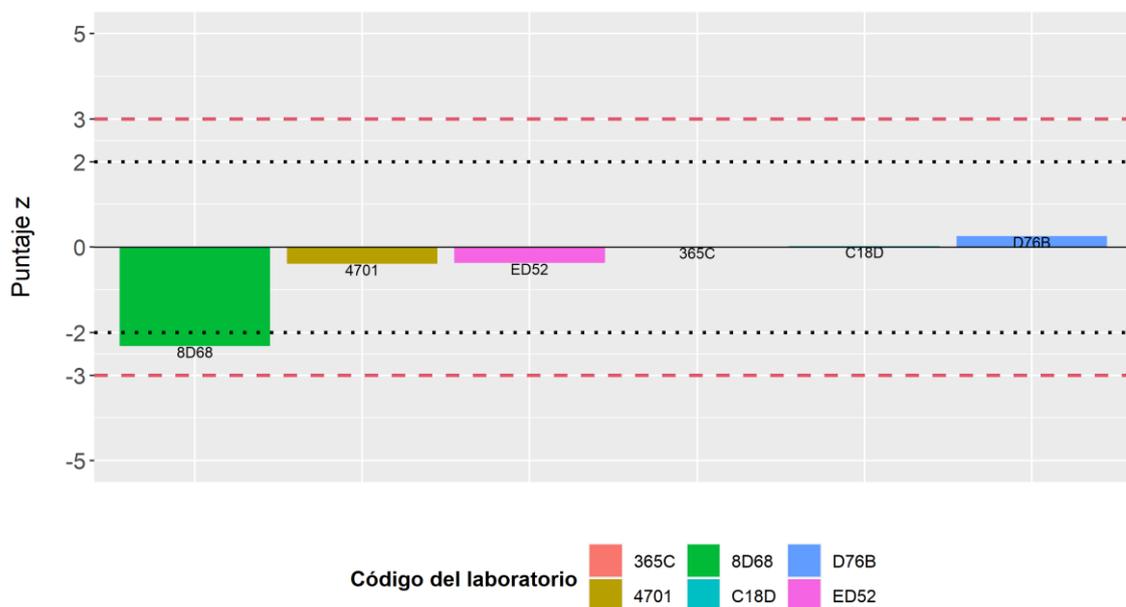


Gráfico 4. Evaluación de desempeño de los participantes (Nota. Los valores insatisfactorios que salen de la escala no son visualizados).

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

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.01	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 13 de 37	Vigente desde: 2024-03-05	N° de Registro: 013/2024

Participante	Resultado reportado	Puntaje z	Resultado de evaluación
8D68	1,270	-2,32	Cuestionable
4701	1,371	-0,39	Satisfactorio
ED52	1,372	-0,37	Satisfactorio
365C	1,392	0,00	Satisfactorio
C18D	1,393	0,02	Satisfactorio
D76B	1,405	0,26	Satisfactorio

Tabla 8. Códigos de participantes, resultados reportados, estadístico de evaluación y resultado de la Evaluación de desempeño

9.6. Plomo en Mineral de Plata 1

Parámetro	Valor asignado		
	Valor (g/100g)	Dispersión (σ_{pt})	Incertidumbre Expandida (g/100g)
Plomo	13,90	0,372	0,17

Tabla 9. Valor asignado, estadístico de dispersión para la evaluación de desempeño e incertidumbre expandida.

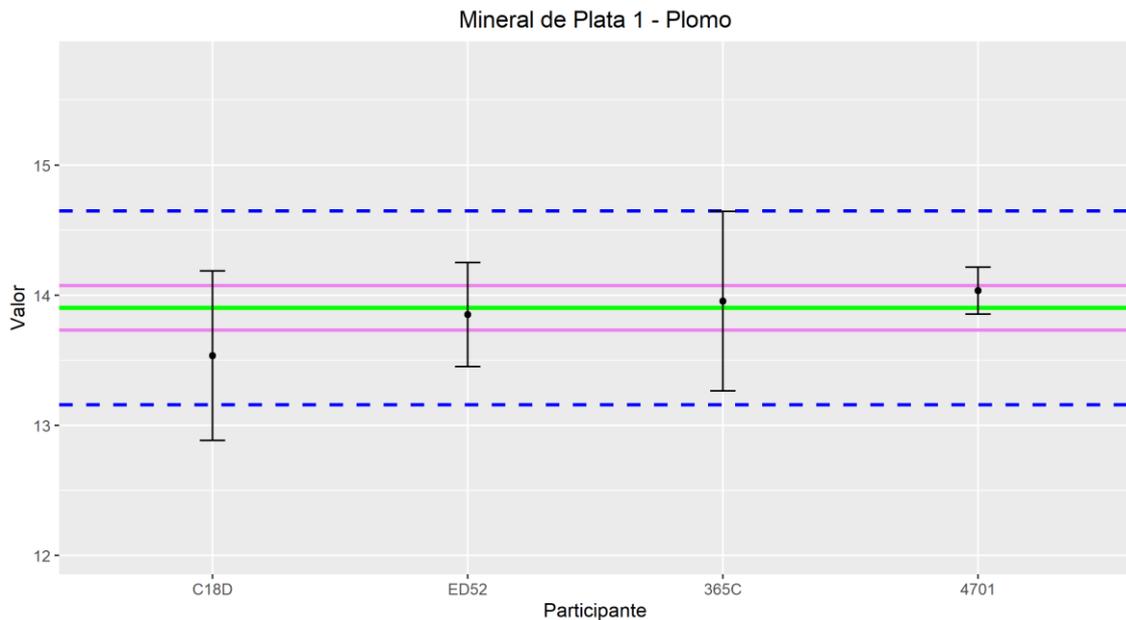


Gráfico 5. Valores reportados por los participantes (puntos negros), incertidumbres asociadas (barras negras), valor asignado (línea verde), estadístico de dispersión multiplicado por 2 (línea segmentada azul) e incertidumbre expandida (línea violeta).

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.01	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 14 de 37	Vigente desde: 2024-03-05	N° de Registro: 013/2024

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

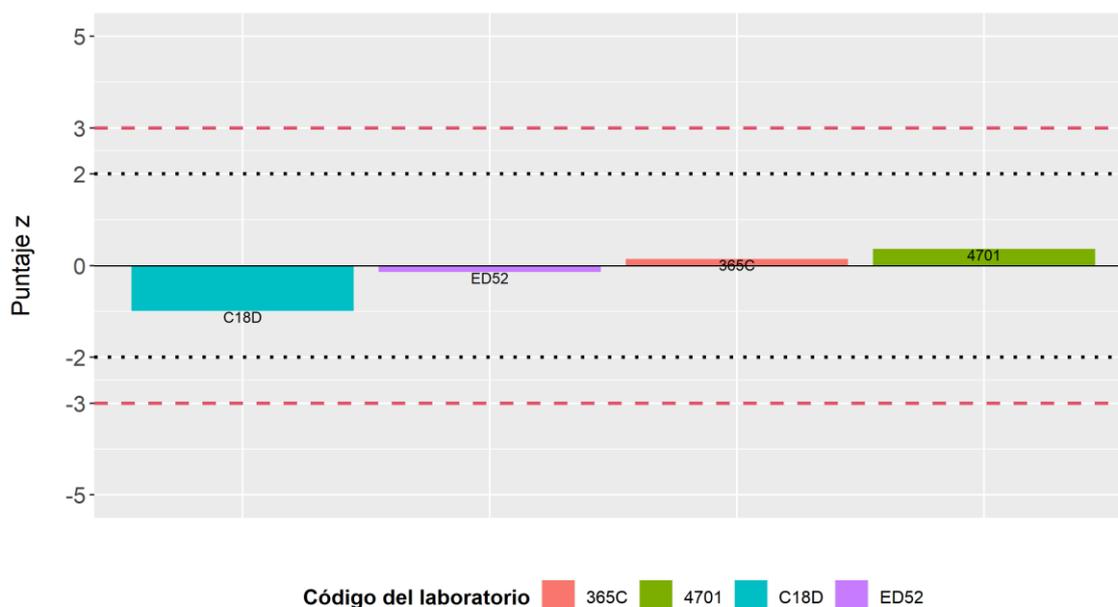


Gráfico 6. Evaluación de desempeño de los participantes (Nota. Los valores insatisfactorios que salen de la escala no son visualizados).

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

Participante	Resultado reportado	Puntaje z	Resultado de evaluación
C18D	13,535	-0,99	Satisfactorio
ED52	13,850	-0,14	Satisfactorio
365C	13,955	0,14	Satisfactorio
4701	14,035	0,36	Satisfactorio

Tabla 10. Códigos de participantes, resultados reportados, estadístico de evaluación y resultado de la Evaluación de desempeño

9.7. Zinc en Mineral de Plata 1

Parámetro	Valor asignado		
	Valor (g/100g)	Dispersión (σ_{pt})	Incertidumbre Expandida (g/100g)
Zinc	19,28	0,439	0,21

Tabla 11. Valor asignado, estadístico de dispersión para la evaluación de desempeño e incertidumbre expandida.

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.01	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 15 de 37	Vigente desde: 2024-03-05	N° de Registro: 013/2024

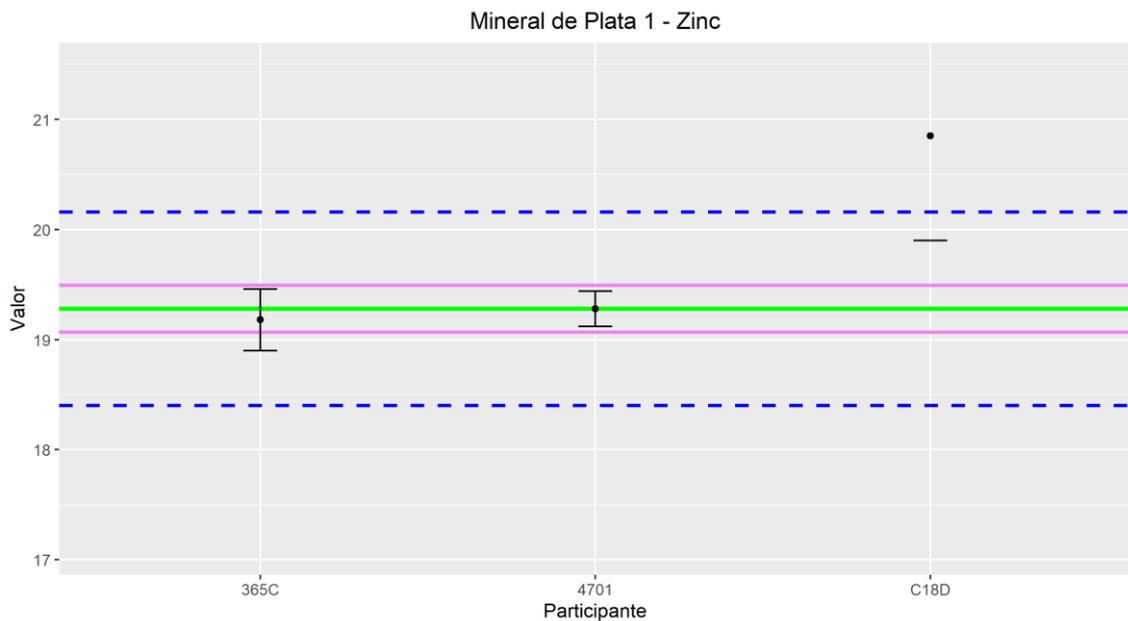


Gráfico 7. Valores reportados por los participantes (puntos negros), incertidumbres asociadas (barras negras), valor asignado (línea verde), estadístico de dispersión multiplicado por 2 (línea segmentada azul) e incertidumbre expandida (línea violeta).

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

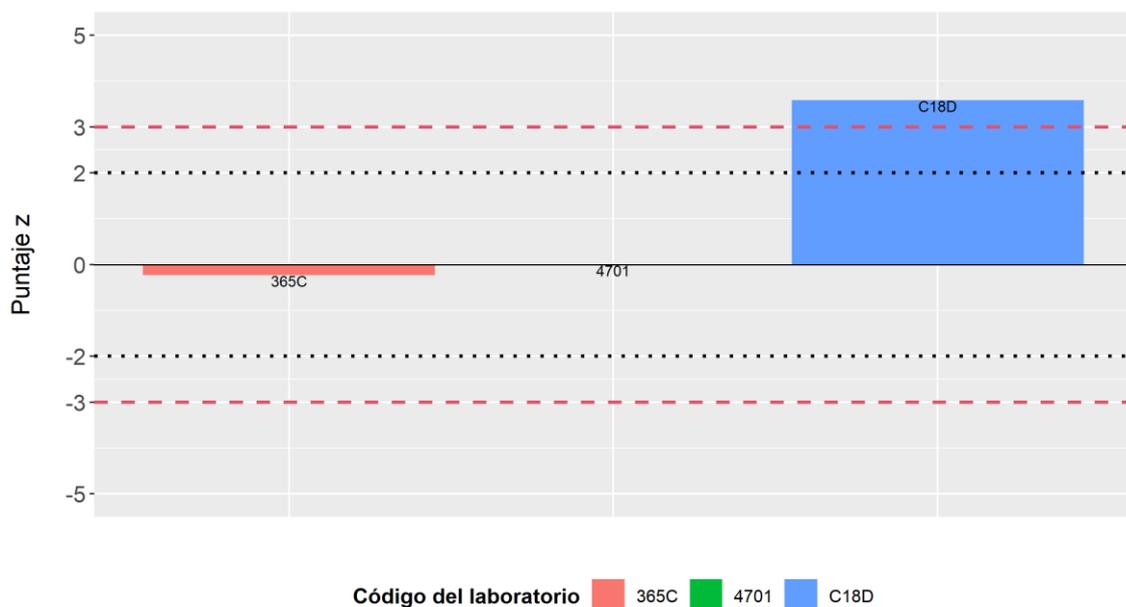


Gráfico 8. Evaluación de desempeño de los participantes (Nota. Los valores insatisfactorios que salen de la escala no son visualizados).

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.01	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 16 de 37	Vigente desde: 2024-03-05	N° de Registro: 013/2024

Participante	Resultado reportado	Puntaje z	Resultado de evaluación
365C	19,18	-0,23	Satisfactorio
4701	19,28	0,00	Satisfactorio
C18D	20,85	3,58	Insatisfactorio

Tabla 12. Códigos de participantes, resultados reportados, estadístico de evaluación y resultado de la Evaluación de desempeño

9.8. Antimonio en Mineral de Plata 2

Parámetro	Valor asignado		
	Valor (g/100g)	Dispersión (σ_{pt})	Incertidumbre Expandida (g/100g)
Antimonio	1,740	0,0640	0,053

Tabla 13. Valor asignado, estadístico de dispersión para la evaluación de desempeño e incertidumbre expandida.

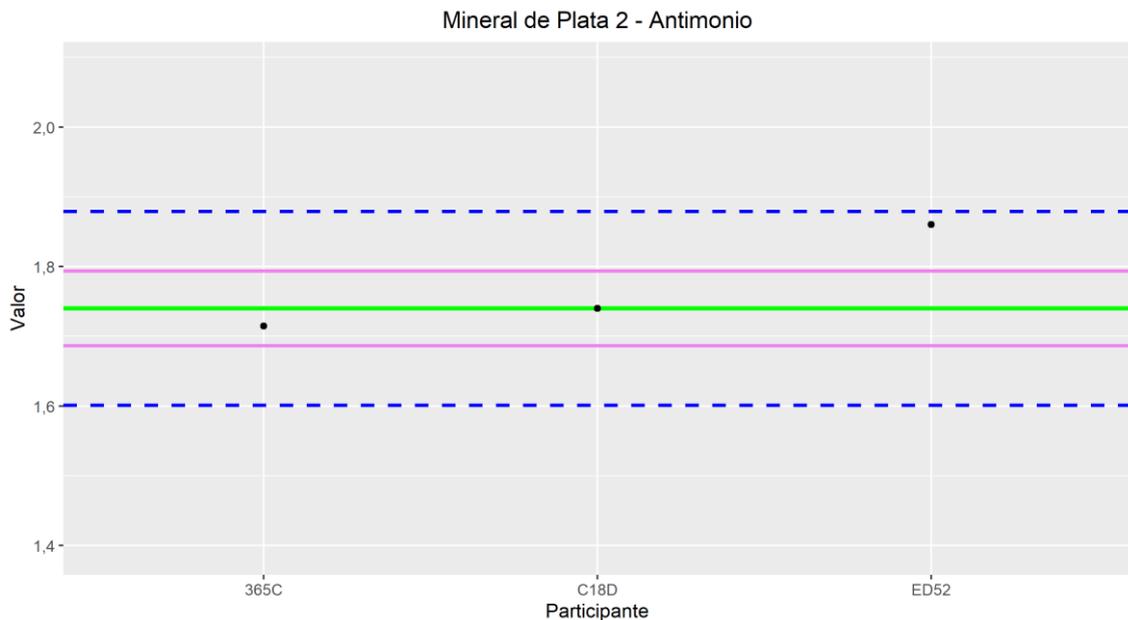


Gráfico 9. Valores reportados por los participantes (puntos negros), incertidumbres asociadas (barras negras), valor asignado (línea verde), estadístico de dispersión multiplicado por 2 (línea segmentada azul) e incertidumbre expandida (línea violeta).

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

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.01	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 17 de 37	Vigente desde: 2024-03-05	N° de Registro: 013/2024

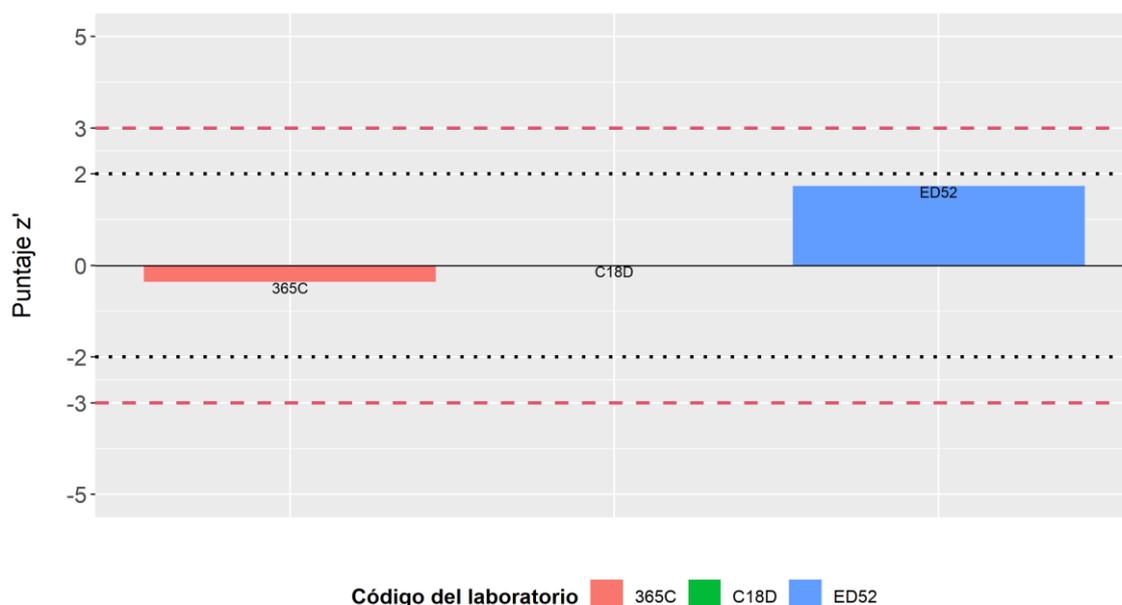


Gráfico 10. Evaluación de desempeño de los participantes (Nota. Los valores insatisfactorios que salen de la escala no son visualizados).

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

Participante	Resultado reportado	Puntaje z'	Resultado de evaluación
365C	1,715	-0,36	Satisfactorio
C18D	1,740	0,00	Satisfactorio
ED52	1,860	1,73	Satisfactorio

Tabla 14. Códigos de participantes, resultados reportados, estadístico de evaluación y resultado de la Evaluación de desempeño

9.9. Arsénico en Mineral de Plata 2

Parámetro	Valor asignado		
	Valor (g/100g)	Dispersión (σ_{pt})	Incertidumbre Expandida (g/100g)
Arsénico	0,420	0,0191	0,075

Tabla 15. Valor asignado, estadístico de dispersión para la evaluación de desempeño e incertidumbre expandida.

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.01	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 18 de 37	Vigente desde: 2024-03-05	N° de Registro: 013/2024

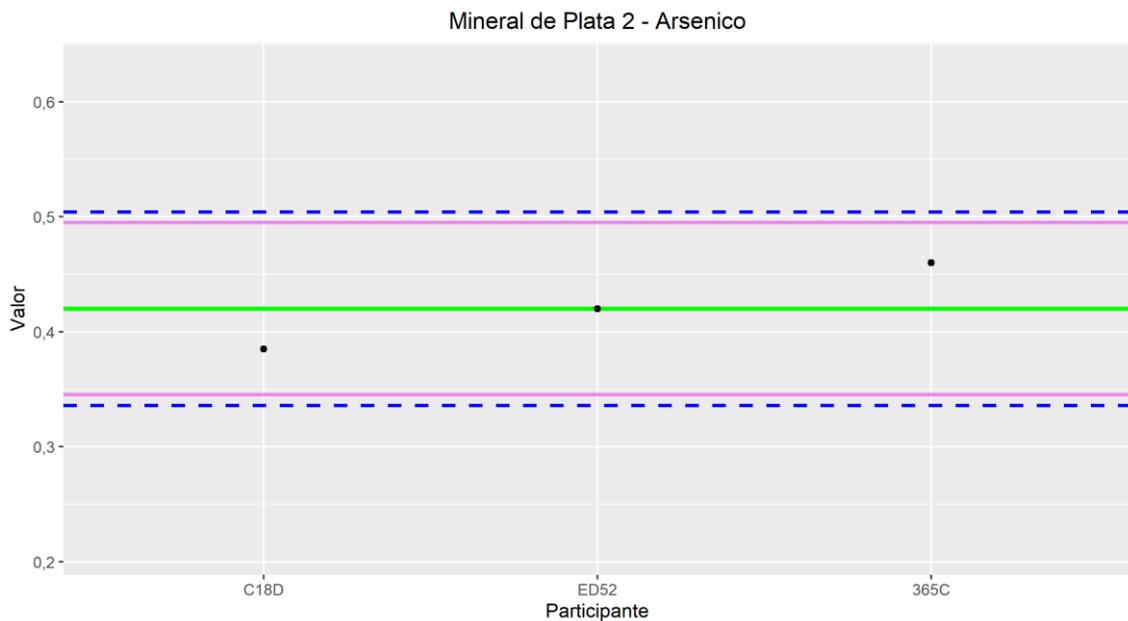


Gráfico 11. Valores reportados por los participantes (puntos negros), incertidumbres asociadas (barras negras), valor asignado (línea verde), estadístico de dispersión multiplicado por 2 (línea segmentada azul) e incertidumbre expandida (línea violeta).

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

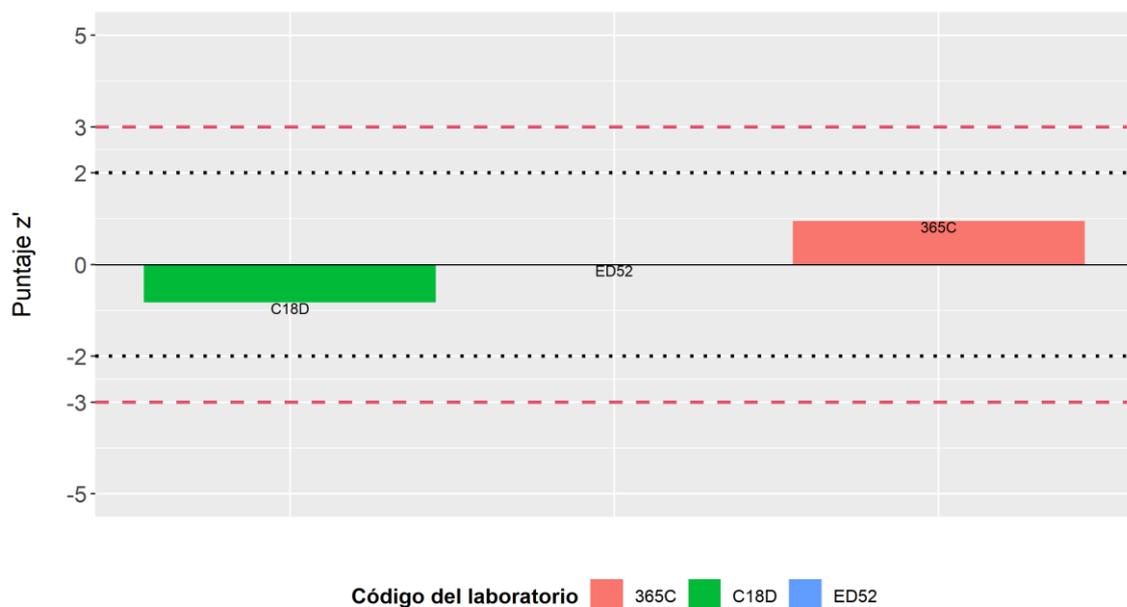


Gráfico 12. Evaluación de desempeño de los participantes (Nota. Los valores insatisfactorios que salen de la escala no son visualizados).

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.01	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 19 de 37	Vigente desde: 2024-03-05	N° de Registro: 013/2024

Participante	Resultado reportado	Puntaje z'	Resultado de evaluación
C18D	0,385	-0,83	Satisfactorio
ED52	0,420	0,00	Satisfactorio
365C	0,460	0,95	Satisfactorio

Tabla 16. Códigos de participantes, resultados reportados, estadístico de evaluación y resultado de la Evaluación de desempeño

9.10. Bismuto en Mineral de Plata 2

Debido a que no se cuenta con el suficiente número de participantes para realizar una asignación del valor por consenso en este parámetro no es posible realizar una evaluación del desempeño. Sin embargo, en el siguiente cuadro se muestran los resultados reportados por los participantes de manera informativa.

Participante	Resultado reportado (g/100g)
C18D	0,05
365C	0,35

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

9.11. Cobre en Mineral de Plata 2

Parámetro	Valor asignado		
	Valor (g/100g)	Dispersión (σ_{pt})	Incertidumbre Expandida (g/100g)
Cobre	6,895	0,2053	0,097

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

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.01	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 20 de 37	Vigente desde: 2024-03-05	N° de Registro: 013/2024

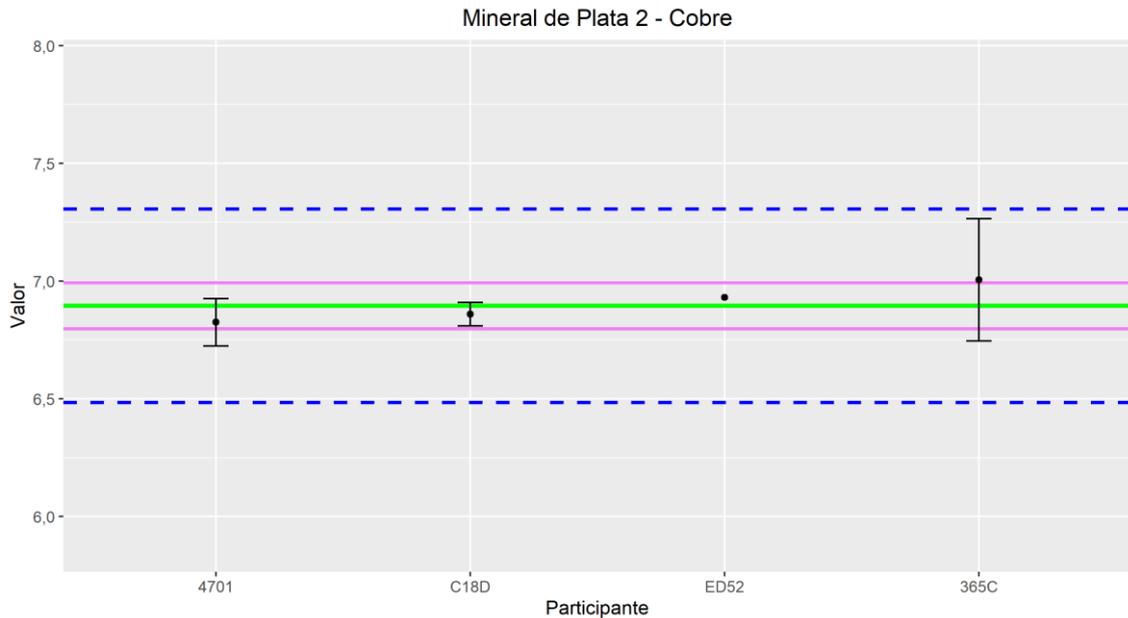


Gráfico 13. Valores reportados por los participantes (puntos negros), incertidumbres asociadas (barras negras), valor asignado (línea verde), estadístico de dispersión multiplicado por 2 (línea segmentada azul) e incertidumbre expandida (línea violeta).

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

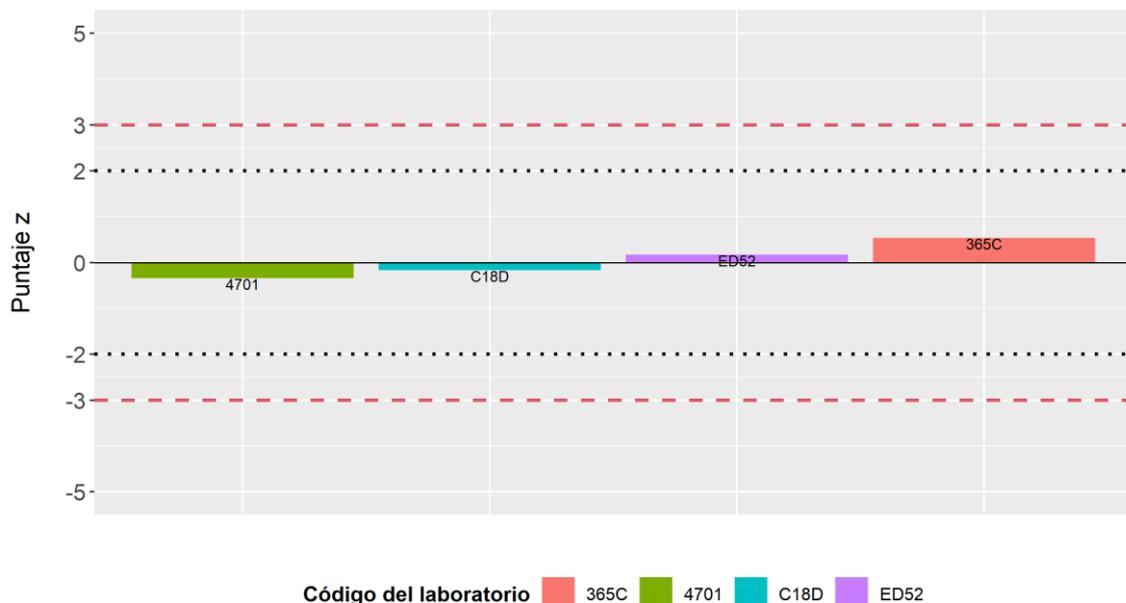


Gráfico 14. Evaluación de desempeño de los participantes (Nota. Los valores insatisfactorios que salen de la escala no son visualizados).

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.01	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 21 de 37	Vigente desde: 2024-03-05	N° de Registro: 013/2024

Participante	Resultado reportado	Puntaje z	Resultado de evaluación
4701	6,825	-0,34	Satisfactorio
C18D	6,860	-0,17	Satisfactorio
ED52	6,930	0,17	Satisfactorio
365C	7,005	0,54	Satisfactorio

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

9.12. Hierro en Mineral de Plata 2

Parámetro	Valor asignado		
	Valor (g/100g)	Dispersión (σ_{pt})	Incertidumbre Expandida (g/100g)
Hierro	14,30	0,378	0,38

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

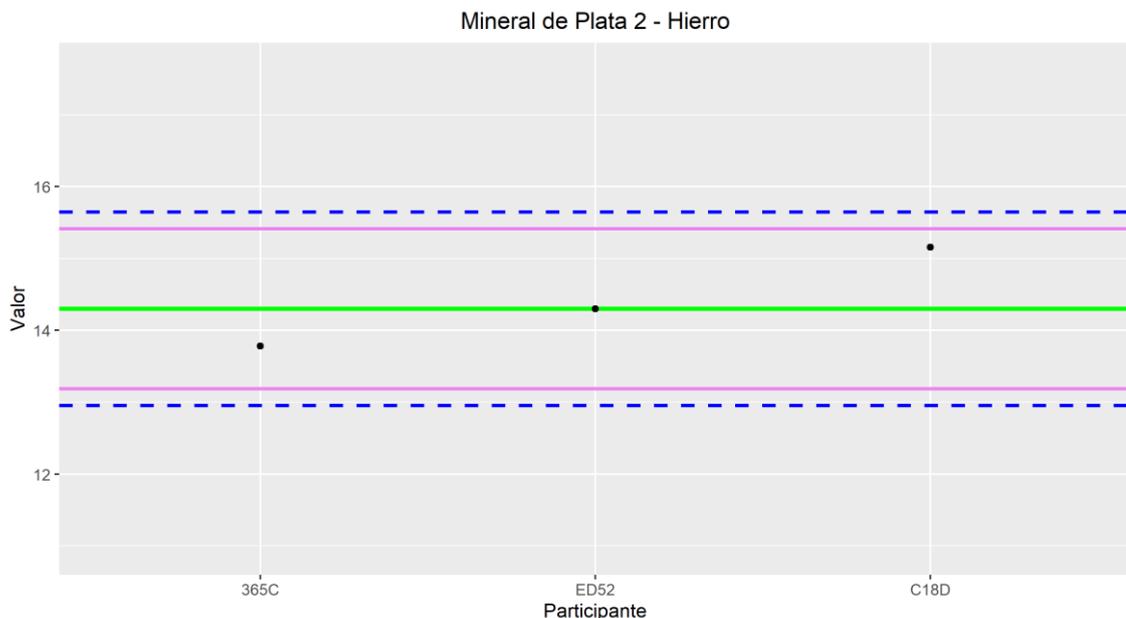


Gráfico 15. Valores reportados por los participantes (puntos negros), incertidumbres asociadas (barras negras), valor asignado (línea verde), estadístico de dispersión multiplicado por 2 (línea segmentada azul) e incertidumbre expandida (línea violeta).

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

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.01	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 22 de 37	Vigente desde: 2024-03-05	N° de Registro: 013/2024

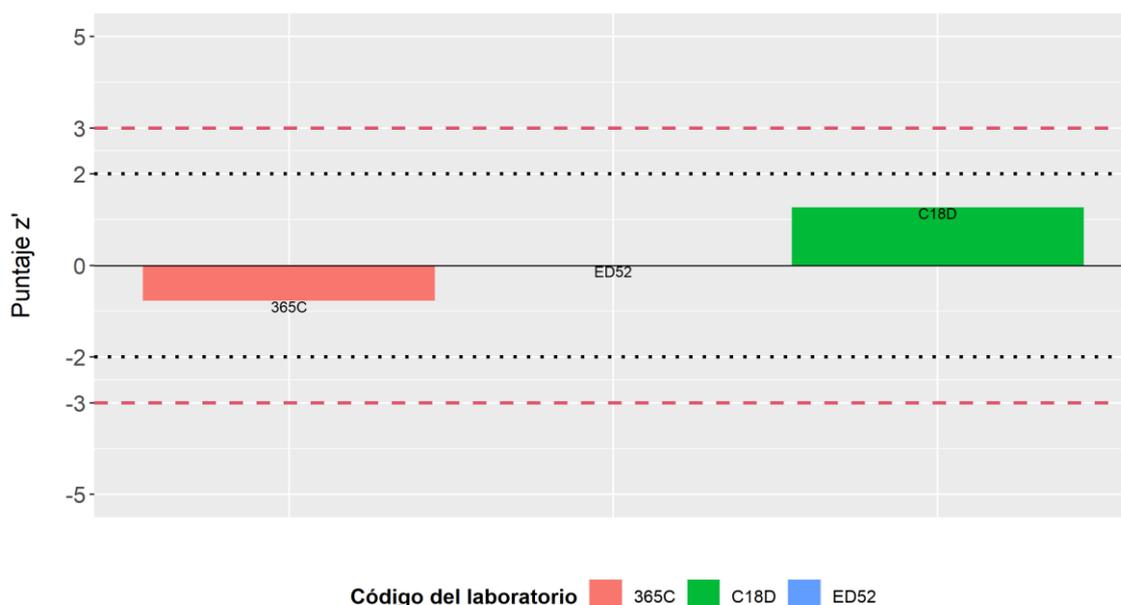


Gráfico 16. Evaluación de desempeño de los participantes (Nota. Los valores insatisfactorios que salen de la escala no son visualizados).

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

Participante	Resultado reportado	Puntaje z'	Resultado de evaluación
365C	13,780	-0,77	Satisfactorio
ED52	14,300	0,00	Satisfactorio
C18D	15,155	1,27	Satisfactorio

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

9.13. Plata en Mineral de Plata 2

Parámetro	Valor asignado		
	Valor (g/100g)	Dispersión (σ_{pt})	Incertidumbre Expandida (g/100g)
Plata	0,8487	0,03479	0,0097

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

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.01	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 23 de 37	Vigente desde: 2024-03-05	Nº de Registro: 013/2024

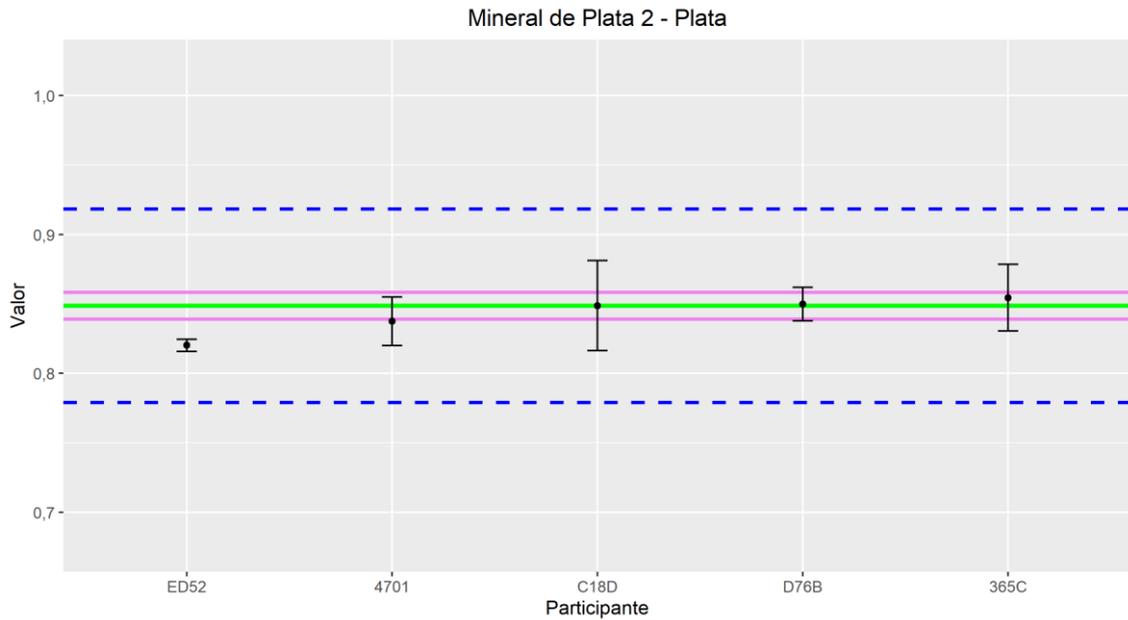


Gráfico 17. Valores reportados por los participantes (puntos negros), incertidumbres asociadas (barras negras), valor asignado (línea verde), estadístico de dispersión multiplicado por 2 (línea segmentada azul) e incertidumbre expandida (línea violeta).

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

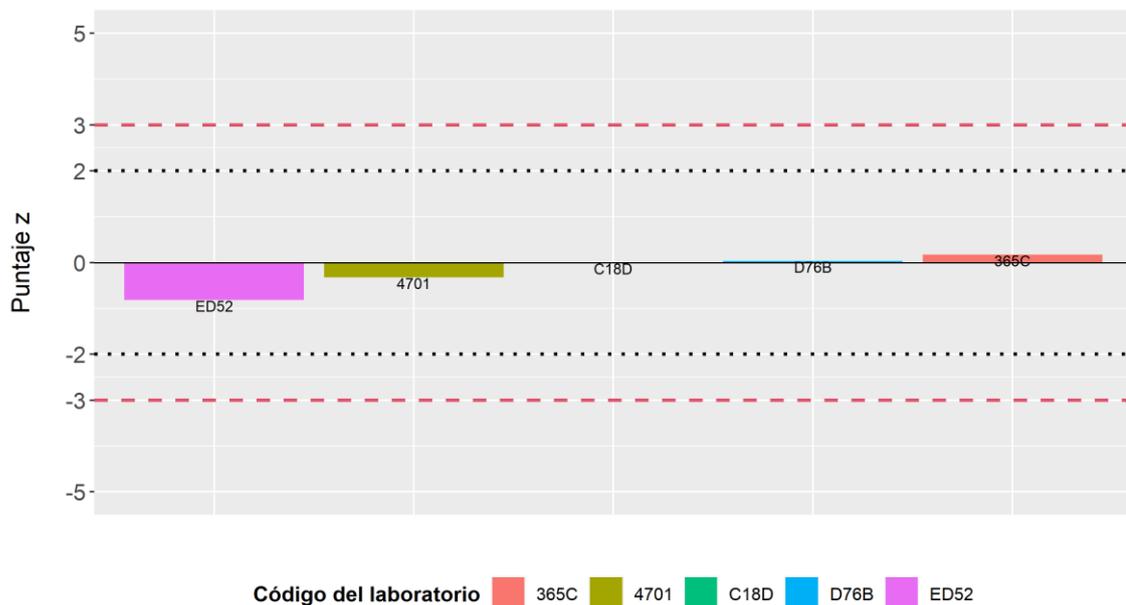


Gráfico 18. Evaluación de desempeño de los participantes (Nota. Los valores insatisfactorios que salen de la escala no son visualizados).

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.01	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 24 de 37	Vigente desde: 2024-03-05	N° de Registro: 013/2024

Participante	Resultado reportado	Puntaje z	Resultado de evaluación
ED52	0,820	-0,82	Satisfactorio
4701	0,838	-0,32	Satisfactorio
C18D	0,849	0,00	Satisfactorio
D76B	0,850	0,03	Satisfactorio
365C	0,855	0,17	Satisfactorio

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

9.14. Plomo en Mineral de Plata 2

Parámetro	Valor asignado		
	Valor (g/100g)	Dispersión (σ_{pt})	Incertidumbre Expandida (g/100g)
Plomo	20,84	0,455	0,32

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

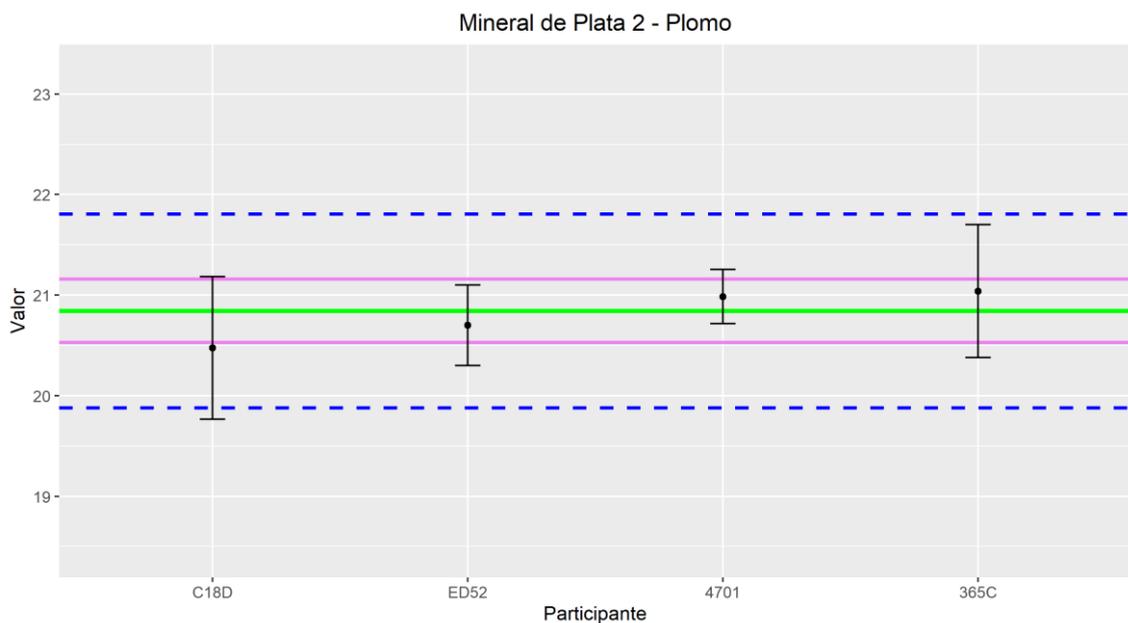


Gráfico 19. Valores reportados por los participantes (puntos negros), incertidumbres asociadas (barras negras), valor asignado (línea verde), estadístico de dispersión multiplicado por 2 (línea segmentada azul) e incertidumbre expandida (línea violeta).

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.01	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 25 de 37	Vigente desde: 2024-03-05	N° de Registro: 013/2024

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

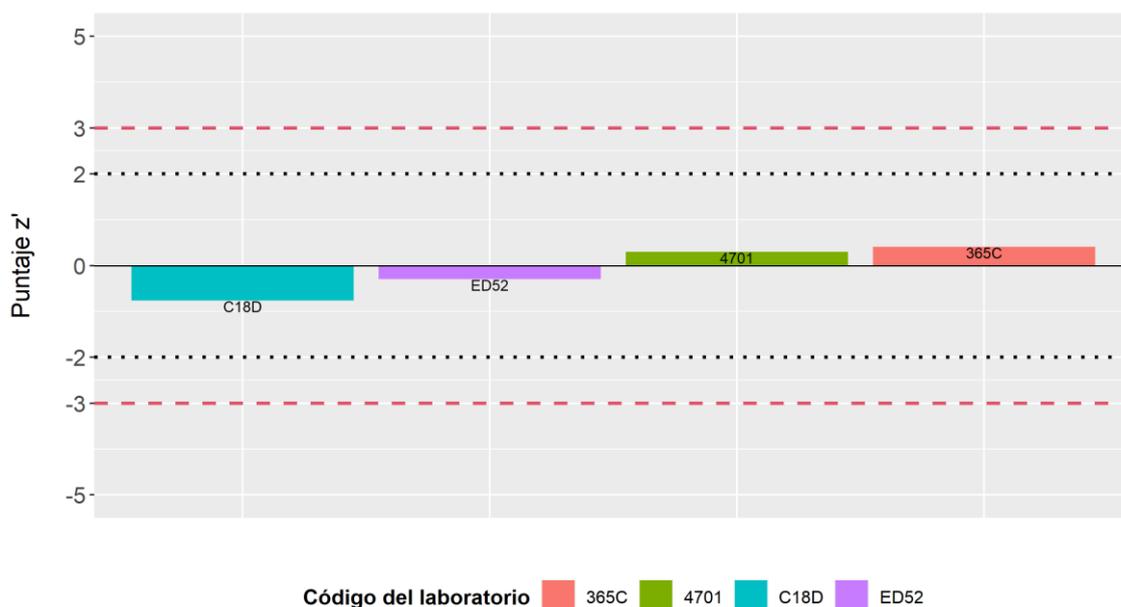


Gráfico 20. Evaluación de desempeño de los participantes (Nota. Los valores insatisfactorios que salen de la escala no son visualizados).

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

Participante	Resultado reportado	Puntaje z'	Resultado de evaluación
C18D	20,475	-0,76	Satisfactorio
ED52	20,700	-0,30	Satisfactorio
4701	20,985	0,30	Satisfactorio
365C	21,040	0,41	Satisfactorio

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

9.15. Zinc en Mineral de Plata 2

Parámetro	Valor asignado		
	Valor (g/100g)	Dispersión (σ_{pt})	Incertidumbre Expandida (g/100g)
Zinc	15,7	0,39	1,0

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

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.01	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 26 de 37	Vigente desde: 2024-03-05	N° de Registro: 013/2024

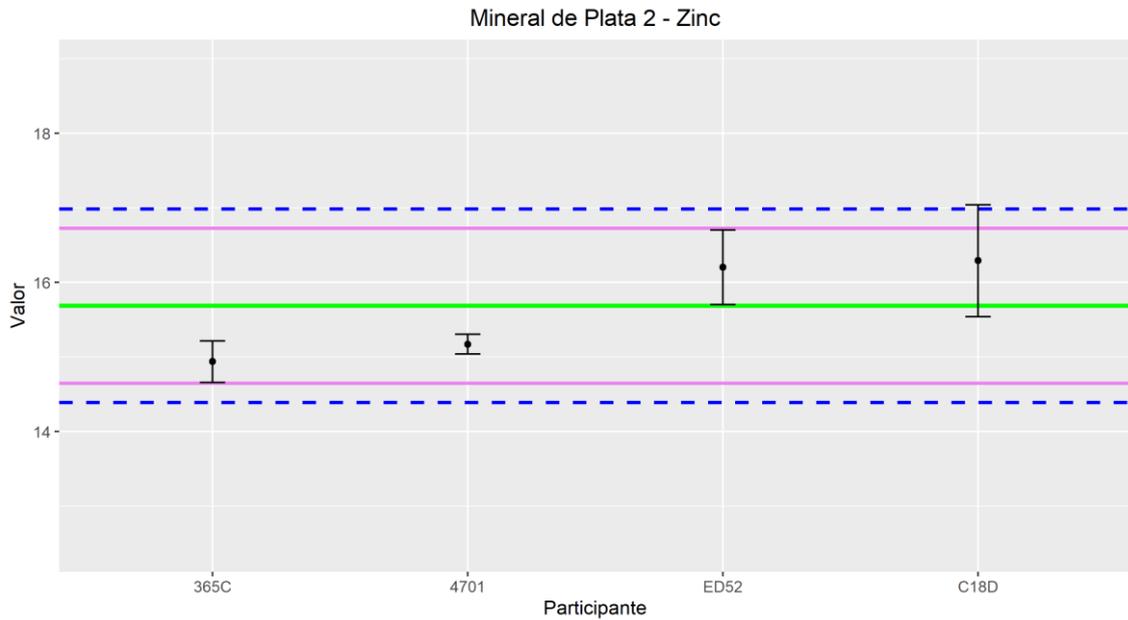


Gráfico 21. Valores reportados por los participantes (puntos negros), incertidumbres asociadas (barras negras), valor asignado (línea verde), estadístico de dispersión multiplicado por 2 (línea segmentada azul) e incertidumbre expandida (línea violeta).

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).

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.01	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 27 de 37	Vigente desde: 2024-03-05	N° de Registro: 013/2024

Participante	Resultado reportado	Puntaje z'	Resultado de evaluación
365C	14,935	-1,16	Satisfactorio
4701	15,170	-0,79	Satisfactorio
ED52	16,200	0,79	Satisfactorio
C18D	16,290	0,93	Satisfactorio

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

9.16. Antimonio en Mineral de Plata 3

Debido a que no se cuenta con el suficiente número de participantes para realizar una asignación del valor por consenso en este parámetro no es posible realizar una evaluación del desempeño. Sin embargo, en el siguiente cuadro se muestran los resultados reportados por los participantes de manera informativa.

Participante	Resultado reportado (g/100g)
365C	1,71
C18D	1,76

Tabla 28. Códigos de participantes, resultados reportados, estadístico de evaluación y resultado de la Evaluación de desempeño

9.17. Arsénico en Mineral de Plata 3

Debido a que no se cuenta con el suficiente número de participantes para realizar una asignación del valor por consenso en este parámetro no es posible realizar una evaluación del desempeño. Sin embargo, en el siguiente cuadro se muestran los resultados reportados por los participantes de manera informativa.

Participante	Resultado reportado (g/100g)
C18D	0,49
365C	0,515

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

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.01	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 28 de 37	Vigente desde: 2024-03-05	N° de Registro: 013/2024

9.18. Cobre en Mineral de Plata 3

Parámetro	Valor asignado		
	Valor (g/100g)	Dispersión (σ_{pt})	Incertidumbre Expandida (g/100g)
Cobre	6,04	0,1842	0,2032951

Tabla 30. Valor asignado, estadístico de dispersión para la evaluación de desempeño e incertidumbre expandida.

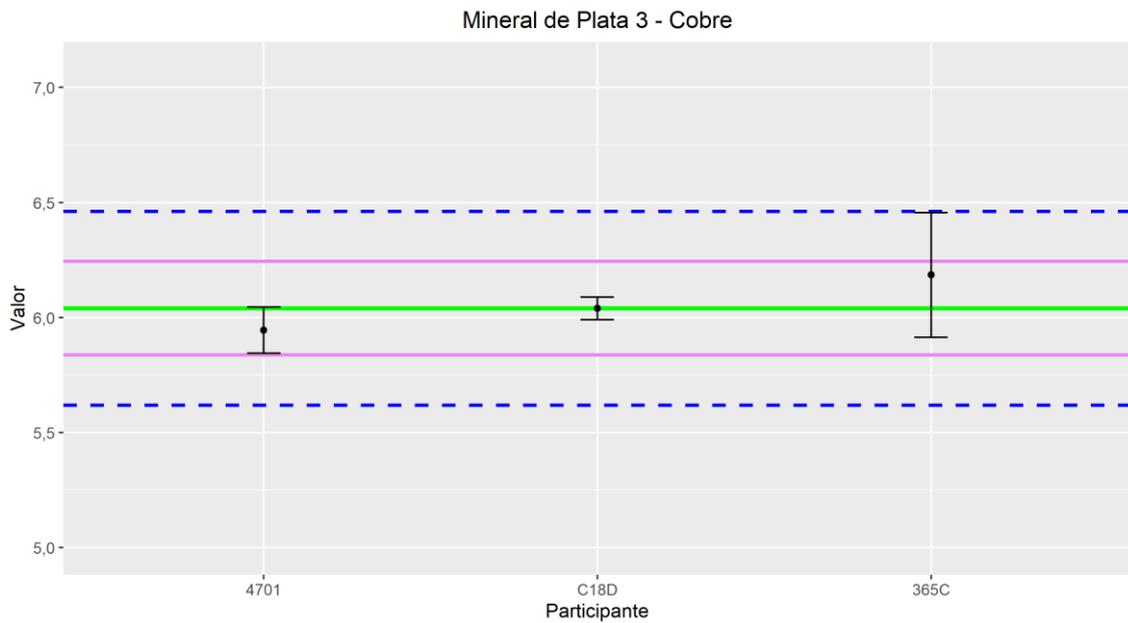


Gráfico 23. Valores reportados por los participantes (puntos negros), incertidumbres asociadas (barras negras), valor asignado (línea verde), estadístico de dispersión multiplicado por 2 (línea segmentada azul) e incertidumbre expandida (línea violeta).

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

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.01	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 29 de 37	Vigente desde: 2024-03-05	N° de Registro: 013/2024

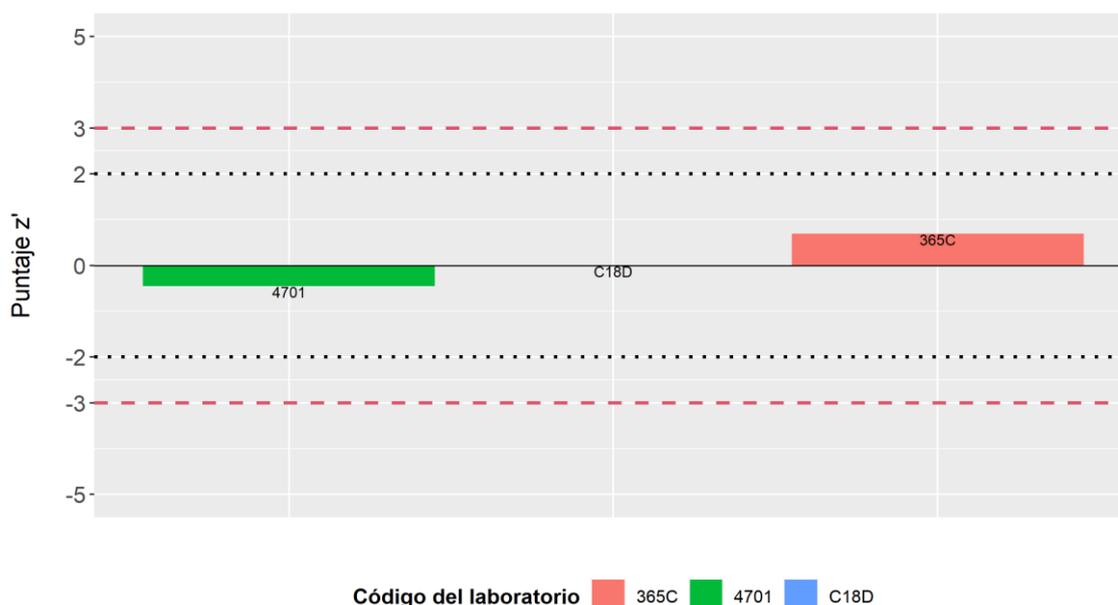


Gráfico 24. Evaluación de desempeño de los participantes (Nota. Los valores insatisfactorios que salen de la escala no son visualizados).

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

Participante	Resultado reportado	Puntaje z'	Resultado de evaluación
4701	5,945	-0,45	Satisfactorio
C18D	6,040	0,00	Satisfactorio
365C	6,185	0,69	Satisfactorio

Tabla 31. Códigos de participantes, resultados reportados, estadístico de evaluación y resultado de la Evaluación de desempeño

9.19. Hierro en Mineral de Plata 3

Debido a que no se cuenta con el suficiente número de participantes para realizar una asignación del valor por consenso en este parámetro no es posible realizar una evaluación del desempeño. Sin embargo, en el siguiente cuadro se muestran los resultados reportados por los participantes de manera informativa.

Participante	Resultado reportado (g/100g)
365C	13,865
C18D	15,43

Tabla 32. Códigos de participantes, resultados reportados, estadístico de evaluación y resultado de la Evaluación de desempeño

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.01	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 30 de 37	Vigente desde: 2024-03-05	Nº de Registro: 013/2024

9.20. Plata en Mineral de Plata 3

Parámetro	Valor asignado		
	Valor (g/100g)	Dispersión (σ_{pt})	Incertidumbre Expandida (g/100g)
Plata	0,856	0,03505	0,004807032

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

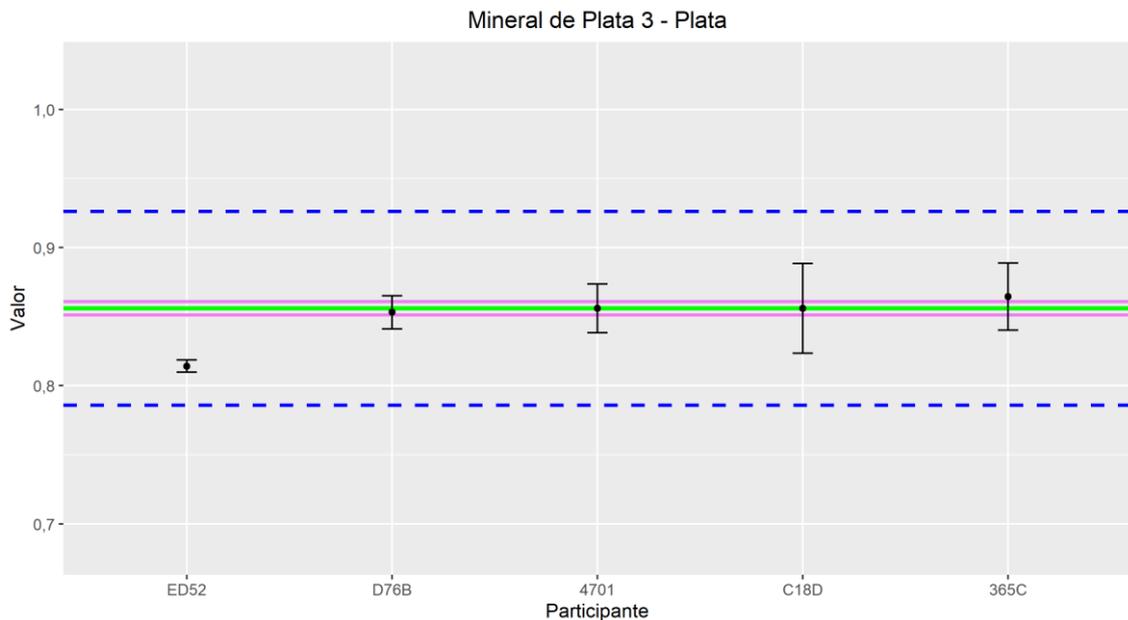


Gráfico 25. Valores reportados por los participantes (puntos negros), incertidumbres asociadas (barras negras), valor asignado (línea verde), estadístico de dispersión multiplicado por 2 (línea segmentada azul) e incertidumbre expandida (línea violeta).

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

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.01	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 31 de 37	Vigente desde: 2024-03-05	N° de Registro: 013/2024

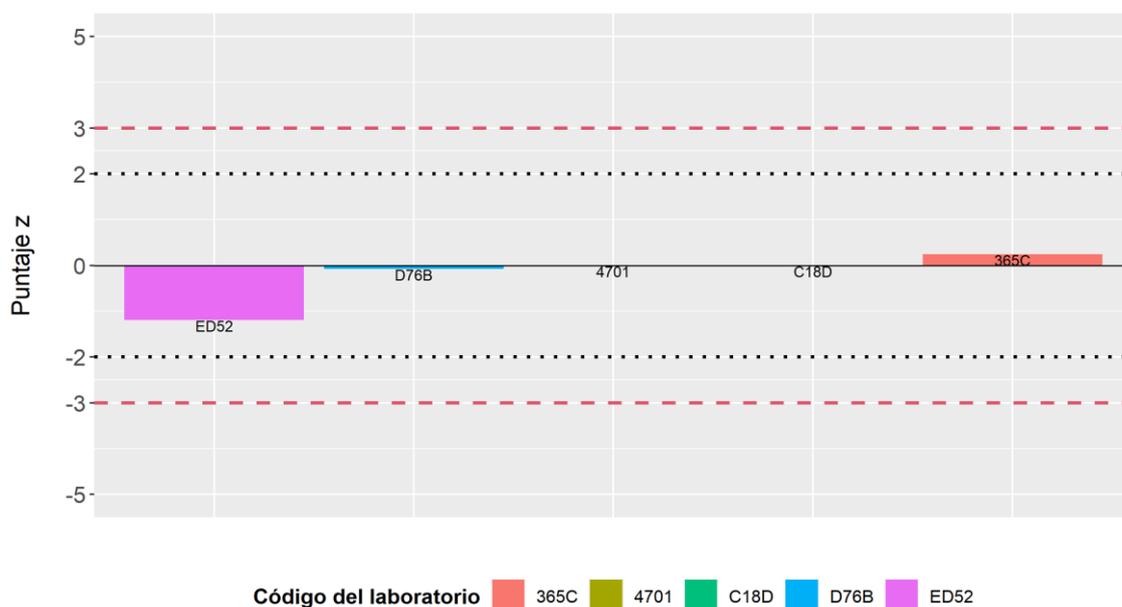


Gráfico 26. Evaluación de desempeño de los participantes (Nota. Los valores insatisfactorios que salen de la escala no son visualizados).

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

Participante	Resultado reportado	Puntaje z	Resultado de evaluación
ED52	0,814	-1,19	Satisfactorio
D76B	0,853	-0,08	Satisfactorio
C18D	0,856	0,00	Satisfactorio
4701	0,856	0,00	Satisfactorio
365C	0,865	0,24	Satisfactorio

Tabla 34. Códigos de participantes, resultados reportados, estadístico de evaluación y resultado de la Evaluación de desempeño

9.21. Plomo en Mineral de Plata 3

Parámetro	Valor asignado		
	Valor (g/100g)	Dispersión (σ_{pt})	Incertidumbre Expandida (g/100g)
Plomo	9,87	0,280	0,30

Tabla 35. Valor asignado, estadístico de dispersión para la evaluación de desempeño e incertidumbre expandida.

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.01	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 32 de 37	Vigente desde: 2024-03-05	N° de Registro: 013/2024

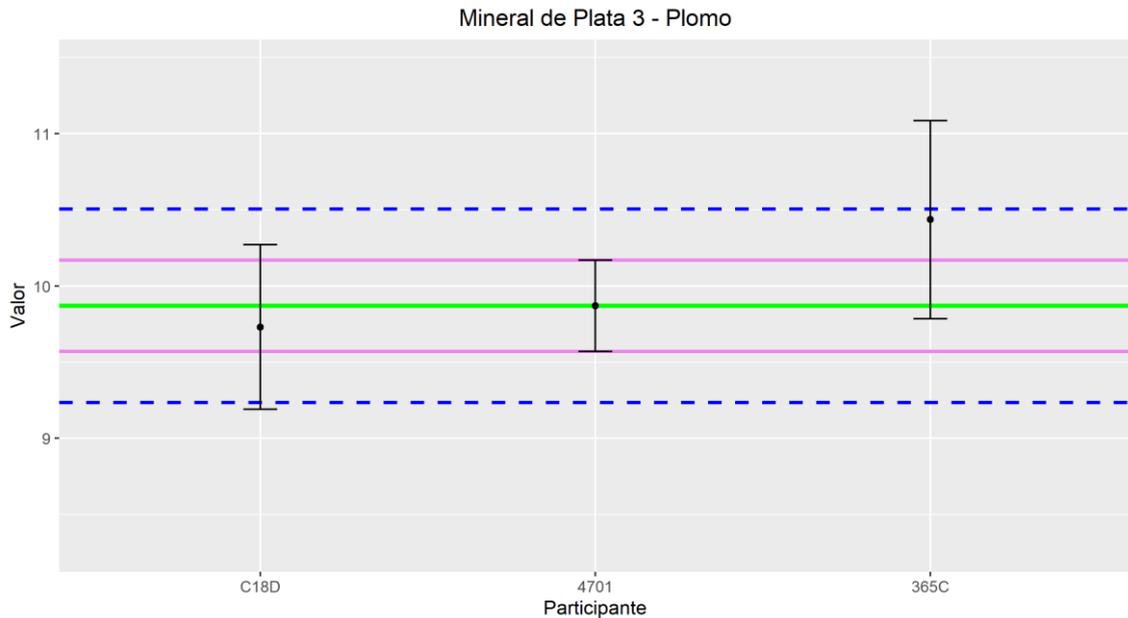


Gráfico 27. Valores reportados por los participantes (puntos negros), incertidumbres asociadas (barras negras), valor asignado (línea verde), estadístico de dispersión multiplicado por 2 (línea segmentada azul) e incertidumbre expandida (línea violeta).

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

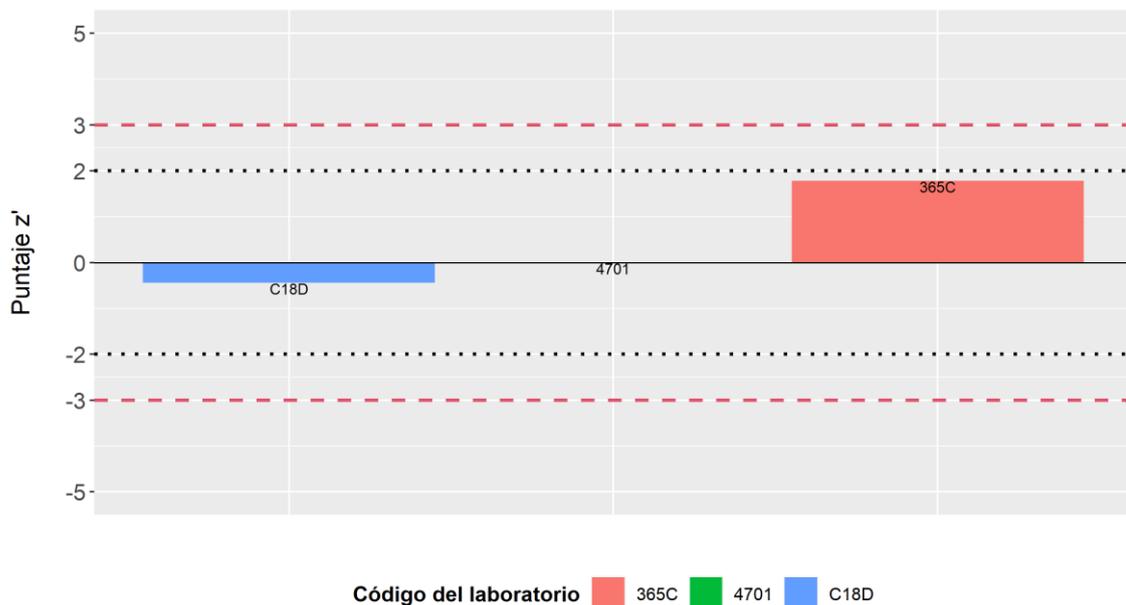


Gráfico 28. Evaluación de desempeño de los participantes (Nota. Los valores insatisfactorios que salen de la escala no son visualizados).

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.01	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 33 de 37	Vigente desde: 2024-03-05	N° de Registro: 013/2024

Participante	Resultado reportado	Puntaje z'	Resultado de evaluación
C18D	9,730	-0,44	Satisfactorio
4701	9,870	0,00	Satisfactorio
365C	10,435	1,78	Satisfactorio

Tabla 36. Códigos de participantes, resultados reportados, estadístico de evaluación y resultado de la Evaluación de desempeño

9.22. Zinc en Mineral de Plata 3

Parámetro	Valor asignado		
	Valor (g/100g)	Dispersión (σ_{pt})	Incertidumbre Expandida (g/100g)
Zinc	25,82	0,508	0,27

Tabla 37. Valor asignado, estadístico de dispersión para la evaluación de desempeño e incertidumbre expandida.

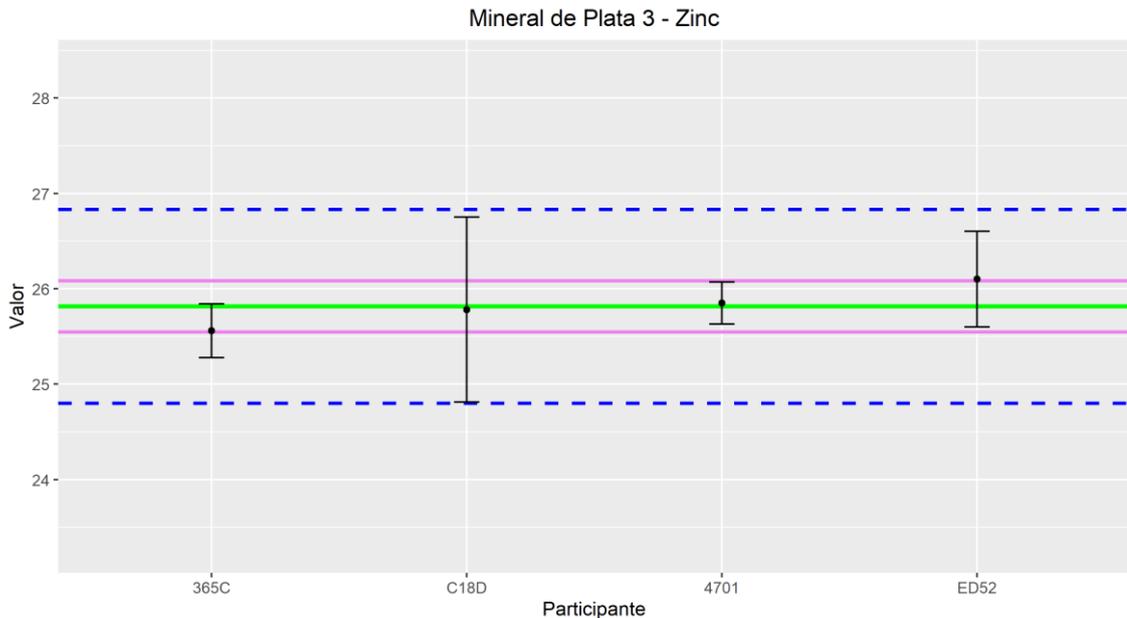


Gráfico 29. Valores reportados por los participantes (puntos negros), incertidumbres asociadas (barras negras), valor asignado (línea verde), estadístico de dispersión multiplicado por 2 (línea segmentada azul) e incertidumbre expandida (línea violeta).

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

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.01	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 34 de 37	Vigente desde: 2024-03-05	N° de Registro: 013/2024

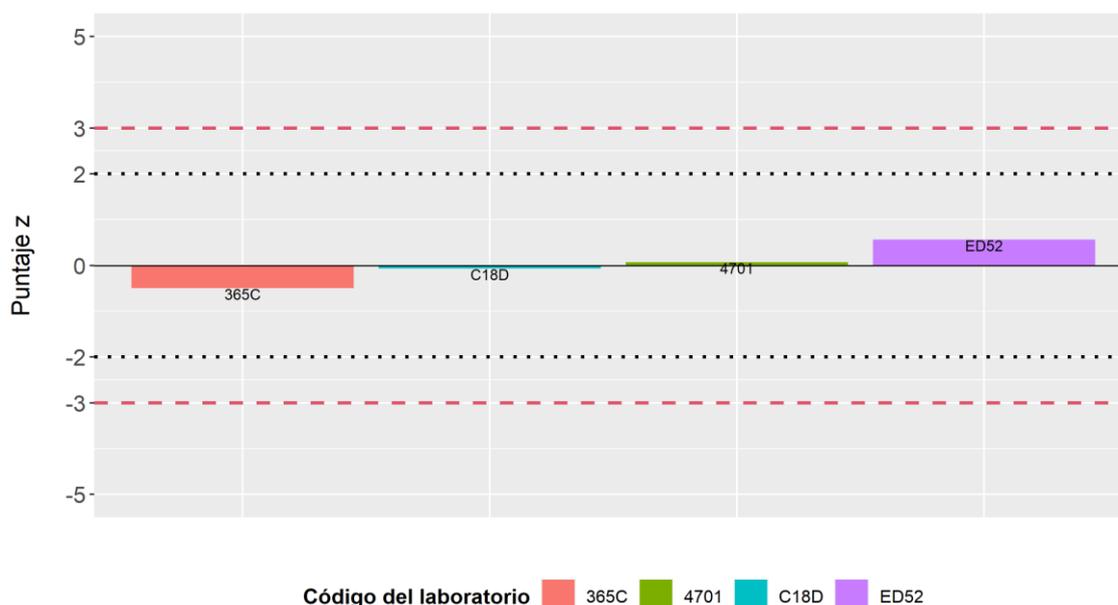


Gráfico 30. Evaluación de desempeño de los participantes (Nota. Los valores insatisfactorios que salen de la escala no son visualizados).

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

Participante	Resultado reportado	Puntaje z	Resultado de evaluación
365C	25,56	-0,50	Satisfactorio
C18D	25,78	-0,07	Satisfactorio
4701	25,85	0,07	Satisfactorio
ED52	26,10	0,56	Satisfactorio

Tabla 38. Códigos de participantes, resultados reportados, estadístico de evaluación y resultado de la Evaluación de desempeño

9.23. Oro en Mineral de Oro

Debido a que no se cumple con los supuestos estadísticos (centralidad y normalidad de los datos de acuerdo a ISO 13528:2022) necesarios para realizar una asignación del valor por consenso en este parámetro no es posible realizar una evaluación del desempeño. Sin embargo, en el siguiente cuadro se muestran los resultados reportados por los participantes de manera informativa.

Participante	Resultado reportado (g/t)
3485	0,02
3AC8	0,02

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.01	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 35 de 37	Vigente desde: 2024-03-05	Nº de Registro: 013/2024

Participante	Resultado reportado (g/t)
51DA	0,02
EA18	0,02
D76B	0,06
ED52	0,06
4701	0,34
8D68	13,27

Tabla 39. 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 7 laboratorios de diferentes departamentos de Bolivia. Es importante resaltar que la numeración de la tabla N° 40 es solamente un indicativo del número de laboratorios participantes en el presente Ensayo, no está asociada a los códigos de participación de los laboratorios.

Nº	INSTITUCIÓN	DEPARTAMENTO
1	IMPALA TERMINALS BOLIVIA SERVICIOS LOGISTICOS S. A.	Oruro
2	LABORATORIO MINERA KORISUNQU S.A.	Potosí
3	LABORATORIO QUÍMICO CONDE MORALES	Oruro
4	LABORATORIO QUÍMICO FLORES VFJ	Potosí
5	LABORATORIO QUÍMICO MANQUIRI	Potosí
6	LABORATORIO QUÍMICO SAN VICENTE - PAN AMERICAN SILVER BOLIVIA S.A	Potosí
7	TECAP GLOBAL SOLUTIONS S.R.L	La Paz

Tabla 40. Participantes del Ensayo de Aptitud EQ-0172 Minerales de Oro y Plata.

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, 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.

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.01	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 36 de 37	Vigente desde: 2024-03-05	N° de Registro: 013/2024

- Los resultados reportados en los parámetros Antimonio en Mineral de Plata 1, Arsénico en Mineral de Plata 1, Hierro en Mineral de Plata 1, Bismuto en Mineral de Plata 2, Antimonio en Mineral de Plata 3, Arsénico en Mineral de Plata 3, Hierro en Mineral de Plata 3 están considerados como valores informativos y no fueron evaluados debido al número insuficiente de participantes que deben pertenecer a diferentes laboratorios.
- Los resultados reportados en el parámetro de Oro en Mineral de Oro están considerados como informativos y no fueron evaluados debido al incumplimiento de los supuestos estadísticos descritos en la norma ISO 13528:2022.

12. CONCLUSIONES

- Se logró brindar a los participantes una herramienta para evaluar su desempeño y demostrar su competencia técnica para realizar los ensayos en Minerales de Oro y Plata en el presente ensayo de aptitud.
- El diseño estadístico y los criterios de evaluación utilizados por el IBMETRO como proveedor fueron adecuados para el propósito del ensayo de aptitud.
- Se recomienda, cuando sea posible, el uso de materiales de referencia certificados, uso de materiales de control de calidad, entre otros, según lo recomendado en la norma ISO/IEC 17025 para el aseguramiento de la calidad de las mediciones.
- 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.

13. 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.01	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 37 de 37	Vigente desde: 2024-03-05	N° de Registro: 013/2024

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.