

INSTITUTO BOLIVIANO DE METROLOGÍA  
IBMETRO



INFORME FINAL  
ENSAYO DE APTITUD  
EQ-0141

“DETERMINACION DE ANTIMONIO, PLOMO Y  
ARSENICO”


MATRIZ: MINERALES DE ANTIMONIO

DIRECCIÓN DE METROLOGÍA  
INDUSTRIAL Y CIENTÍFICA – DMIC

Año 2023


---

Elaborado por:	Julian Ernesto Morales Alarcon	Fecha:	2023-06-27
Revisado por:	Jose Luis Gonzales Quino	Fecha:	2023-06-28

<b>DMIC-EAQ-PE-001/F07</b>	<b>FORMULARIO</b>	
<b>V.00</b>	<b>INFORME FINAL DE ENSAYO DE APTITUD</b>	
<b>Página 2 de 15</b>	<b>Vigente desde: 2023-06-25</b>	

## ÍNDICE GENERAL

1.	INTRODUCCIÓN.....	3
2.	OBJETIVOS.....	3
3.	ORGANIZACIÓN .....	3
4.	UNIDAD DE COORDINACIÓN .....	4
5.	MATERIALES DE REFERENCIA - ITEMS DE ENSAYO .....	4
6.	VALORES DE REFERENCIA .....	4
7.	CONFIDENCIALIDAD .....	5
8.	EVALUACION DE DESEMPEÑO.....	5
9.	RESULTADOS .....	6
9.1.	Antimonio en Concentrado de Antimonio .....	6
9.2.	Arsenico en Concentrado de Antimonio .....	7
9.3.	Plomo en Concentrado de Antimonio.....	8
9.4.	Antimonio en Trioxido de Antimonio Crudo .....	8
9.5.	Arsenico en Trioxido de Antimonio Crudo .....	9
9.6.	Plomo en Trioxido de Antimonio Crudo.....	10
9.7.	Antimonio en Trioxido de Antimonio Refinado .....	11
9.8.	Arsenico en Trioxido de Antimonio Refinado .....	12
9.9.	Plomo en Trioxido de Antimonio Refinado.....	13
10	LABORATORIOS PARTICIPANTES .....	14
11	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	14

<b>DMIC-EAQ-PE-001/F07</b>	<b>FORMULARIO</b>	
<b>V.00</b>	<b>INFORME FINAL DE ENSAYO DE APTITUD</b>	
<b>Página 3 de 15</b>	<b>Vigente desde: 2023-06-25</b>	

## 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 el área, para mejorar las capacidades analíticas y de gestión en laboratorios bolivianos.

Cabe resaltar que para que un laboratorio 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 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. OBJETIVOS

- Determinar el desempeño de los laboratorios que realizan ensayos en la determinación de parámetros en minerales de antimonio mediante métodos apropiados con la finalidad de mejorar la confiabilidad de sus resultados y contar con criterios objetivos para evaluar su capacidad técnica.
- Promover el uso regular de los ensayos de aptitud como una herramienta para el aseguramiento interno de la calidad en los laboratorios.
- Otorgar criterios objetivos para identificar problemas (por ejemplo, con el desempeño del personal o la calibración del instrumental) e iniciar acciones correctivas.
- Establecer el nivel de exactitud y el grado de comparación en métodos de ensayo y en forma similar, hacer seguimiento a métodos establecidos y proveer confianza adicional a los clientes de los laboratorios.

## 3. 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](http://www.ibmetro.gob.bo)

<b>DMIC-EAQ-PE-001/F07</b>	<b>FORMULARIO</b>	
<b>V.00</b>	<b>INFORME FINAL DE ENSAYO DE APTITUD</b>	
<b>Página 4 de 15</b>	<b>Vigente desde: 2023-06-25</b>	

#### 4. UNIDAD DE COORDINACIÓN

##### COMITÉ CIENTIFICO - TÉCNICO

Lic. Julian Morales – Coordinador Técnico y Responsable estadístico del ensayo de aptitud

Lic. Jose Luis Gonzales – Supervisor de Metrología Química

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

##### PERSONAL DE APOYO

Ing. Yamil Acho – Colaborador Técnico

Lic. Jimena Torrez – Colaborador Técnico

Lic. Gilda Cruz – Colaborador Técnico

Ing. Maria Gamboa – Colaborador Técnico

#### 5. MATERIALES DE REFERENCIA - ITEMS DE ENSAYO


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

<b>Matriz</b>	<b>Ítem de ensayo</b>	<b>Parámetros:</b>
Concentrado de Antimonio	Sobre de aprox. 100 g	TOTAL: 3 Parámetros Antimonio, Plomo, Arsenico
Trióxido de Antimonio Crudo	Sobre de aprox. 50 g	TOTAL: 3 Parámetros Antimonio, Plomo, Arsenico
Trióxido de Antimonio Refinado	Sobre de aprox. 50 g	TOTAL: 3 Parámetros Antimonio, Plomo, Arsenico

**Tabla 1:** Descripciones del ítem de ensayo en Minerales de Antimonio.

#### 6. VALORES DE REFERENCIA

El valor asignado para los diferentes parámetros se obtuvo a partir de mediciones realizadas con material de referencia. La incertidumbre estándar de cada uno de los valores asignados ha sido de igual manera medida y estimada.

DMIC-EAQ-PE-001/F07	FORMULARIO	
V.00	INFORME FINAL DE ENSAYO DE APTITUD	
Página 5 de 15	Vigente desde: 2023-06-25	

## 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. EVALUACION DE DESEMPEÑO

El tratamiento de los datos para la evaluación del desempeño estará basado en la Norma ISO 13528:2015, "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.

$$Z_i = \frac{y_i - y_{ref}}{\sigma_{pt}}$$

Donde:

$y_{ref}$  = Valor de referencia

$y_i$  = Resultado del laboratorio

$\sigma_{pt}$  = Estimador de la dispersión de los laboratorios

Al tratarse de un Ensayo de Aptitud con un número reducido de participantes (menor a 5) El estimador de dispersión se obtuvo del modelo general de Horwitz.

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

Donde

$c$  = concentración masica del analito en interés.


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.

En los parámetros en los que la incertidumbre del valor asignado era considerable y que no se cumple con:

$$u_{pt} < 0,3 \sigma_{pt}$$

DMIC-EAQ-PE-001/F07	FORMULARIO	
V.00	INFORME FINAL DE ENSAYO DE APTITUD	
Página 6 de 15	Vigente desde: 2023-06-25	

Se utilizó el z'-score para la evaluación de los participantes. Este valor considera la incertidumbre del valor asignado en la evaluación y en la contribución del estadístico de evaluación..

$$(\sigma'_{pt})^2 = (\sigma_{pt})^2 + (u_{pt})^2$$

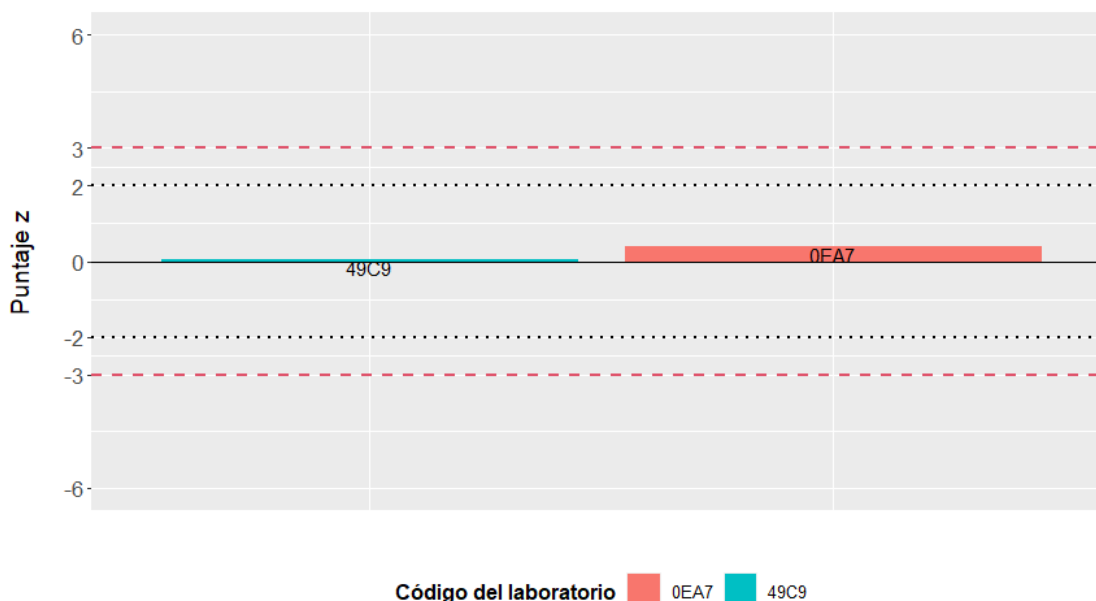
## 9. RESULTADOS

### 9.1. Antimonio en Concentrado de Antimonio

Parámetro	Valor asignado		
	Valor (g/100g)	Dispersión ( $\sigma_{pt}$ )	Incertidumbre (g/100g)
Antimonio	66,15	0,81	0,37


**Tabla 2:** Valores MR para Antimonio en Concentrado de Antimonio

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



**Gráfico 1:** Dispersión de resultados de Antimonio en Concentrado de Antimonio

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

DMIC-EAQ-PE-001/F07	FORMULARIO	
V.00	INFORME FINAL DE ENSAYO DE APTITUD	
Página 7 de 15	Vigente desde: 2023-06-25	

Participante	Resultado reportado	Puntaje z	Resultado de evaluación
0EA7	66,51	0,40	Satisfactorio
49C9	66,19	0,04	Satisfactorio

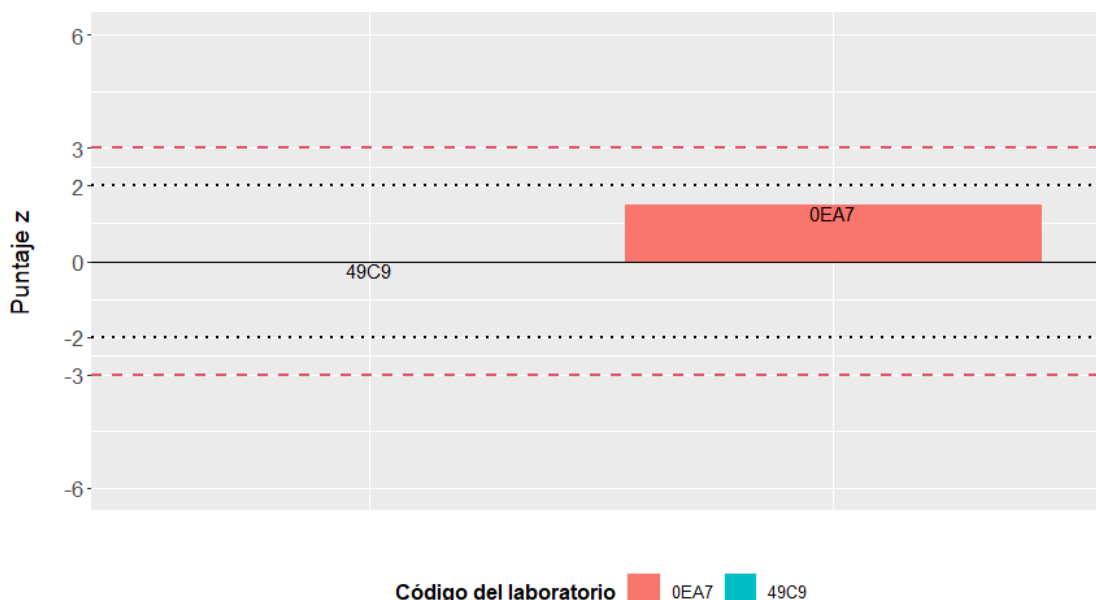
**Tabla 3:** Evaluación del desempeño en el parámetro de Antimonio

## 9.2. Arsenico en Concentrado de Antimonio

Parámetro	Valor asignado		
	Valor (g/100g)	Dispersión ( $\sigma_{pt}$ )	Incertidumbre (g/100g)
Arsenico	0,02	0,0014	0,01

**Tabla 4:** Valores MR para Arsenico en Concentrado de Antimonio

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



**Gráfico 2:** Dispersión de resultados de Arsenico en Concentrado de Antimonio

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
0EA7	0,035	1,49	Satisfactorio
49C9	0,020	0,00	Satisfactorio

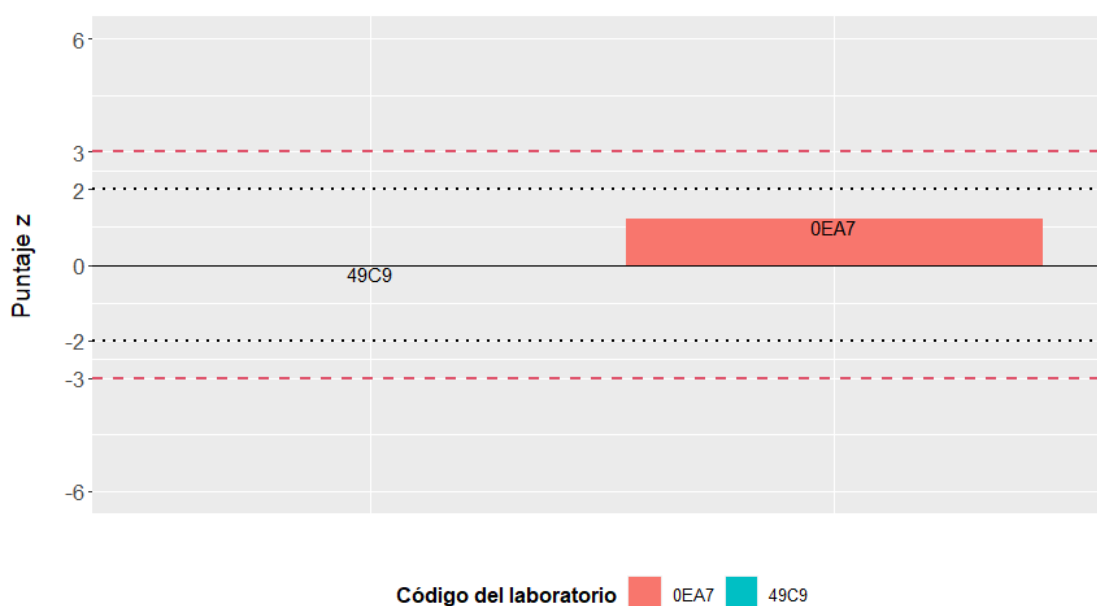
**Tabla 5:** Evaluación del desempeño en el parámetro de Arsenico

### 9.3. Plomo en Concentrado de Antimonio

Parámetro	Valor asignado		
	Valor (g/100g)	Dispersión ( $\sigma_{pt}$ )	Incertidumbre (g/100g)
Plomo	0,81	0,033	0,01

**Tabla 6:** Valores MR para Plomo en Concentrado de Antimonio

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



**Gráfico 3:** Dispersión de resultados de Plomo en Concentrado de Antimonio

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
0EA7	0,85	1,21	Satisfactorio
49C9	0,81	0,00	Satisfactorio

**Tabla 7:** Evaluación del desempeño en el parámetro de Plomo

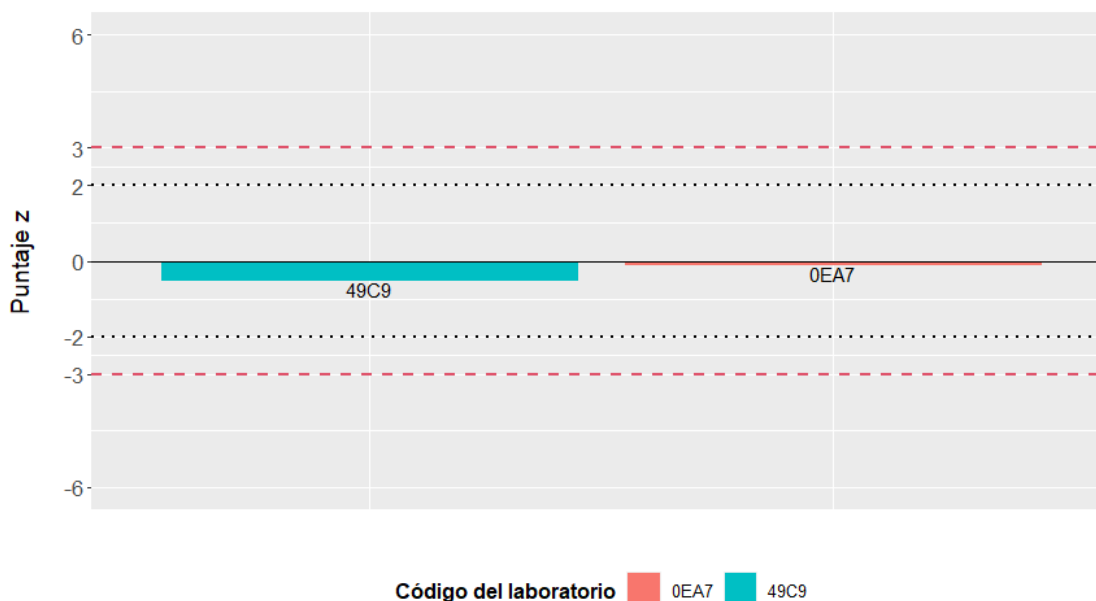
### 9.4. Antimonio en Trióxido de Antimonio Crudo

Parámetro	Valor asignado		
	Valor (g/100g)	Dispersión ( $\sigma_{pt}$ )	Incertidumbre (g/100g)
Antimonio	81,76	0,90	0,28

**Tabla 8:** Valores MR para Antimonio en Trióxido de Antimonio Crudo



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



**Gráfico 4:** Dispersión de resultados de Antimonio en Trióxido de Antimonio Crudo

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
0EA7	81,72	-0,14	Satisfactorio
49C9	81,60	-0,54	Satisfactorio

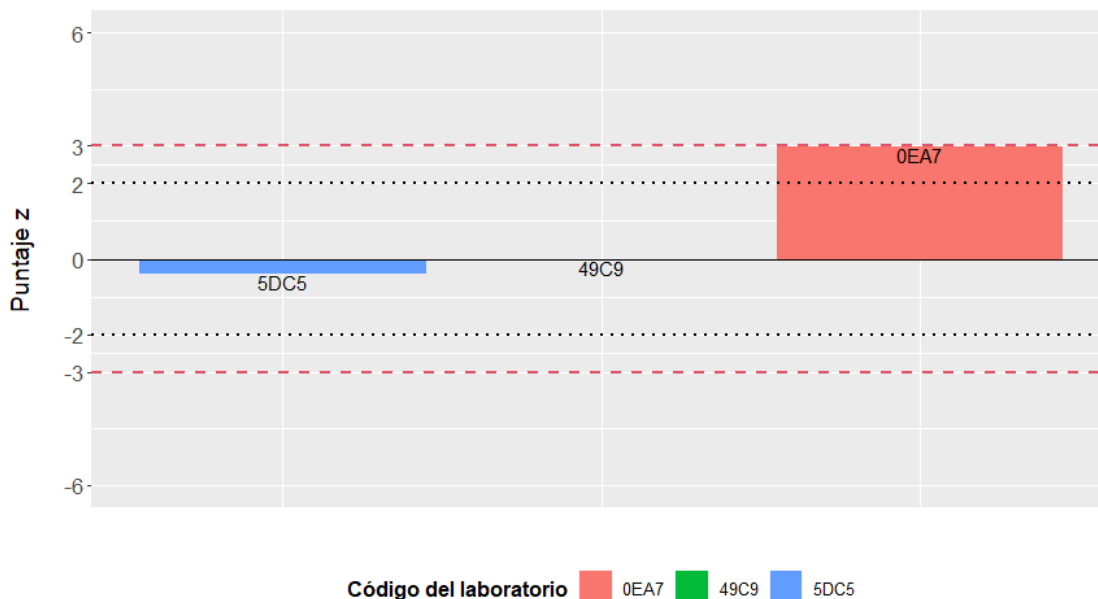
**Tabla 9:** Evaluación del desempeño en el parámetro de Antimonio

### 9.5. Arsenico en Trióxido de Antimonio Crudo

Parámetro	Valor asignado		
	Valor (g/100g)	Dispersión ( $\sigma_{pt}$ )	Incertidumbre (g/100g)
Arsenico	0,02	0,0014	0,01

**Tabla 10:** Valores MR para Arsenico en Trióxido de Antimonio Crudo

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



**Gráfico 5:** Dispersión de resultados de Arsenico en Trióxido de Antimonio Crudo

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
0EA7	0,050	2,97	Cuestionable
49C9	0,020	0,00	Satisfactorio
5DC5	0,016	-0,40	Satisfactorio

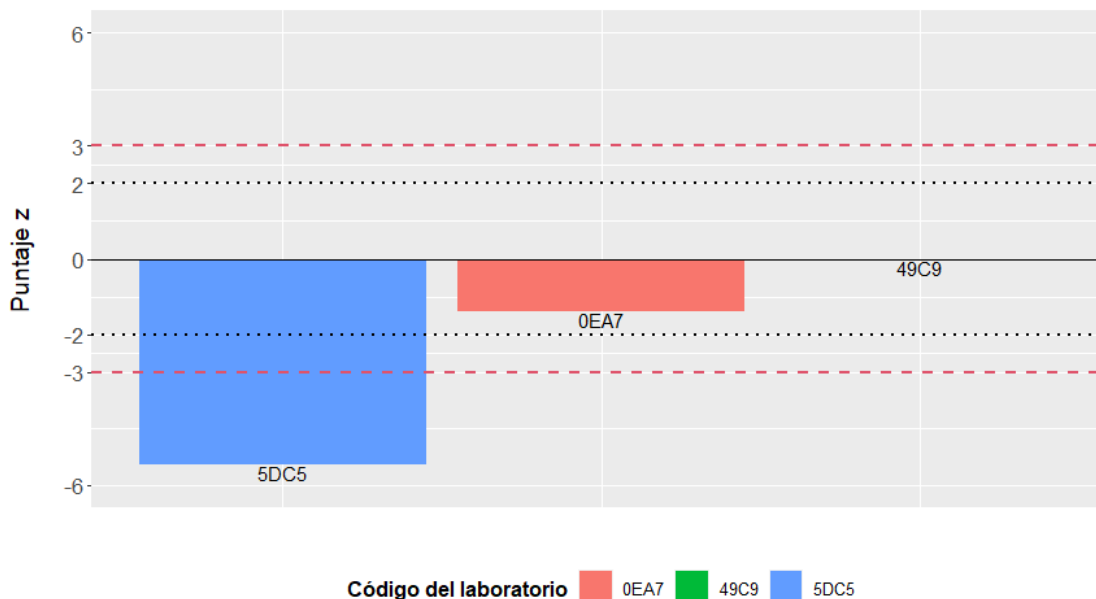
**Tabla 11:** Evaluación del desempeño en el parámetro de Arsenico.

### 9.6. Plomo en Trióxido de Antimonio Crudo

Parámetro	Valor asignado		
	Valor (g/100g)	Dispersión ( $\sigma_{pt}$ )	Incertidumbre (g/100g)
Plomo	1,01	0,04	0,04

**Tabla 12:** Valores MR para Plomo en Trióxido de Antimonio Crudo

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



**Gráfico 6:** Dispersión de resultados de Plomo en Trióxido de Antimonio Crudo

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
0EA7	0,930	-1,40	Satisfactorio
49C9	1,010	0,00	Satisfactorio
5DC5	0,698	-5,45	Insatisfactorio

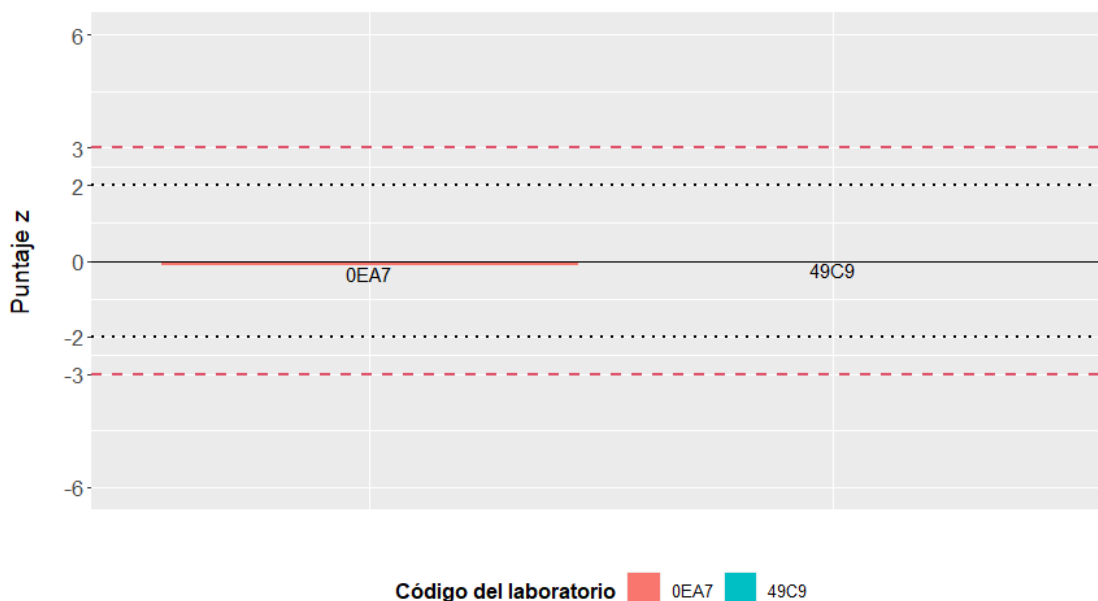
**Tabla 13:** Evaluación del desempeño en el parámetro de Plomo.

### 9.7. Antimonio en Trióxido de Antimonio Refinado

Parámetro	Valor asignado		
	Valor (g/100g)	Dispersión ( $\sigma_{pt}$ )	Incertidumbre (g/100g)
Antimonio	83,41	0,91	0,09

**Tabla 14:** Valores MR para Antimonio en Trióxido de Antimonio Refinado

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



**Gráfico 7:** Dispersión de resultados de Antimonio en Trióxido de Antimonio Refinado

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
0EA7	83,310	-0,11	Satisfactorio
49C9	83,405	-0,01	Satisfactorio

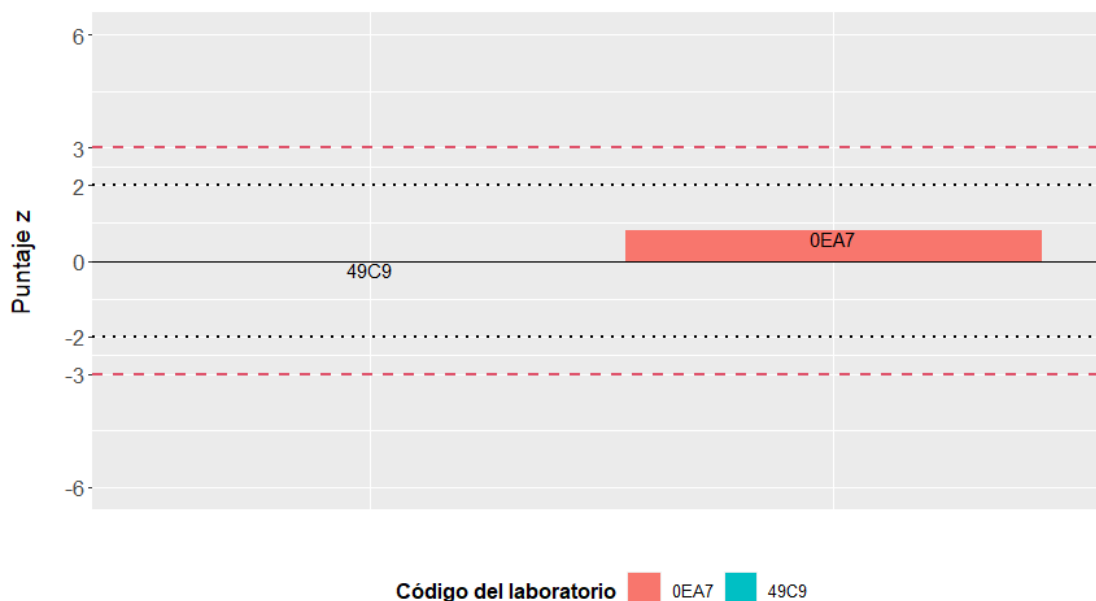
**Tabla 15:** Evaluación del desempeño en el parámetro de Antimonio

### 9.8 Arsenico en Trióxido de Antimonio Refinado

Parámetro	Valor asignado		
	Valor (g/100g)	Dispersión ( $\sigma_{pt}$ )	Incertidumbre (g/100g)
Arsenico	0,02	0,0014	0,01

**Tabla 16:** Valores MR para Arsenico en Trióxido de Antimonio Refinado

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



**Gráfico 8:** Dispersión de resultados de Arsenico en Trióxido de Antimonio Refinado

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
0EA7	0,028	0,79	Satisfactorio
49C9	0,020	0,00	Satisfactorio

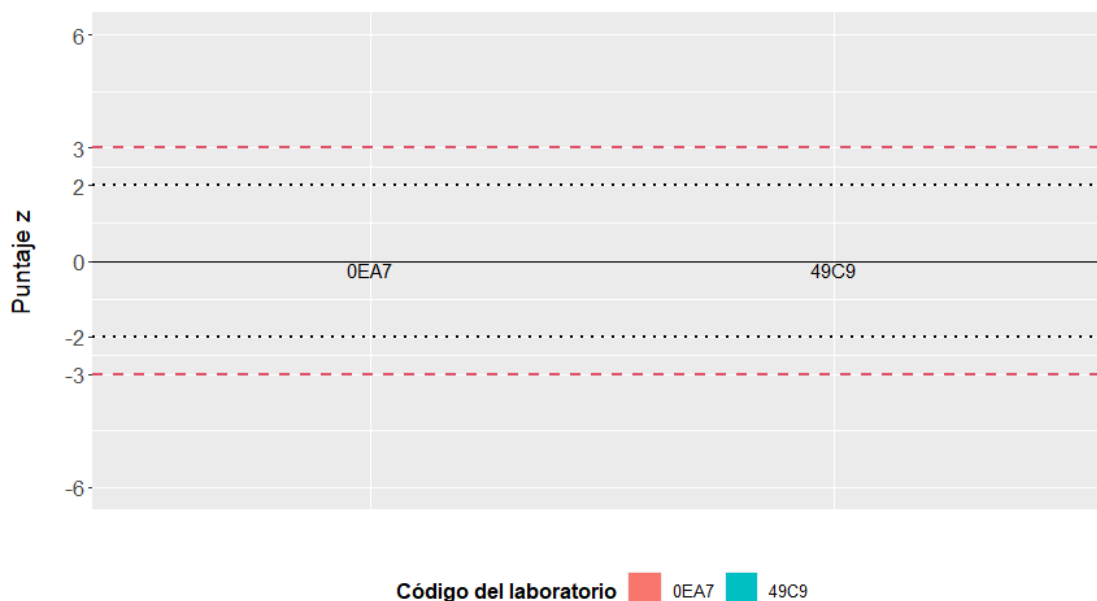
**Tabla 17:** Evaluación del desempeño en el parámetro de Arsenico.

### 9.9 Plomo en Trióxido de Antimonio Refinado

Parámetro	Valor asignado		
	Valor (g/100g)	Dispersión ( $\sigma_{pt}$ )	Incertidumbre (g/100g)
Plomo	0,03	0,020	0,01

**Tabla 18:** Valores MR para Plomo en Trióxido de Antimonio Refinado

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



**Gráfico 9:** Dispersión de resultados de Plomo en Trióxido de Antimonio Refinado

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
0EA7	0,03	0,00	Satisfactorio
49C9	0,03	0,00	Satisfactorio

**Tabla 19:** Evaluación del desempeño en el parámetro de Plomo.

## 10 LABORATORIOS PARTICIPANTES


Es importante resaltar que la información de la tabla N° 20 es solamente un indicativo del número de laboratorios participantes en el presente Ensayo, no está asociada a los códigos de participación de los laboratorios.

PARTICIPANTE	CIUDAD
LABORATORIO COMINESA	Oruro
LABORATORIO QUIMICO CONDE MORALES	Oruro
LABORATORIO KENNAMETAL	La Paz

**Tabla 20:** Participantes del ensayo de aptitud SOCIEDAD AGROINDUSTRIAL

## 11 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

NB/ISO/IEC 17043:2010. "Evaluación de la Conformidad – Requisitos generales para los Ensayos de Aptitud".

<b>DMIC-EAQ-PE-001/F07</b>	<b>FORMULARIO</b>	
<b>V.00</b>	<b>INFORME FINAL DE ENSAYO DE APTITUD</b>	
<b>Página 15 de 15</b>	<b>Vigente desde: 2023-06-25</b>	

IUPAC Technical Report (2006). The international harmonized protocol for the proficiency testing of analytical chemistry laboratories.

ISO 13528 (2015). 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.

ISO Guide 35:2006 Reference Material – General and Statistical Principles for Certification