



INFORME A(Final)

ENSAYO DE APTITUD MINERAL DE COBRE

INN – DCN N° C-2403

Organizador
Red Nacional de Metrología – CODELCO Chuquicamata – División de
Metrología Instituto Nacional de Normalización

Elaborado y revisado por:

Lic. Q Ariel Tirado S.,

Encargado técnico y calidad Laboratorio Designado

Aprobado por:

Ing. BQ Carola Fernández R.-

Jefa Laboratorio Designado

Coordinación INN-UCS / RNM:

Ing. Q William Güin T.

Asesor División Metrología

TABLA DE CONTENIDO

1.	Antecedentes Generales.....	3
2.	Antecedentes del Estudio.....	5
3.	Plan de Trabajo.....	5
4.	Laboratorios Participantes	6
5.	Identificación y preparación de las muestras.....	7
5.1	Homogeneidad del material	8
5.2	Test de Homogeneidad	9
5.3	Test de Estabilidad	10
5.4	Valor Asignado y Trazabilidad de las mediciones por Laboratorio Químico Organizador	11
6.	Participantes que presentaron resultados.....	12
7.	Evaluación de Resultados Informados	13
8.	Resultados Informados.....	14
8.1	Resultados individuales por Laboratorio	14
8.2	Resultados por Laboratorio comparando Incertidumbre calculada vs dispersión de los datos informados.	19
8.4	Resumen desempeño en error normalizado	22
8.5	Resultados por Elemento para Error Normalizado	23
9.	Análisis de los resultados por Técnica.....	26
10.	Resumen.....	29
11.	Recomendaciones.....	29
12.	ANEXOS.....	34
Anexo 1:	Análisis complementario de los resultados	34
Anexo 2:	Resultados reportados por laboratorios en muestra.....	40
Anexo 3:	Metodología de análisis químico utilizado por laboratorio para Minerales	45
Anexo 4:	Evaluación de desempeño de Error Normalizado	49

1. ANTECEDENTES GENERALES

El Laboratorio Químico Central de Codelco es el Instituto Designado y Laboratorio Nacional de Referencia en el ámbito de la Metrología Química para las mediciones y certificación de minerales, concentrados y aleaciones de cobre, según se indica en el decreto supremo N°347 del 17 de diciembre de 2007 del Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción del Gobierno de Chile.

La colaboración entre Codelco y el Instituto Nacional de Normalización (INN) en la implementación de Rondas Inter-Laboratorios y Ensayos de Aptitud (EA) marca un hito significativo en la búsqueda constante de la excelencia en la industria minera. Estas pruebas, fundamentales en el contexto analítico, desempeñan un papel crucial en la garantía de la calidad y la precisión de los resultados obtenidos en los diferentes procesos mineros.

En el ámbito minero, donde la exactitud de los análisis químicos y físicos es esencial para tomar decisiones cruciales, las rondas de aptitud se convierten en un pilar fundamental. Estas pruebas permiten evaluar la consistencia y la confiabilidad de los métodos de análisis utilizados en múltiples laboratorios, proporcionando una comparación entre distintas instalaciones y técnicas, con la asignación de valor dado por el Instituto Designado. Así, se identifican discrepancias, errores sistemáticos o variabilidades, lo que lleva a mejoras continuas en los procesos, la validación de resultados y, en última instancia, a la optimización de la calidad en la producción minera.

La importancia de estas pruebas radica en su capacidad para fortalecer la confianza en los datos analíticos, lo que se traduce en decisiones más precisas y fundamentadas en el ámbito minero. Al colaborar estrechamente con el INN, Codelco se posiciona como un referente en la implementación de estándares de calidad, reforzando su compromiso con la excelencia operativa y la sostenibilidad en la industria minera.

La colaboración estratégica entre entidades como Codelco y el INN en la ejecución de Rondas Inter-Laboratorio y Ensayo de Aptitud no solo promueve la mejora continua, sino que también impulsa la innovación y el desarrollo de prácticas más eficientes y confiables en la obtención y análisis de datos, consolidando así un sector minero más sólido y competitivo en el escenario global.

Importancia de los Ensayos de Aptitud:

Según la norma ISO 17043 se realiza un programa de participación simultánea en Rondas y/o Ensayos de Aptitud.

Estas pruebas implican la distribución de muestras idénticas a los laboratorios para que realicen análisis, lo que permite comparar y evaluar la precisión y la fiabilidad de los resultados obtenidos por cada uno. La importancia de estos EA es multidisciplinaria:

1. Calidad y precisión de los análisis: Las rondas Inter laboratorios ayudan a evaluar la precisión y la exactitud de los métodos analíticos utilizados por diferentes laboratorios. Permiten identificar posibles variaciones, errores o discrepancias entre los resultados obtenidos por cada laboratorio, lo que ayuda a mejorar y estandarizar los procedimientos.
2. Aseguramiento de la calidad: Son una herramienta fundamental en el aseguramiento de la calidad de los resultados analíticos. Proporcionan retroalimentación sobre la capacidad de los laboratorios para producir mediciones confiables y precisas, lo que contribuye a mantener altos estándares de calidad.
3. Certificación y acreditación: Son un requisito común para la certificación de productos y acreditación de laboratorios. Demostrar la participación exitosa en EA es a menudo un componente clave para obtener o mantener la acreditación, lo que aumenta la credibilidad y la confianza en los servicios de los laboratorios.
4. Identificación de áreas de mejora: Las discrepancias observadas durante los EA pueden identificar áreas de mejora en los métodos de prueba, la calibración de equipos, la capacitación del personal y la gestión de la calidad, lo que permite implementar acciones correctivas y preventivas.
5. Desarrollo de estándares y metodologías: Los resultados de los EA pueden contribuir al desarrollo y la revisión de estándares y metodologías analíticas, ya que proporcionan información valiosa sobre la precisión y la variabilidad en las mediciones. En resumen, los EA desempeñan un papel esencial en la garantía de la calidad, la mejora continua y la confiabilidad de los resultados analíticos, lo que finalmente beneficia a la industria en general al promover estándares más altos y la consistencia en los análisis.

2. ANTECEDENTES DEL ESTUDIO

Este informe contiene los resultados del primer Ensayo de Aptitud, año 2024, para minerales de cobre, efectuada en virtud de un Convenio de Desempeño suscrito entre el Instituto Nacional de Normalización y la División Chuquicamata de Codelco Chile.

Los Análisis estadísticos basados en las siguientes normas:

- **NCh ISO 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 comparison”
- **ISO 33405: 2024** “Materiales de referencia - Orientación para la caracterización y evaluación de la homogeneidad y la estabilidad”

Los cuales constan de test de homogeneidad, detección de valores anómalos, determinación de Error normalizado mediante valor asignado, para evaluar desempeño de los participantes

3. PLAN DE TRABAJO

La participación de los laboratorios en estas rondas interlaboratorios, mediante un programa de participación simultánea según la norma NCh ISO 17043, permite disponer de una herramienta para evaluar y demostrar la confiabilidad de los datos que producen, principalmente a aquellos que disponen de una acreditación bajo norma NCh-ISO 17025 o están en vías de obtenerla. Por la condición de sistemático, el programa permite evaluar el desempeño de los laboratorios en el tiempo en el taller de cierre que se realiza en forma anual.

En esta ronda, se entregó una muestra de minerales de cobre las instrucciones específicas se dieron a conocer, por medio de correo electrónico, a cada responsable de laboratorio participante.

La información generada será tratada confidencialmente. INN como coordinador de esta comparación, entrega a cada laboratorio participante un código, con el que hacen llegar sus resultados. Estos resultados, sólo con su código, son enviados al Laboratorio piloto, que corresponde al Laboratorio Químico Codelco División Chuquicamata, en su rol de laboratorio de Referencia Nacional en Metrología Química para minerales y concentrado de cobre.

El trabajo tiene carácter de cooperativo, es decir, no se cobra ni se paga, los laboratorios se comprometieron a realizar los ensayos en la forma planificada y entregar los resultados en los plazos establecidos. El laboratorio organizador se compromete a elaborar un informe claro, preciso, objetivo y que abarque los resultados de todos los participantes, junto con el desempeño de los participantes individuales (NCh-ISO17043, 7.4.3.1).

4. LABORATORIOS PARTICIPANTES

En la siguiente tabla se indica el listado de laboratorios que completaron y enviaron formulario de inscripción para participar en el EA 2403¹

.

N°	Empresa	Sede
1	Bureau Veritas S.A.	Iquique
2	Bureau Veritas S.A.	Calama- Puerto Seco
3	Bureau Veritas S.A.	Antofagasta - La Negra
4	Bureau Veritas S.A.	Caserones
5	Bureau Veritas S.A.	Copiapó
6	Bureau Veritas S.A.	Coquimbo
7	Cesmec S.A.	Santiago
8	Bureau Veritas S.A.	División Andina
9	Codelco	Chuquicamata
10	Codelco	Radomiro Tomic
11	Codelco	El Salvador
12	Codelco	División Ventanas
13	Codelco	División El Teniente
14	SGS Minerals S.A.	LQC, Calama
15	Alfred Knight Group Ltd	Sierra Gorda
16	Alfred Knight Group Ltd	Salamanca
17	ENAMI	Laboratorio Planta Delta
18	Minera Candelaria	Copiapó
19	Minera Centinela	Sierra Gorda
20	Andes Analytical Assay spa	Santiago
21	Ecometales	Calama-RT
22	S.C. Minera El Abra	Calama
23	Sociedad Punta del Cobre S.A.	Copiapo

¹ La numeración indicada en el listado corresponde al orden alfabético y no al número asignado de participación

5. IDENTIFICACIÓN Y PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS

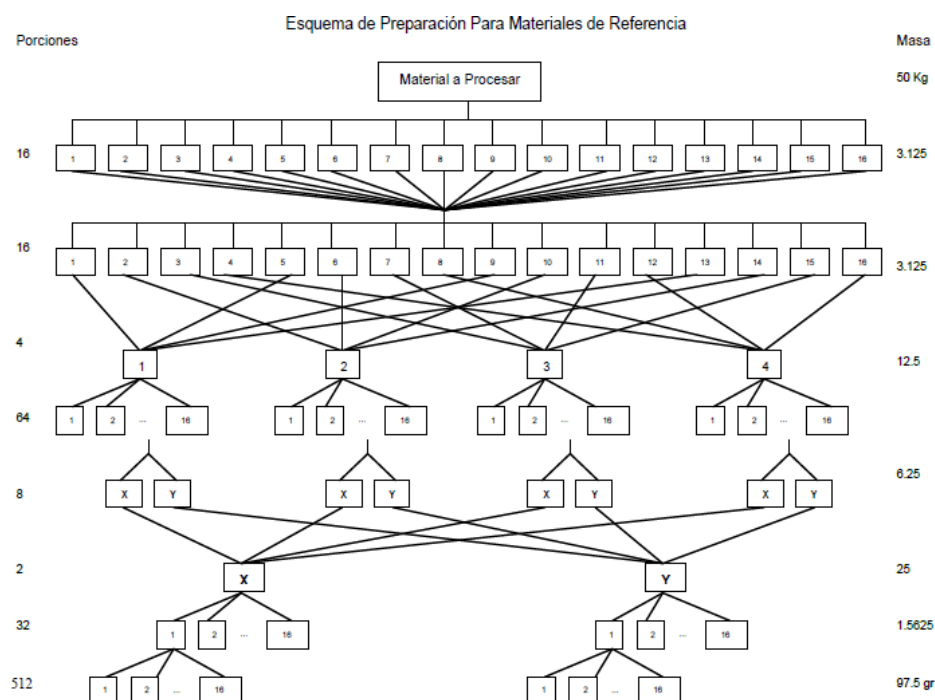
Las muestras son identificadas con claves y corresponde a minerales de cobre de yacimientos de las divisiones de Codelco Chile.

Las muestras utilizadas en el EA están identificadas como:

Mineral : Mineral de Cobre sulfurado de Codelco Chuquicamata

Se seleccionan 50 kg de mineral y/o concentrado, de una zona específica de la mina o planta para representar una matriz definida y niveles de concentración de los elementos de interés adecuados al propósito del Ensayo de Aptitud. La muestra es secada, chancada y pulverizada de modo que su granulometría (tamaño de partícula máxima) sea 100% <150 micrones, medida por tamizado en seco.

Las etapas de división de la muestra se realizaron de acuerdo con el esquema siguiente:



La preparación de Frascos (512 frascos de 97 g c/u aprox.) se realiza en cortador rotatorio.

Se seleccionan 10 muestras en total mediante la metodología random estratificada, 5 muestras de la serie X y 5 muestras de la serie Y para ser sometidas a la prueba de homogeneidad. Según ISO 33405: 2024 (7.4.1.1)

Se aplicaron métodos estadísticos para la evaluación de la homogeneidad entre y dentro de frascos según ISO 33405: 2024 (Requisito N° 7)

5.1 Homogeneidad del material

- a) Homogeneidad entre unidades: se realizó mediante la técnica de ANOVA de una vía. Para ello se comparan los resultados 10 grupos por triplicado (ISO 33405: 2024), dando 30 muestras por analizar. Esto se analiza mediante el programa Python 3.11 Jupyter Notebooks.

La prueba de ANOVA (Análisis de varianza) es una técnica estadística utilizada para comparar las medias de tres o más grupos. El objetivo principal del ANOVA es determinar si existe alguna diferencia significativa entre las medias de los grupos y, en caso afirmativo, identificar cuál o cuáles grupos difieren entre sí.

La NCh Guía ISO 33405: 2024 entrega las siguientes fórmulas:

$$S_{bb}^2 = \frac{MS_{Entre} - MS_{dentro}}{n_0}$$

donde

S_{bb}^2 = varianza debida a la heterogeneidad entre unidades

S_{bb} = desviación estándar debido a heterogeneidad entre unidades

MS_{Entre} = cuadrado de las medias (mean square) entre unidades

MS_{dentro} = cuadrado de las medias (mean square) dentro de las unidades

n_0 = número de replicados

- b) Homogeneidad Suficiente: Según indica la ISO 33405: 2024 en su punto 7.10, para que un Material de Referencia (MR) se acepte como suficientemente homogéneo, la desviación estándar debida a la heterogeneidad entre unidades (S_{bb}) debe ser menor a la desviación estándar de Reproducibilidad Intralaboratorio (S_R) independiente que la evaluación estadística indique un p-value menor o igual a 0,05 lo que determinaría que existen diferencias significativas entre las muestras.

$$S_R = \sqrt{S_r^2 + ESR^2}$$

donde:

ESR^2 = Error de desviación estándar de Reproducibilidad

S_r = desviación estándar de repetibilidad

S_R = Reproducibilidad Total

Según ISO 33405: 2024, al tener una gran cantidad de elementos o propiedades a determinar, uno puede disminuir esa cantidad escogiendo elementos que sean prioritarios en la muestra, en estos casos se deja el Cobre y Molibdeno como elementos de interés comercial, y el Arsénico como elemento castigable de interés.

5.2 Test de Homogeneidad

Tabla Resumen Test homogeneidad Suficiente:

Se confirma el resultado obtenido a través del cálculo de F, desde ANOVA

```
=====
f_critico : 2.3928
=====
f-critico Cu = 0.9683
f calculado < f_critico se acepta hipotesis de homogeneidad suficiente.
=====
f-critico Mo = 0.402
f calculado < f_critico se acepta hipotesis de homogeneidad suficiente.
=====
f-critico As = 0.9268
f calculado < f_critico se acepta hipotesis de homogeneidad suficiente.
=====
```

Nota: el valor del puntaje debe ser interpretado como:

Prueba 1: $F < f\text{-Critico}$

5.3 Test de Estabilidad

Tiempo de estudio 12 meses, desde marzo del 2023 a marzo 2024.

Mediante la siguiente ecuación se puede determinar en el tiempo cumple Criterios de aceptación.

$$|X_{MRC} - X_{med}| \leq k\sqrt{u_{MRC}^2 + u_{med}^2}$$

Donde:

X_{MRC} = Valor Nominal del Material de Referencia

X_{med} = Valor Medio de la muestra

u_{MRC} = Incertidumbre del Material de Referencia

u_{med} = Incertidumbre de la Muestra

para efectos prácticos la sección izquierda de la ecuación, $|X_{MRC} - X_{med}|$ se denominará A y la sección derecha de la ecuación, $k\sqrt{u_{MRC}^2 + u_{med}^2}$ como B

```
Elemento: Cu (%)
Intervalo de confianza al 95% de las medias: [0.611, 0.619]
A = 0.001
B = 0.022
A < B, Cumple el Criterio
-----
Elemento: Fe (%)
Intervalo de confianza al 95% de las medias: [1.446, 1.466]
A = 0.003
B = 0.034
A < B, Cumple el Criterio
-----
Elemento: As (%)
Intervalo de confianza al 95% de las medias: [510.026, 517.399]
A = 4.75
B = 23.706
A < B, Cumple el Criterio
-----
Elemento: Mo (%)
Intervalo de confianza al 95% de las medias: [4855.991, 4905.934]
A = 490.58
B = 628.495
A < B, Cumple el Criterio
-----
Elemento: Ag (mg/Kg)
Intervalo de confianza al 95% de las medias: [5.079, 5.138]
A = 0.664
B = 0.681
A < B, Cumple el Criterio
-----
```

5.4 Valor Asignado y Trazabilidad de las mediciones por Laboratorio Químico Organizador

Para el caso de este material de mineral sulfurado, los valores asignados se realizaron mediante una digestión vía clásica, con ácidos oxidante, posteriormente un acondicionamiento de las muestras en un medio final de ácido clorhídrico, luego las muestras son medidas por la técnica de espectrofotometría de ICP-OES con una calibración externa de patrones de cobre, hierro, molibdeno, arsénico y plata.

Los patrones de calibración certificados utilizados para las mediciones instrumentales son:

- MRC NIST 3114 Copper (Cu) $(10,001 \pm 0,019)$ mg/g
- MRC NIST 3126a Iron (Fe) $(10,013 \pm 0,024)$ mg/g
- MRC NIST 3151 Plata (Ag) $(10,01 \pm 0.03)$ mg/g
- MRC NIST 3134 Molybdenum (Mo) $(9,999 \pm 0,022)$ mg/g
- MRC NIST 3103a Arsenic (As) $(9,999 \pm 0,015)$ mg/g

La metodología de análisis químico para asignar los valores de los analitos solicitados es metrológicamente trazable a un Material de Referencia Certificado de matriz.

- MRC NRC CCRMP Certificado HV-2a Copper Ore $(3,808 \pm 0.032)$ mg/g

Para los análisis químicos se utilizaron equipos calibrados e insumos con trazabilidad comprobada como balanza con precisión de 0,01 mg calibrada con patrón nacional de masa N°B902073203, certificado PTB-11095-22, y masas patrones categoría E2, calibrados por el laboratorio custodio de los patrones nacionales de masa CESMEC, el agua usada es ultra purificada grado I, conductividad electrolítica $< 0.1 \mu\text{S/cm}$.

Los resultados de la concentración de los elementos de interés del EA con sus valores asignados e incertidumbre asociada obtenidos por el Laboratorio Piloto, correspondiente al mineral enviado son:

Valor Asignado con la Incertidumbre estimada:

```
=====
Valor Asignado con Incertidumbre Cu (%):  0.6152 +/- 0.0072
Valor Asignado con Incertidumbre Fe (%):  1.459 +/- 0.033
Valor Asignado con Incertidumbre Mo (mg/Kg):  4389 +/- 314
Valor Asignado con Incertidumbre As (mg/Kg):  508 +/- 11
Valor Asignado con Incertidumbre Ag (mg/Kg):  5.89 +/- 0.37
=====
```

Tabla realizada considerando un coeficiente de cobertura $k=2$ y un nivel confianza del 95%.

6. PARTICIPANTES QUE PRESENTARON RESULTADOS

Los laboratorios presentaron resultados para los elementos que cuentan con métodos de análisis disponibles.

Los participantes que reportaron resultados por debajo de los límites de detección o que no cumplieron con el número de réplicas requeridas por elemento, no fueron incluidos en los cálculos estadísticos.

El detalle de los resultados informados por los laboratorios participantes de la ronda INN – DCN-2403 se presentan en las tablas de Anexos N°2 “Resultados informados por Laboratorios”

Lab.	Cu %	Fe %	Mo mg/Kg	As mg/Kg	Ag mg/Kg
Lab-2	Si	Si	Si	Si	Si
Lab-6	Si	Si	Si	Si	Si
Lab-15	Si	Si	Si	Si	Si
Lab-21	Si				
Lab-28-A	Si	Si	Si		
Lab-28-B	Si	Si	Si		
Lab-29	Si			Si	
Lab-31	Si	Si	Si	Si	
Lab-32-A	Si	Si	Si	Si	
Lab-32-B	Si	Si	Si	Si	
Lab-33	Si	Si		Si	
Lab-35	Si	Si	Si	Si	
Lab-36	Si	Si			Si
Lab-38	Si	Si	Si		
Lab-52	Si	Si	Si	Si	Si
Lab-53	Si				
Lab-66	Si	Si			Si
Lab-80	Si	Si	Si	Si	
Reportado %	100.0	83.3	66.7	61.1	33.3
En %					
Participacion de Laboratorios			68.9		

7. EVALUACIÓN DE RESULTADOS INFORMADOS

Los resultados informados por los laboratorios participantes serán evaluados por medio del Error Normalizado.

El error normalizado es una medida estadística que compara el error absoluto de una predicción o estimación con un valor de referencia. Se utiliza para evaluar la precisión de un modelo o proceso de forma relativa, permitiendo la comparación entre diferentes modelos o situaciones. Se calcula dividiendo el error absoluto entre el rango o la magnitud del valor de referencia. Al normalizarlo, el error se expresa en una escala relativa, facilitando la interpretación y la comparación. Este concepto es común en análisis de datos, control de calidad y modelos predictivos.

Formula de Error Normalizado

$$E_n = \frac{abs|(x - X)|}{\sqrt{U_{lab}^2 + U_{ref}^2}}$$

Donde:

x : Resultado del laboratorio participante

X : Valor asignado.

U_{lab} : Incertidumbre expandida del resultado del participante

U_{ref} : Incertidumbre expandida del valor asignado del laboratorio de referencia.

Interpretación de los resultados según ISO 17043:2023:

$|E_n| < 1,0$: Desempeño “aceptable” y no genera ninguna señal.

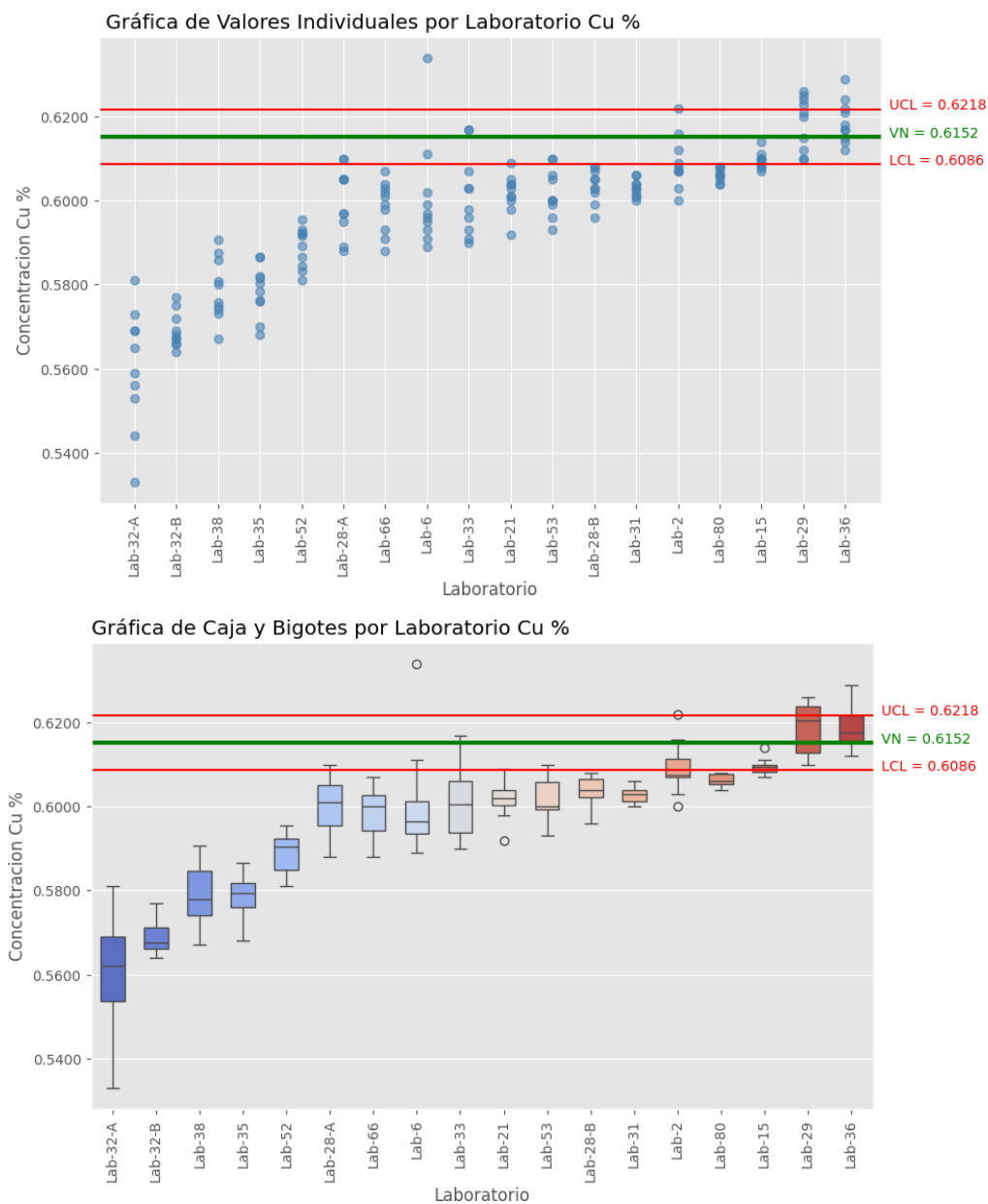
$|E_n| \geq 1,0$: Desempeño “inaceptable” y genera una señal de acción.

8. RESULTADOS INFORMADOS

8.1 Resultados individuales por Laboratorio

Los siguientes gráficos presentan los valores individuales informados por los Laboratorios donde se proporciona una indicación de la dispersión de los resultados.

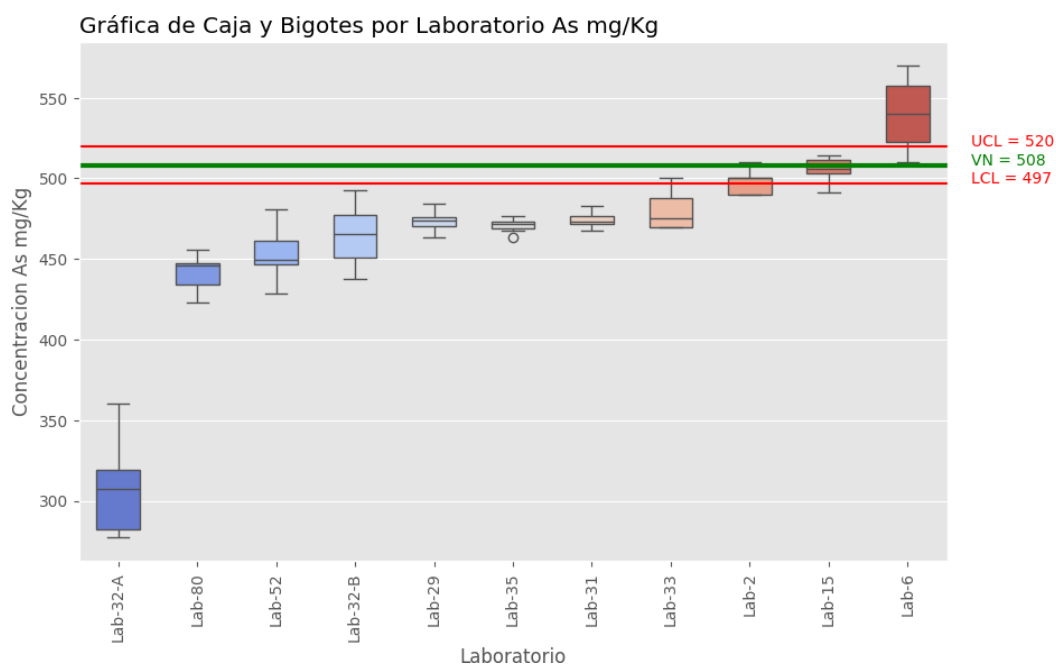
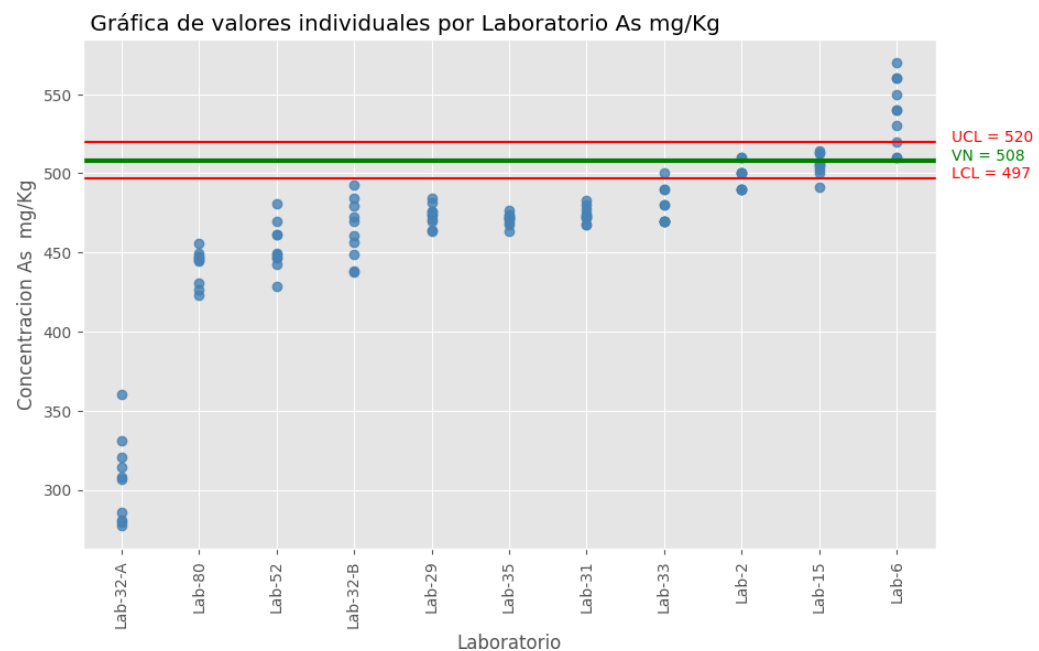
Cu



VN: Valor asignado por Laboratorio Químico Organizador (Piloto)

UCL, LCL: Incertidumbre Expandida

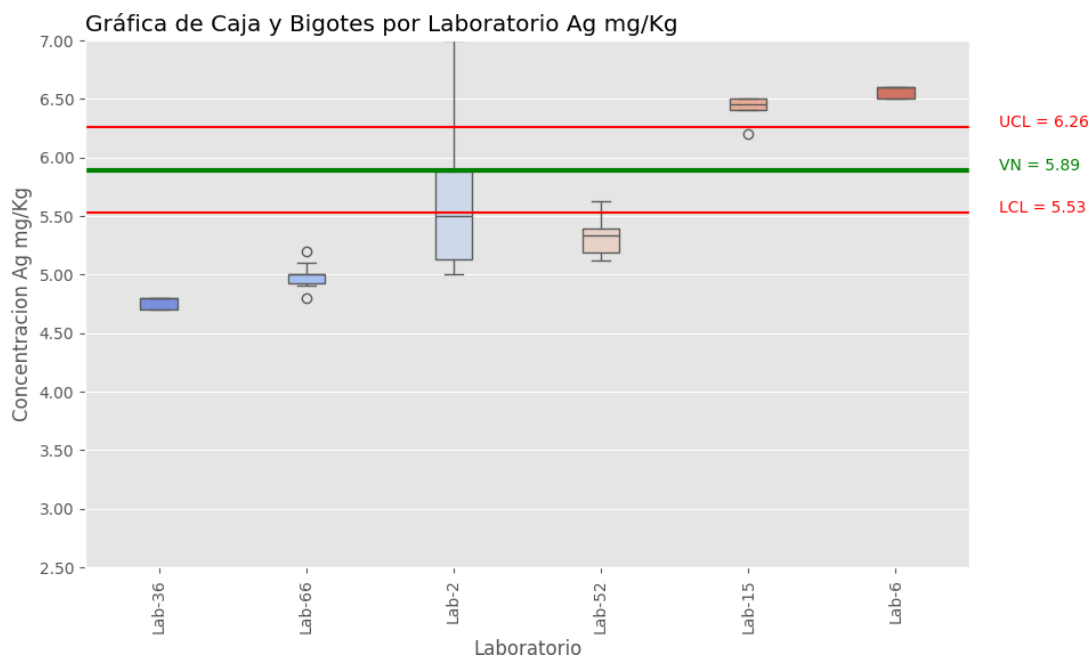
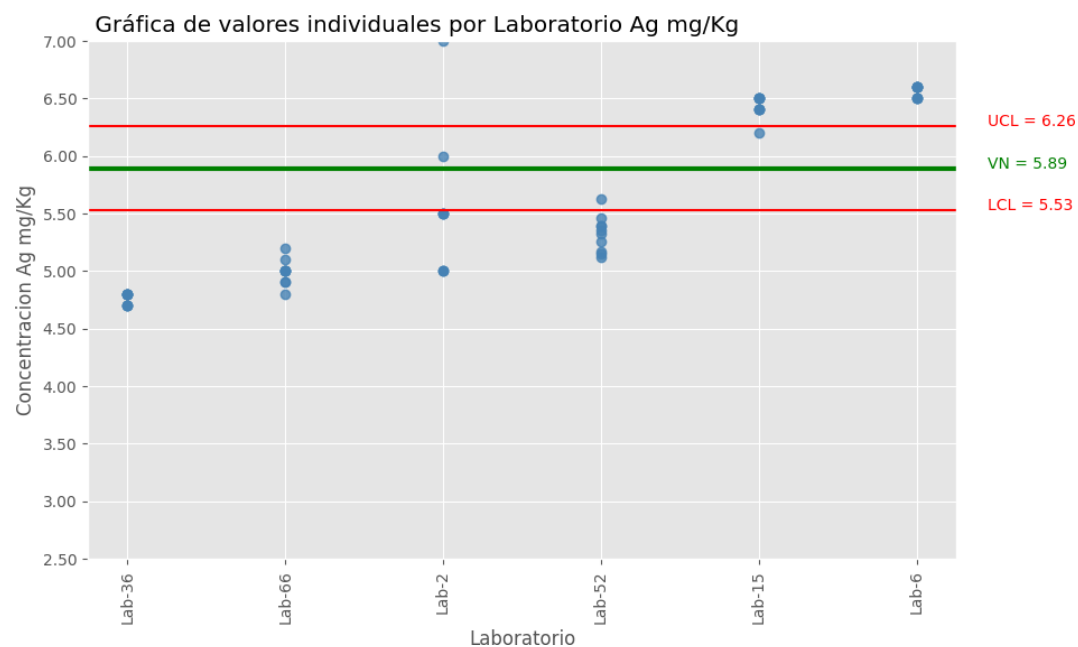
As



VN: Valor asignado por Laboratorio Químico Organizador (Piloto)

UCL, LCL: Incertidumbre Expandida

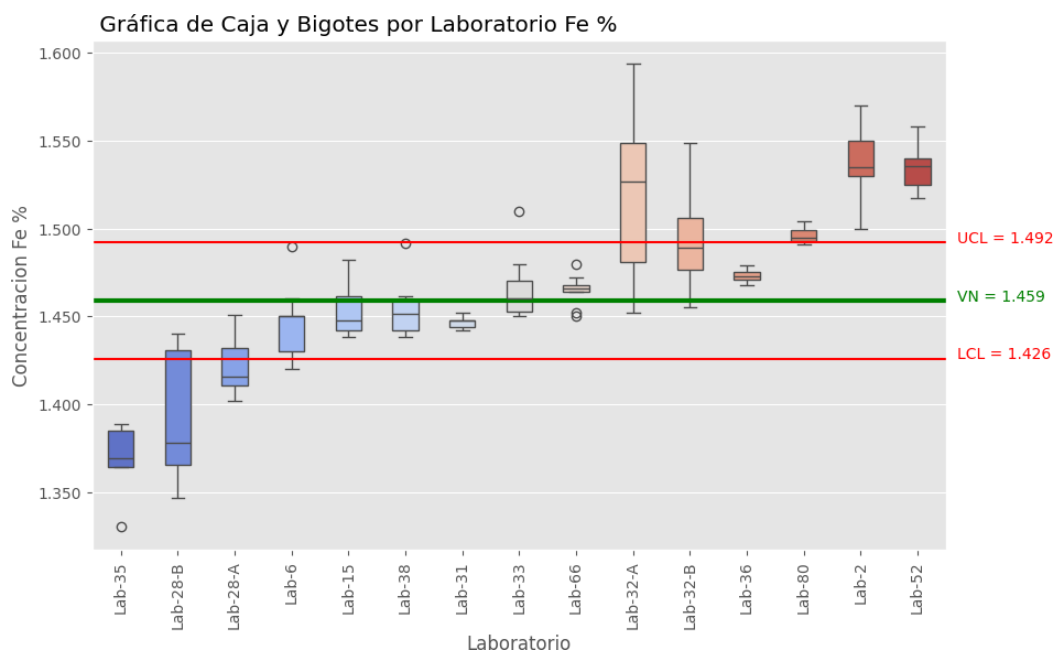
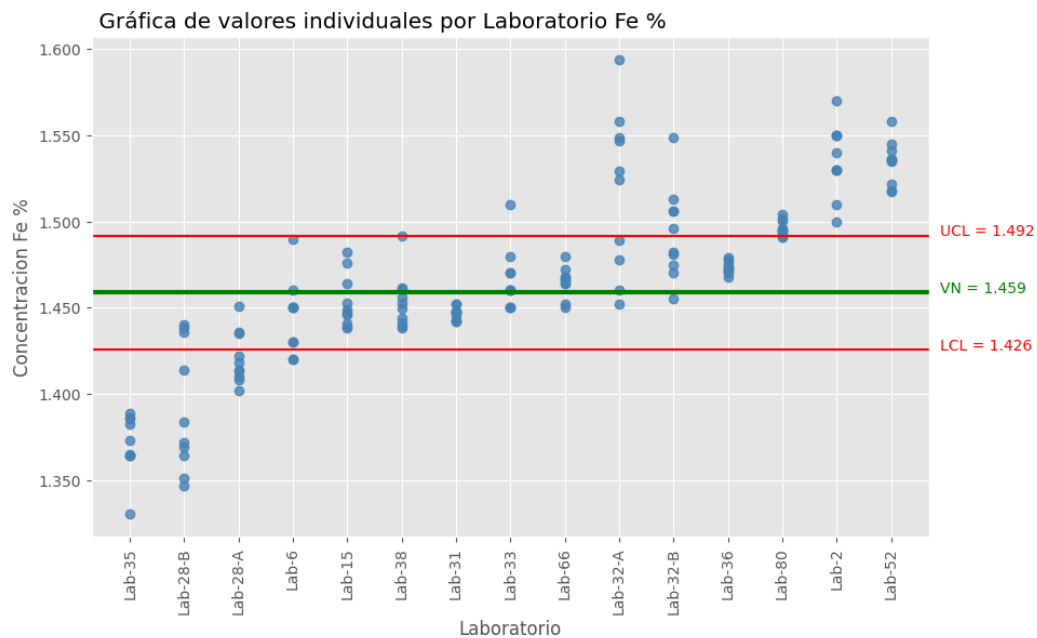
Ag



VN: Valor asignado por Laboratorio Químico Organizador (Piloto)

UCL, LCL: Incertidumbre Expandida

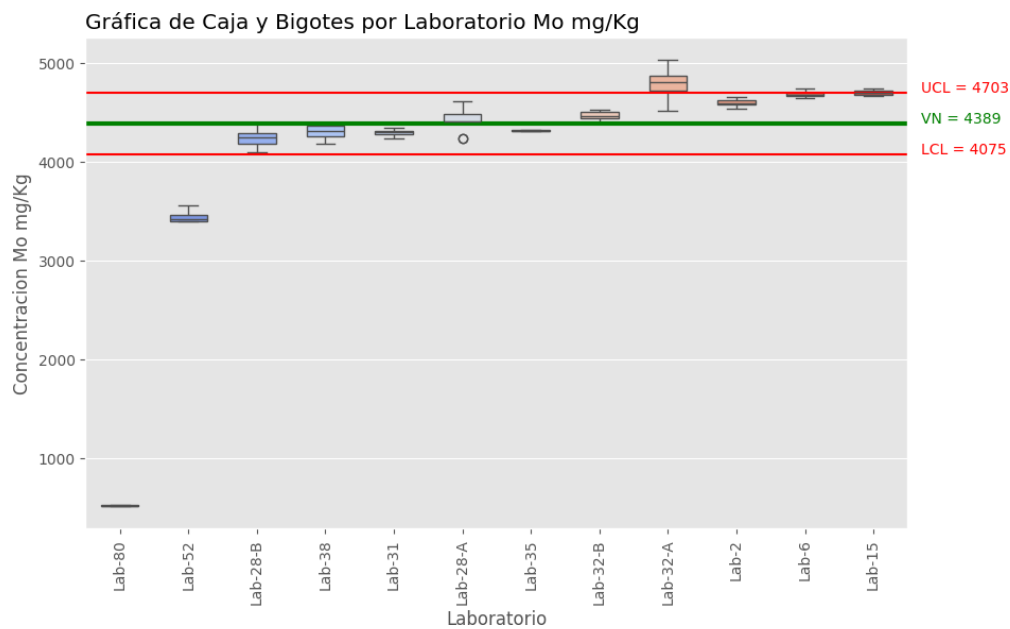
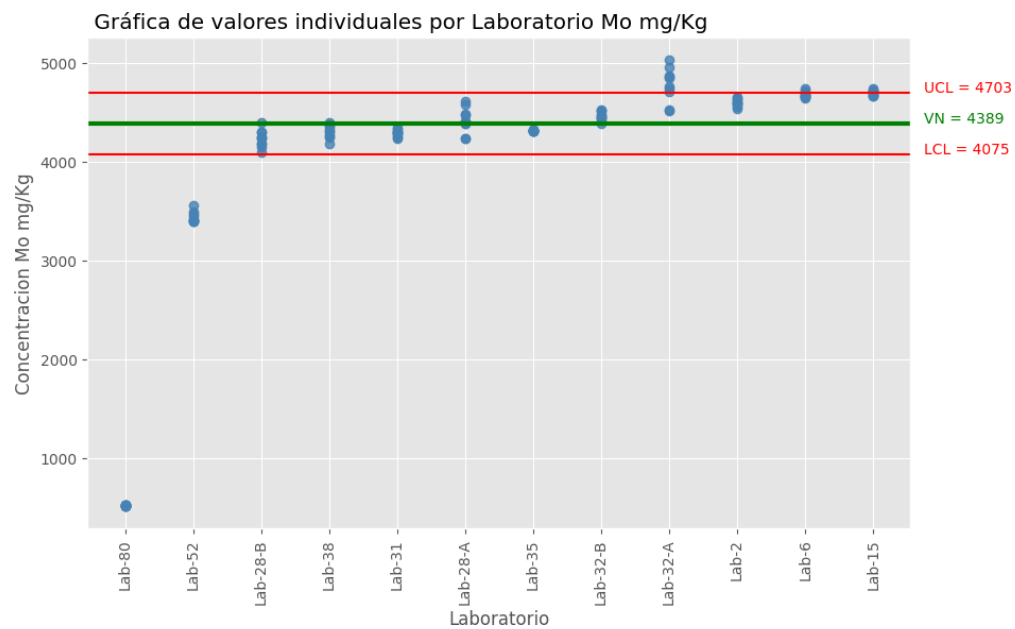
Fe



VN: Valor asignado por Laboratorio Químico Organizador (Piloto)

UCL, LCL: Incertidumbre Expandida

Mo



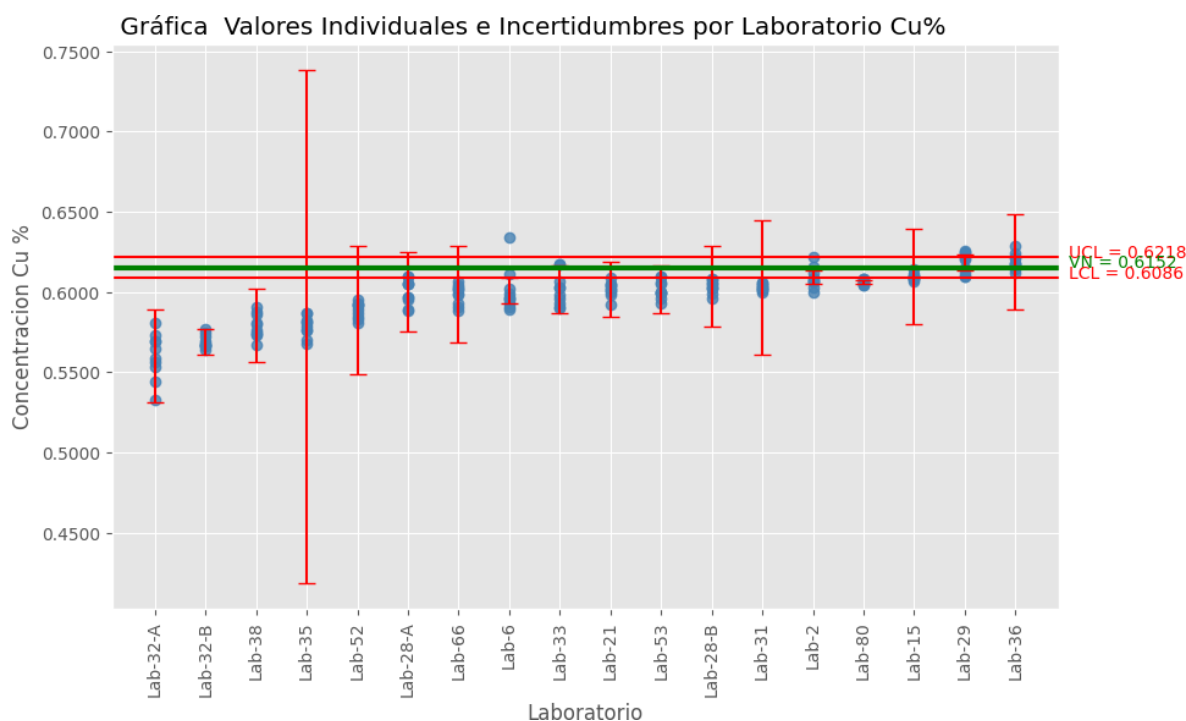
VN: Valor asignado por Laboratorio Químico Organizador (Piloto)

UCL, LCL: Incertidumbre Expandida

8.2 Resultados por Laboratorio comparando Incertidumbre calculada vs dispersión de los datos informados.

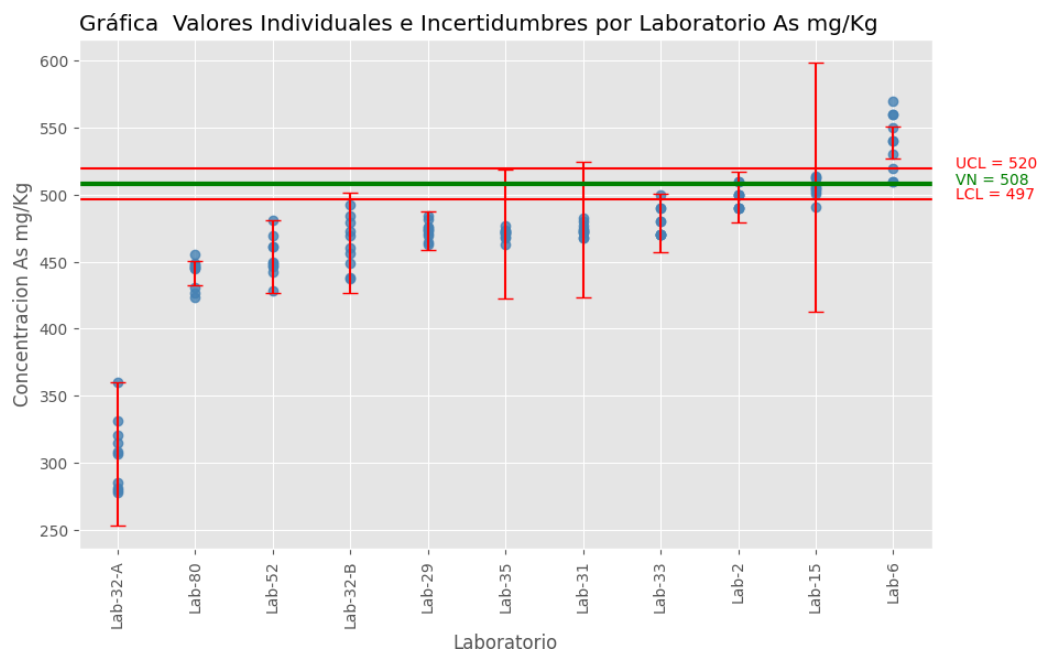
Los siguientes gráficos presentan los promedios por Laboratorio y proporciona una indicación de la dispersión de los resultados, dibujando una línea horizontal que corresponde a incertidumbre expandida.

Cu

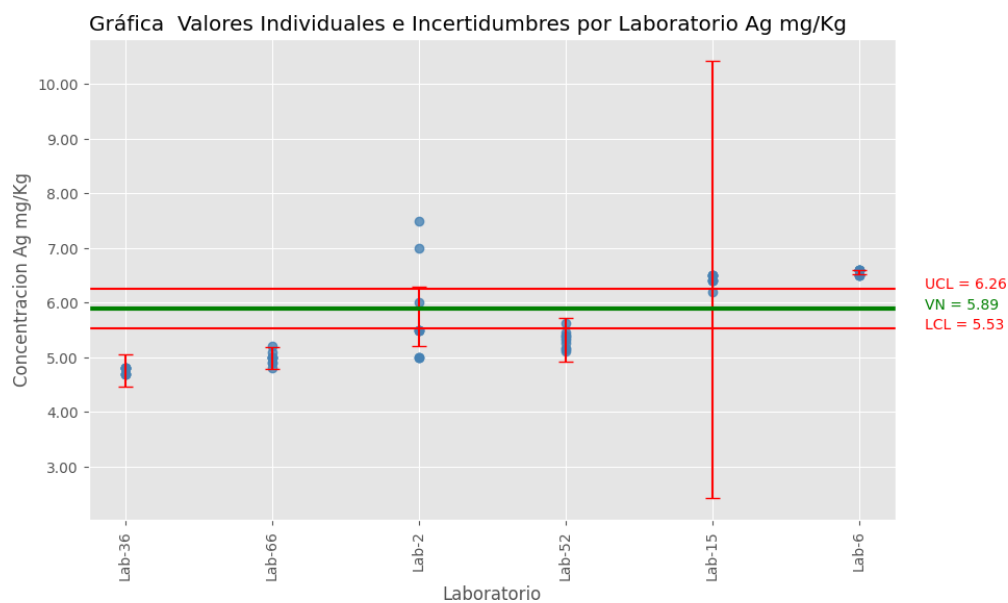


Barra Roja: Incertidumbre Informada por cada Laboratorio Participante
Puntos Azul: Dispersión de los Datos informados
VN: Valor asignado por Laboratorio Químico Organizador (Piloto)
UCL, LCL: Incertidumbre Expandida

As

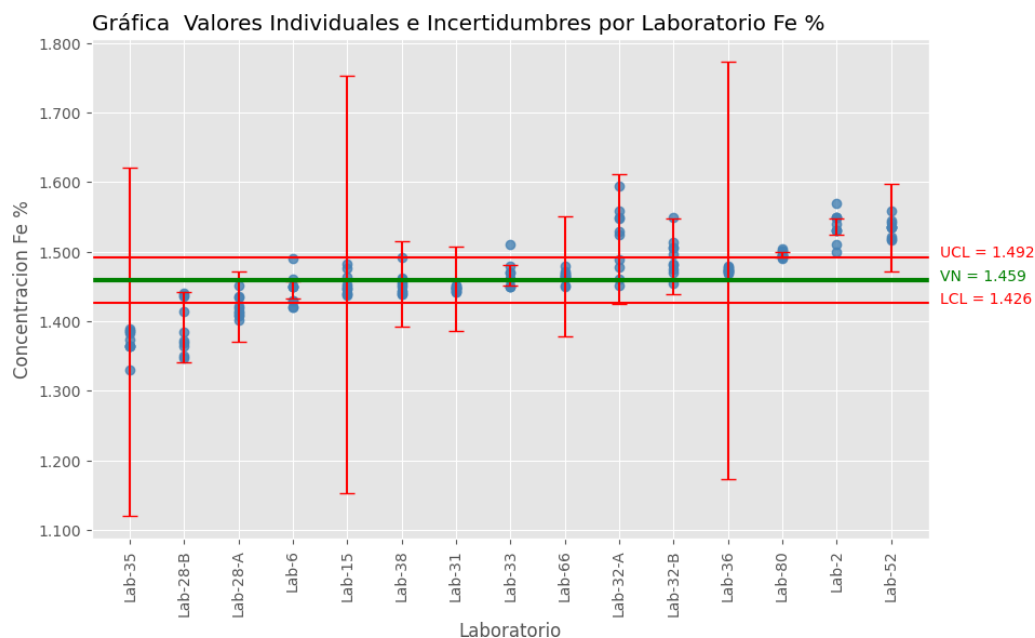


Ag

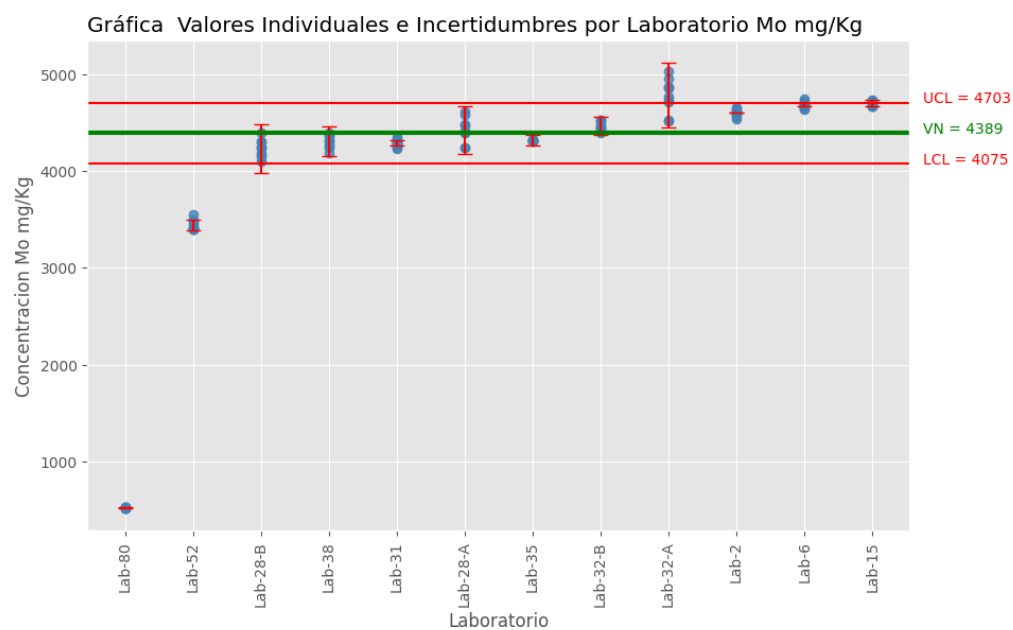


Barra Roja: Incertidumbre Informada por cada Laboratorio Participante
Puntos Azul: Dispersión de los Datos informados
VN: Valor asignado por Laboratorio Químico Organizador (Piloto)
UCL, LCL: Incertidumbre Expandida

Fe



Mo



Barra Roja: Incertidumbre Informada por cada Laboratorio Participante
Puntos Azul: Dispersión de los Datos informados
VN: Valor asignado por Laboratorio Químico Organizador (Piloto)
UCL, LCL: Incertidumbre Expandida

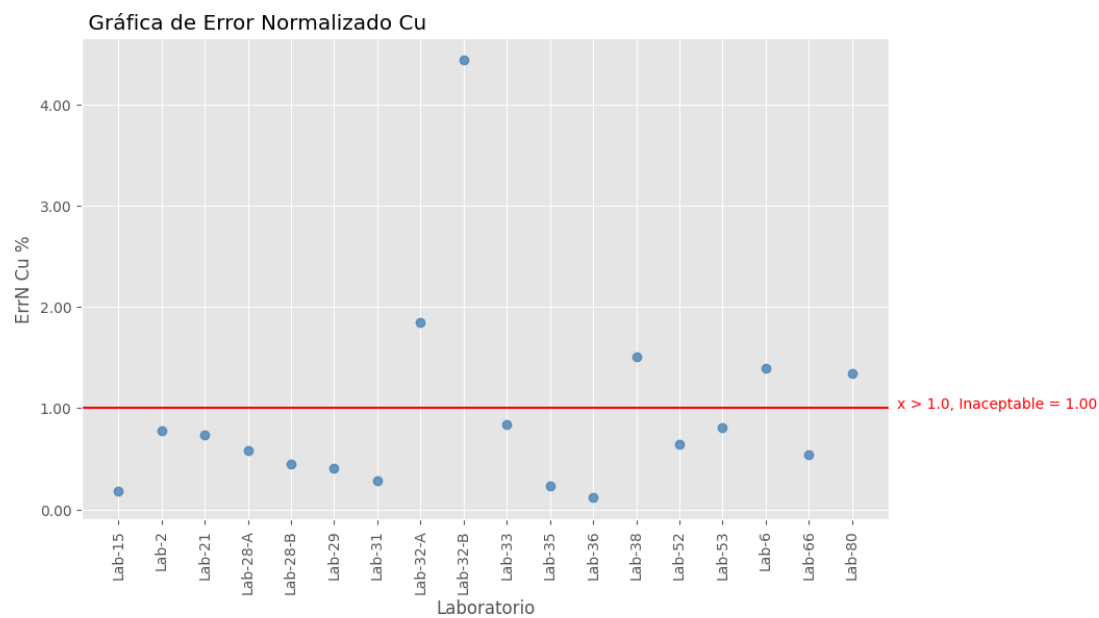
8.4 Resumen desempeño en error normalizado

A continuación, se presentan los resultados del desempeño de los participantes:

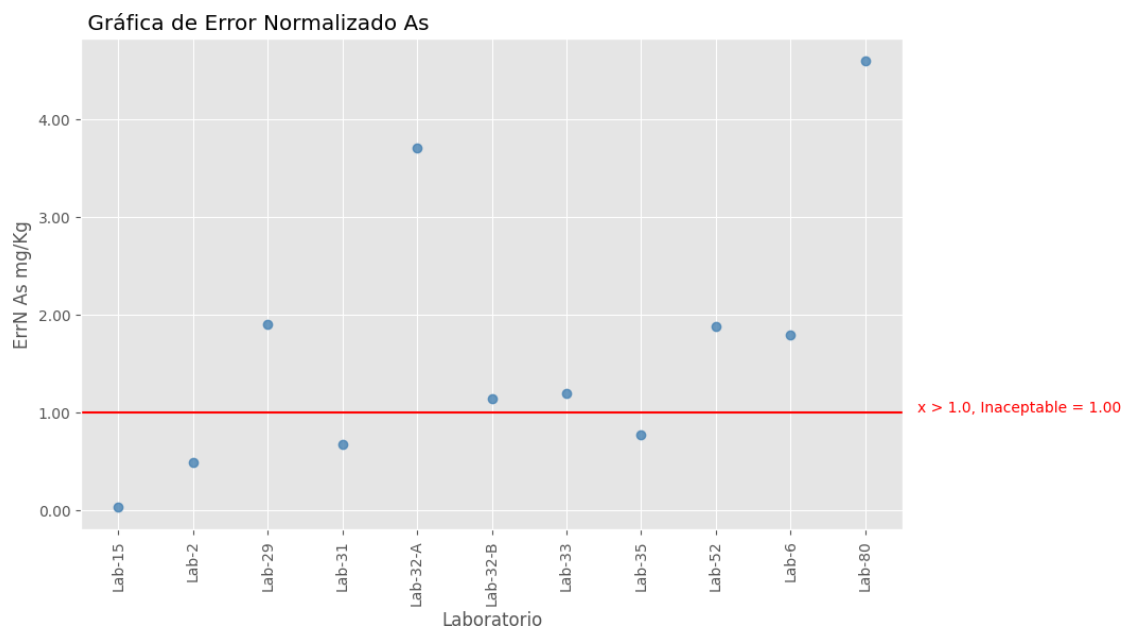
Lab.	Cu	As	Ag	Fe	Mo
Lab-2	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Inaceptable	Aceptable
Lab-6	Inaceptable	Inaceptable	Inaceptable	Aceptable	Aceptable
Lab-15	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable
Lab-21	Aceptable	--	--	--	--
Lab-28-A	Aceptable	--	--	Aceptable	Aceptable
Lab-28-B	Aceptable	--	--	Inaceptable	Aceptable
Lab-29	Aceptable	Inaceptable	--	--	--
Lab-31	Aceptable	Aceptable	--	Aceptable	Aceptable
Lab-32-A	Inaceptable	Inaceptable	--	Aceptable	Aceptable
Lab-32-B	Inaceptable	Inaceptable	--	Aceptable	Aceptable
Lab-33	Aceptable	Inaceptable	--	Aceptable	--
Lab-35	Aceptable	Aceptable	--	Aceptable	Aceptable
Lab-36	Aceptable	--	Inaceptable	Aceptable	--
Lab-38	Inaceptable	--	--	Aceptable	Aceptable
Lab-52	Aceptable	Inaceptable	Inaceptable	Inaceptable	Inaceptable
Lab-53	Aceptable	--	--	--	--
Lab-66	Aceptable	--	Inaceptable	Aceptable	--
Lab-80	Inaceptable	Inaceptable	--	Inaceptable	Inaceptable

8.5 Resultados por Elemento para Error Normalizado

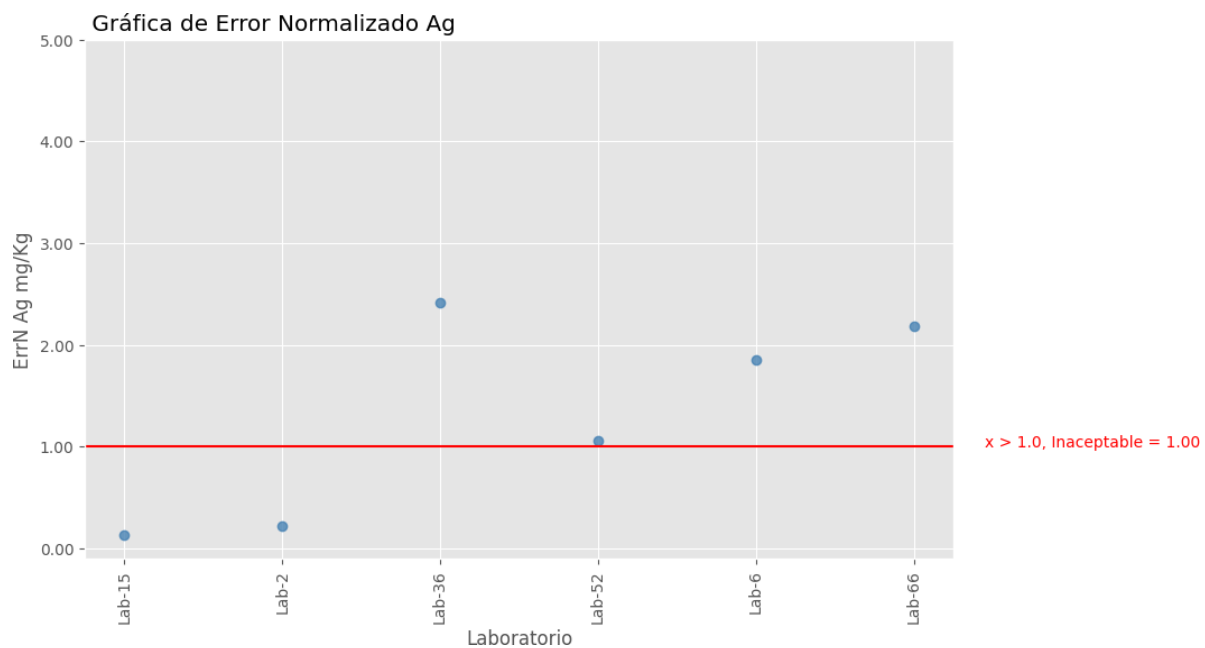
Cu



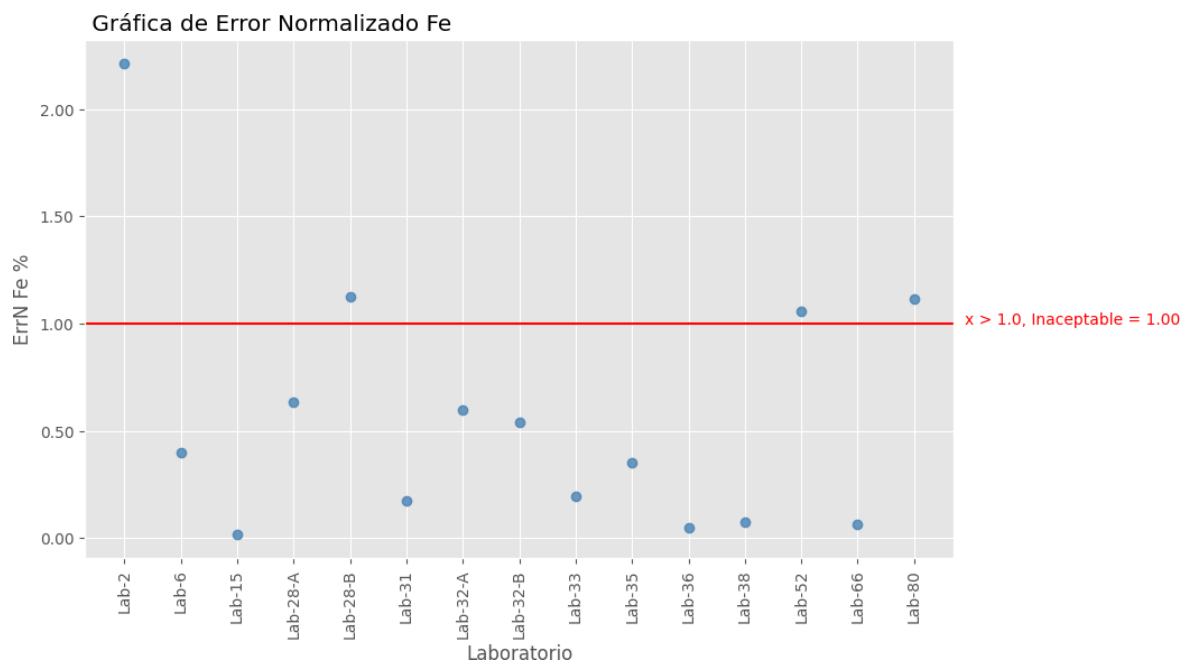
As



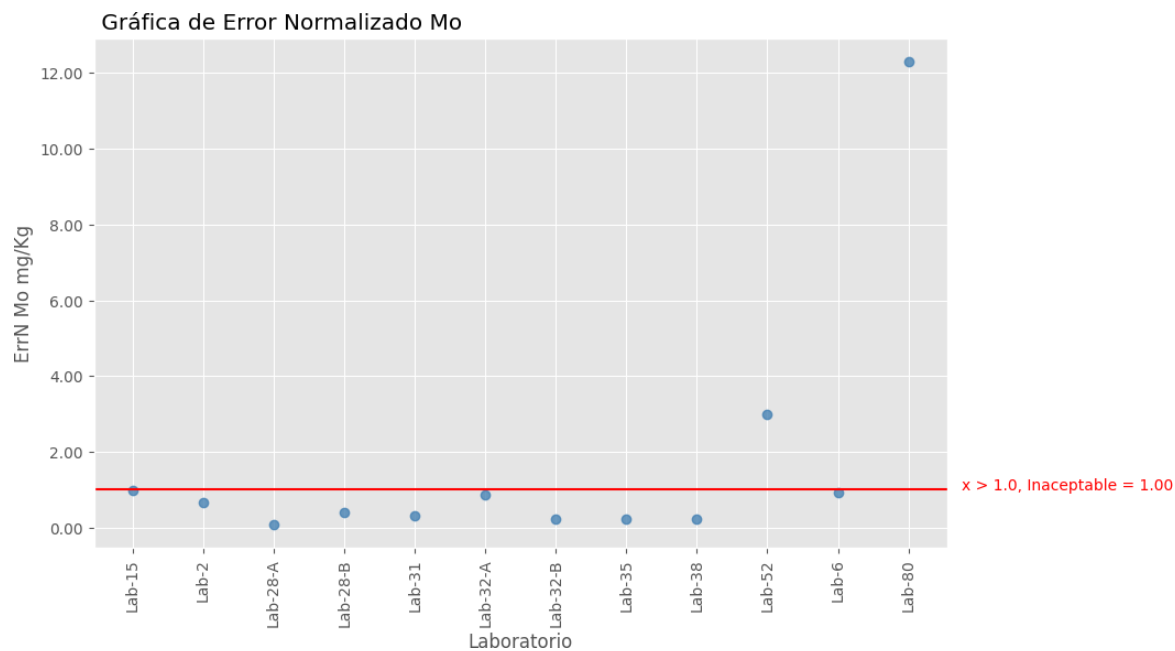
Ag



Fe

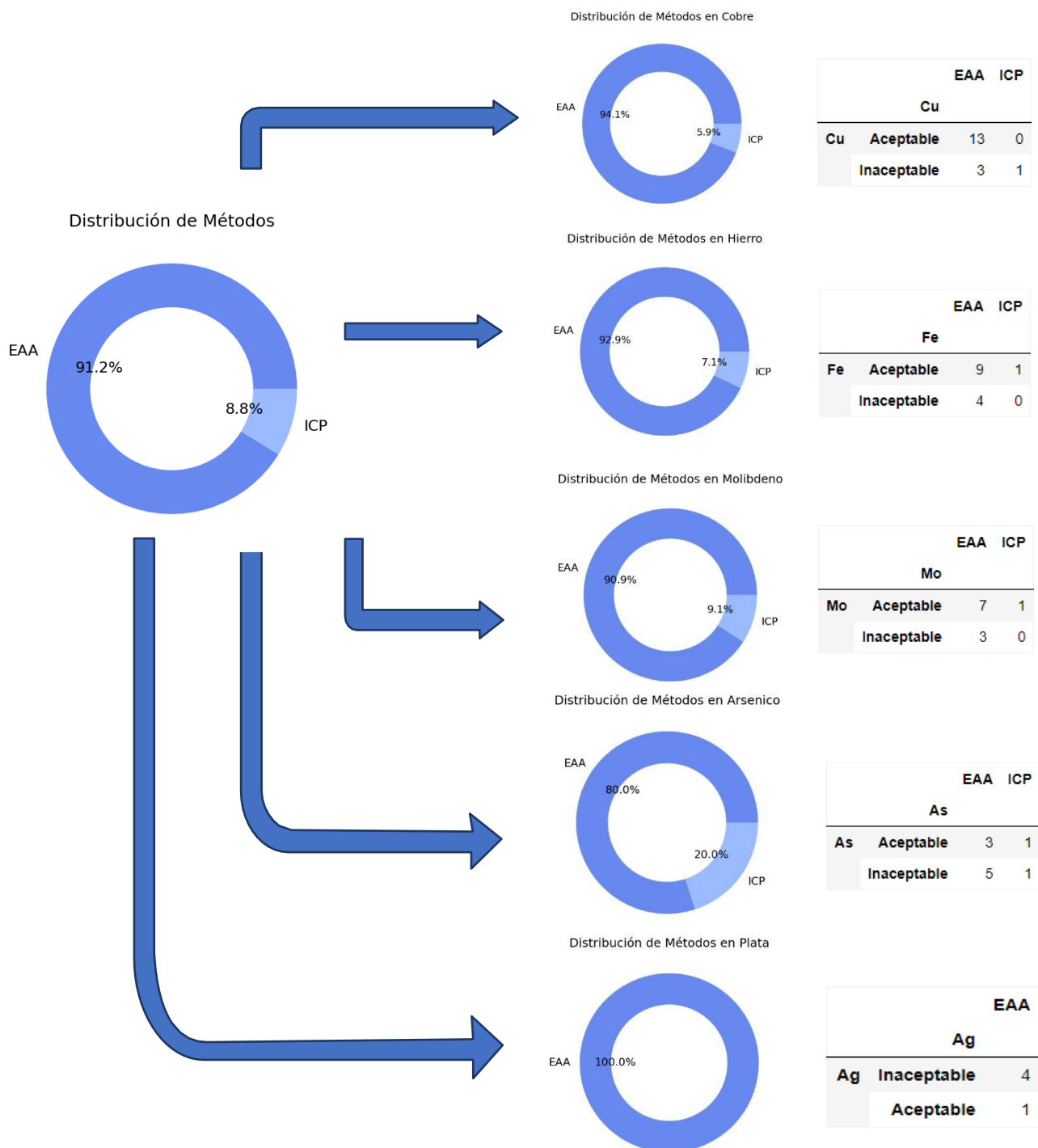


Mo



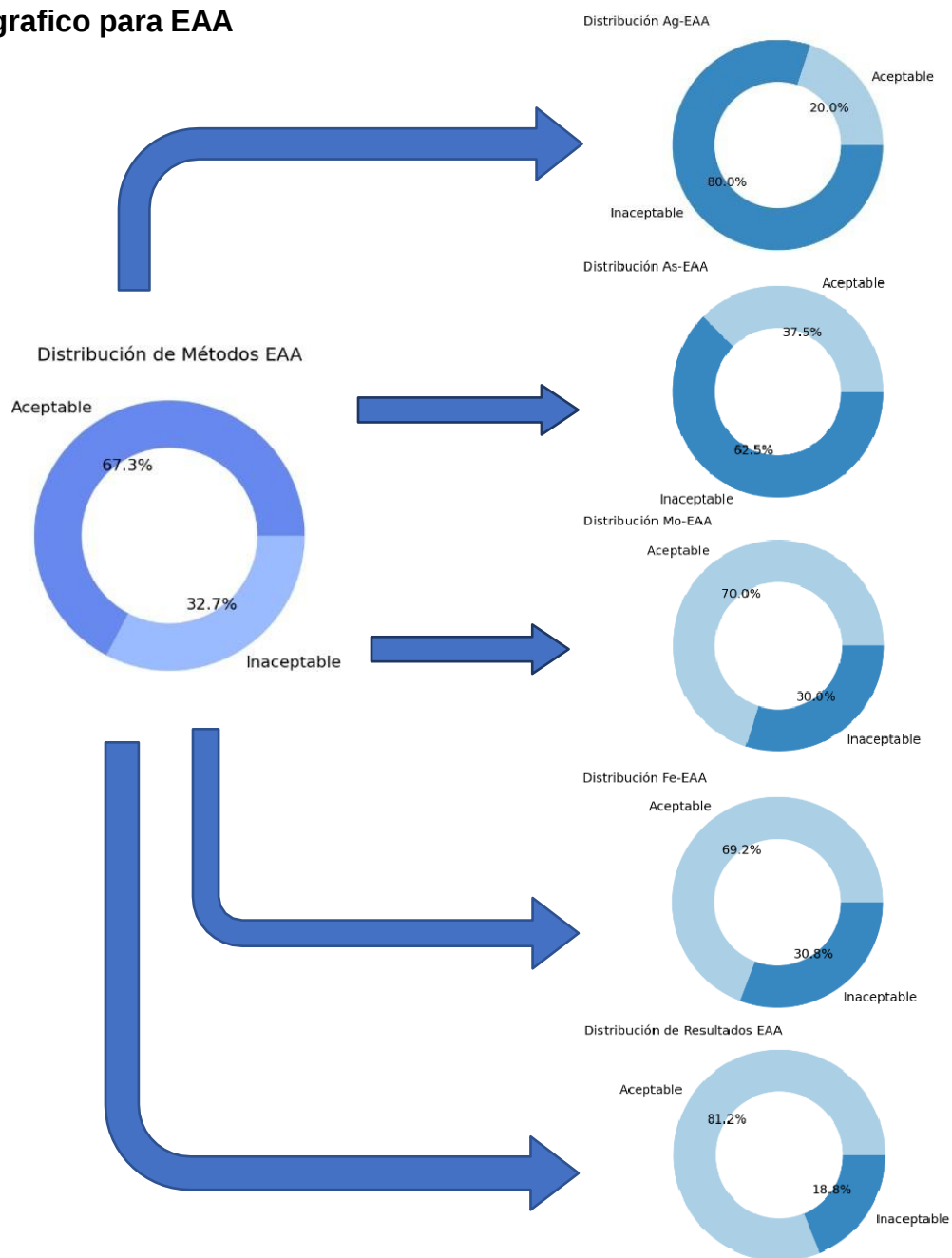
9. ANALISIS DE LOS RESULTADOS POR TECNICA

En la siguiente gráfica se muestra el desempeño de los laboratorios según método y elemento analizado:



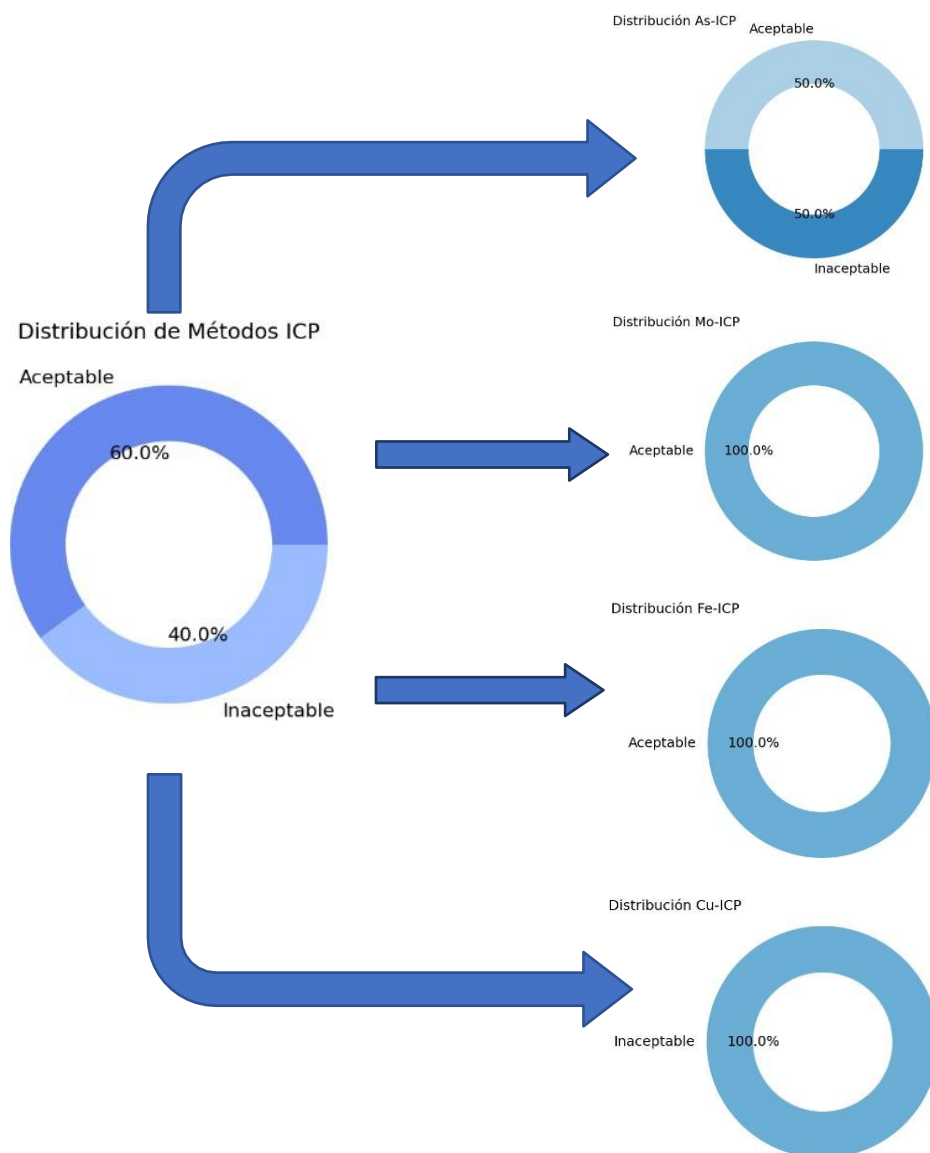
En la siguiente gráfica el desempeño de los laboratorios que participaron con la técnica de EAA:

Análisis grafico para EAA



En la siguiente gráfica el desempeño de los laboratorios que participaron con la técnica de ICP-EOS:

Análisis grafico para ICP-OES



10. RESUMEN

En la siguiente tabla se indica el “porcentaje” de analitos informados de los laboratorios participantes.

Muestra problema:

	Cu %	Fe %	Zn %	As mg/Kg	Mo mg/Kg	Ag mg/Kg	S %
% Reportados:	100.0	78.4	45.9	35.1	51.4	43.2	32.4

11. RECOMENDACIONES

1. Los siguientes laboratorios no cumplieron con formato de protocolo enviado, modificando columnas y/o filas, orden en elementos, sin envió de metodologías analíticas y otros:
 - a. Laboratorios N° 50, 28, 15, 21, 17, 25 y 20 no cumplen con el formato establecido.
 - b. Laboratorio N° 6 no entrega metodología de Trabajo.
2. Los laboratorios N° 17, 25, 20 no cumplieron con el número de replicas solicitadas, por lo tanto, sus resultados no fueron considerados en los análisis estadísticos.
3. Tras analizar detalladamente los resultados de las Ensayo de Aptitud para distintos analitos: cobre, arsénico, plata, molibdeno y hierro, se han identificado diversos patrones y preocupaciones:
 - a. En primer lugar, las mediciones de Cobre, Plata y Arsénico presentaron discrepancias significativas, con porcentajes considerables de valores fuera de los límites deseados. En el caso del Plata, el 100% de las mediciones se situaron fuera del rango establecido, lo que plantea inquietudes sobre la calidad y consistencia de las mediciones. Por su parte, el arsénico mostró un porcentaje mayor, alrededor del 81% de los valores estuvieron fuera del rango, con sesgos negativos notables que indican una subestimación sistemática en las mediciones respectivamente, en el caso de Cobre el 77% de las mediciones se situaron fuera del rango establecido, teniendo el mismo problema que se da con el Arsénico.

- b. Por otro lado, el hierro y molibdeno exhibieron poca variabilidad o desviaciones, lo que podría interpretarse como resultados consistentes entre laboratorios. A pesar de esta estabilidad, persiste la oportunidad de mejorar aún más la precisión y exactitud en las mediciones para asegurar una calidad aún mayor en los análisis de estos minerales.

4. A continuación, se presenta una tabla orientativa con las posibles condiciones de subestimación o sobrestimación de la incertidumbre declarada por cada laboratorio participante, el criterio utilizado para estimar esta condición fue el dividiendo la incertidumbre informada (U_{lab}) con respecto a la incertidumbre estimada del MRC utilizado (U_{ref}) en el EA, si el valor absoluto del resultado es menor a 1.5 veces se puede sospechar que la incertidumbre declarada está subestimada, si el valor absoluto del resultado es mayor a 15 veces se puede sospechar que la incertidumbre declarada está sobrestimada, en ambas situaciones se recomienda revisar las hojas de cálculo utilizadas para la estimación de la incertidumbre expandida. Es importante informar que la denominación “Incertidumbre Aceptable”, se puede sospechar que la incertidumbre declarada podría estar estimada de manera aceptable, pero no necesariamente significa que la incertidumbre declarada está validada por este informe, para ello se sugiere la revisión por un experto metrólogo.

a. Evaluación de incertidumbre en Cobre:

Lab.	U _{cal} Cu	Condición
Lab-2	0.780903	Posible Incertidumbre Subestimada
Lab-6	1.487435	Posible Incertidumbre Subestimada
Lab-15	5.577881	Incertidumbre Aceptable
Lab-21	3.160799	Incertidumbre Aceptable
Lab-28-A	4.648234	Incertidumbre Aceptable
Lab-28-B	4.648234	Incertidumbre Aceptable
Lab-29	0.929647	Posible Incertidumbre Subestimada
Lab-31	7.809033	Incertidumbre Aceptable
Lab-32-A	5.391952	Incertidumbre Aceptable
Lab-32-B	1.487435	Posible Incertidumbre Subestimada
Lab-33	2.788941	Incertidumbre Aceptable
Lab-35	29.748699	Posible Incertidumbre Sobrestimada
Lab-36	5.577881	Incertidumbre Aceptable
Lab-38	4.276375	Incertidumbre Aceptable
Lab-52	7.437175	Incertidumbre Aceptable
Lab-53	2.788941	Incertidumbre Aceptable
Lab-66	5.577881	Incertidumbre Aceptable
Lab-80	0.185929	Posible Incertidumbre Subestimada

b. Evaluación de incertidumbre en Hierro:

Lab.	μcal Fe	Condicion
Lab-2	0.689917	Posible Incertidumbre Subestimada
Lab-6	0.752637	Posible Incertidumbre Subestimada
Lab-15	18.815917	Posible Incertidumbre Sobrestimada
Lab-28-A	3.135986	Incertidumbre Aceptable
Lab-28-B	3.135986	Incertidumbre Aceptable
Lab-31	3.825903	Incertidumbre Aceptable
Lab-32-A	5.832934	Incertidumbre Aceptable
Lab-32-B	3.386865	Incertidumbre Aceptable
Lab-33	0.940796	Posible Incertidumbre Subestimada
Lab-35	15.679931	Posible Incertidumbre Sobrestimada
Lab-36	18.815917	Posible Incertidumbre Sobrestimada
Lab-38	3.888623	Incertidumbre Aceptable
Lab-52	3.951343	Incertidumbre Aceptable
Lab-66	5.393896	Incertidumbre Aceptable
Lab-80	0.250879	Posible Incertidumbre Subestimada

c. Evaluación de incertidumbre de Arsénico:

Lab.	μcal As	Condicion
Lab-2	1.039985	Posible Incertidumbre Subestimada
Lab-6	0.656833	Posible Incertidumbre Subestimada
Lab-15	5.090455	Incertidumbre Aceptable
Lab-29	0.793673	Posible Incertidumbre Subestimada
Lab-31	2.764172	Incertidumbre Aceptable
Lab-32-A	2.917433	Incertidumbre Aceptable
Lab-32-B	2.063550	Incertidumbre Aceptable
Lab-33	1.204194	Posible Incertidumbre Subestimada
Lab-35	2.627332	Incertidumbre Aceptable
Lab-52	1.477874	Posible Incertidumbre Subestimada
Lab-80	0.481677	Posible Incertidumbre Subestimada

d. Evaluación de incertidumbre en Molibdeno:

Lab.	ucal Mo	Condicion
Lab-2	0.008435	Posible Incertidumbre Subestimada
Lab-6	0.050608	Posible Incertidumbre Subestimada
Lab-15	0.084347	Posible Incertidumbre Subestimada
Lab-28-A	0.702888	Posible Incertidumbre Subestimada
Lab-28-B	0.702888	Posible Incertidumbre Subestimada
Lab-31	0.071695	Posible Incertidumbre Subestimada
Lab-32-A	0.946931	Posible Incertidumbre Subestimada
Lab-32-B	0.248541	Posible Incertidumbre Subestimada
Lab-35	0.151824	Posible Incertidumbre Subestimada
Lab-38	0.421733	Posible Incertidumbre Subestimada
Lab-52	0.143952	Posible Incertidumbre Subestimada
Lab-80	0.008154	Posible Incertidumbre Subestimada

e. Evaluación de incertidumbre en Plata:

Lab.	ucal Ag	Condicion
Lab-2	2.261790	Incertidumbre Aceptable
Lab-6	0.123370	Posible Incertidumbre Subestimada
Lab-15	16.449382	Posible Incertidumbre Sobrestimada
Lab-36	1.233704	Posible Incertidumbre Subestimada
Lab-52	1.644938	Incertidumbre Aceptable
Lab-66	0.822469	Posible Incertidumbre Subestimada

En resumen, la evaluación de estas Ensayo de Aptitud revela la necesidad de mejorar la precisión, exactitud y consistencia en las mediciones de minerales, especialmente en el caso de cobre, plata y arsénico, donde se observaron discrepancias preocupantes. Para lograr esto, se recomienda implementar rigurosos controles de calidad, asegurar linealidad en las curvas de calibración (Test de Mandel y/o Lack of fit) y adoptar las mejoras prácticas en la construcción de estas, mejorar los métodos de análisis, así como investigar y abordar las posibles causas subyacentes de las discrepancias identificadas. Este enfoque integral es fundamental para garantizar la fiabilidad, comparabilidad y calidad de los resultados en futuras evaluaciones de Ensayo de Aptitud de análisis mineralógico.

Una situación importante que se detecta es que las metodologías más comunes son las digestiones con ácidos inorgánicos, donde las mezclas más comunes son de ácido nítrico y ácido perclórico, algunos participantes usan además ácido fluorhídrico y ácido

sulfúrico, sin embargo se detecta notables diferencia entre participantes que utilizan el mismo método, por lo que se recomienda fomentar la colaboración y cooperación entre laboratorios, lo cual, representa un papel fundamental en la mejora continua de los análisis minerales.

El intercambio de experiencias, metodologías y prácticas entre laboratorios puede ser invaluable para identificar áreas de mejora y adoptar enfoques más eficientes y precisos en los análisis. Establecer plataformas o foros que fomenten la comunicación abierta y la discusión sobre desafíos comunes puede promover un ambiente colaborativo. Además, la participación en rondas de pruebas de ensayo de Aptitud regulares, el intercambio de estándares de referencia y la verificación cruzada de resultados pueden contribuir significativamente a la estandarización y mejora continua de los métodos de análisis. Esta cooperación facilita no solo la identificación y resolución de problemas, sino también el avance conjunto hacia prácticas analíticas más confiables y precisas en la evaluación de minerales.

La importancia de resultados precisos en análisis minerales, especialmente en un país minero con una industria significativa, como en el caso del cobre, no puede ser subestimada. Estos resultados no solo son críticos para la reputación y competitividad de las empresas mineras, sino que también tienen un impacto directo en la economía nacional.

12. ANEXOS

Anexo 1: Análisis complementario de los resultados

Como evaluación complementaria se estimará el Error Cuadrático Medio Relativo (EMCR), el cual utiliza el sesgo de las mediciones, la dispersión de ellas y la relación que existe con respecto a la incertidumbre asignada al material de referencia certificado que es proporcionado por el Laboratorio designado.

El ECM es una medida total del tamaño del error de medición, el cual se ve afectado por la contribución del sesgo (medida de error sistemático) y de la varianza (medida del error aleatorio). El ECM se representa por la siguiente ecuación:

$$ECM = \sqrt{b^2 + s^2}$$

Se esperaría que la medición ideal tuviera un sesgo $b = 0$ y una varianza $s^2 = 0$, a continuación, se describe la obtención de cada uno de estos factores de contribución:

- Fórmula para el cálculo del promedio del participante ($\bar{x}$):

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

- Fórmula para el cálculo de la desviación estándar del participante (s), la cual nos dará información sobre su precisión:

$$s = \left[\sum_{i=1}^n \frac{(x_i - \bar{x})^2}{n - 1} \right]^{1/2}$$

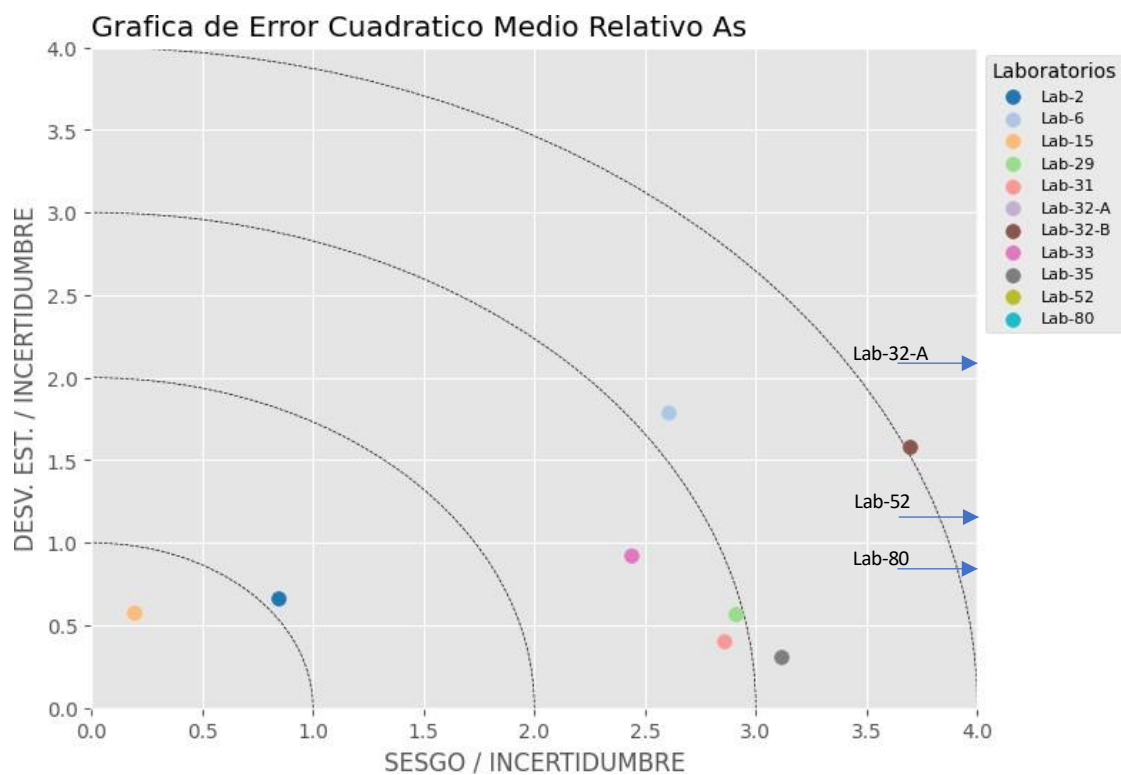
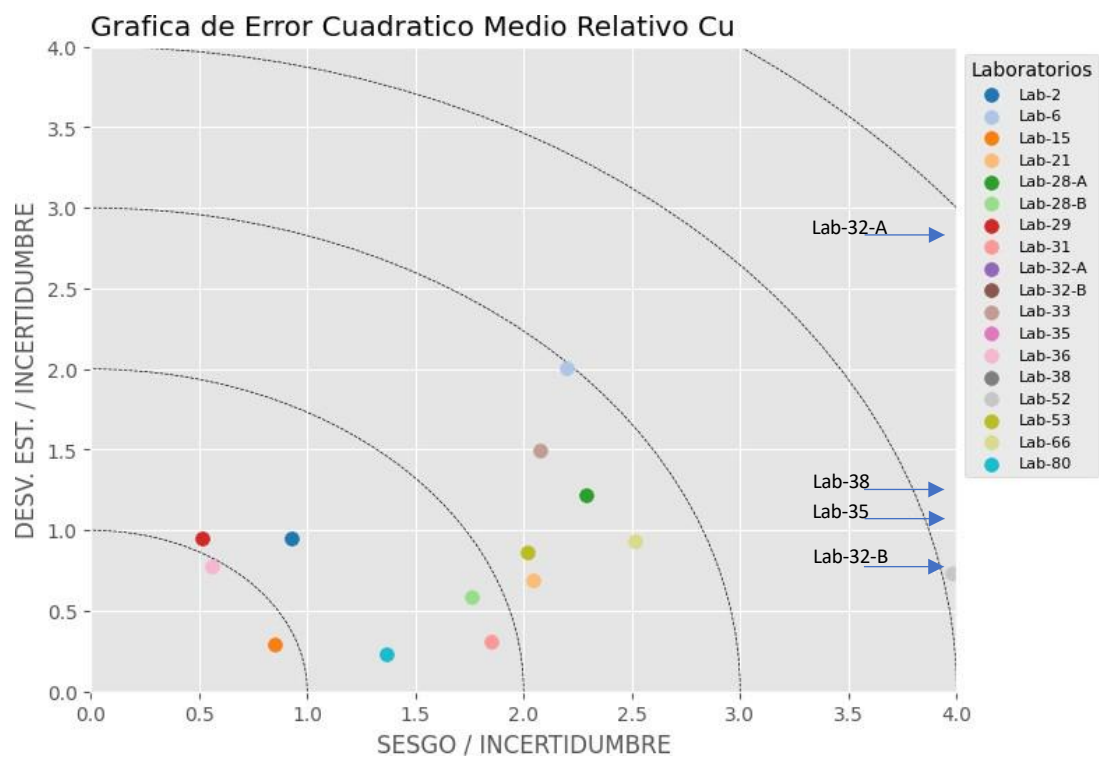
- Fórmula para el cálculo del sesgo del participante (b), la cual nos dará información sobre su exactitud, este cálculo se realiza calculando la diferencia entre el valor asignado y el valor promedio obtenido por el laboratorio :

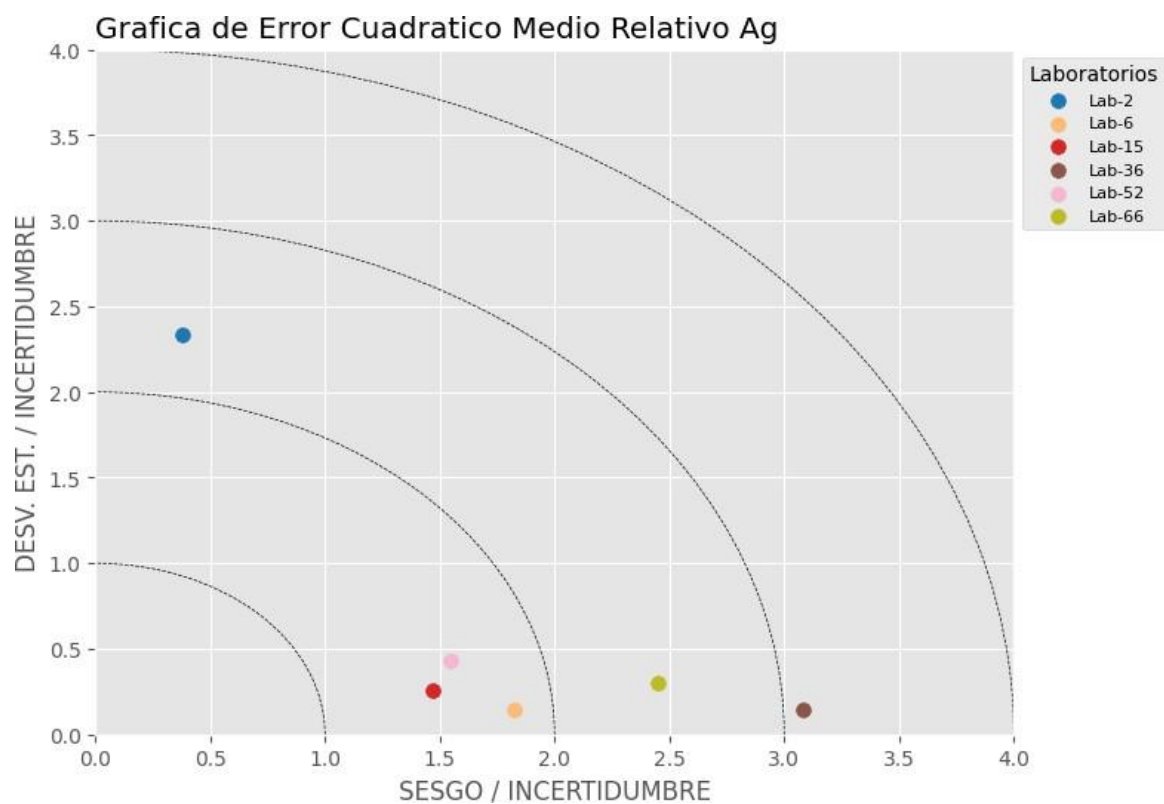
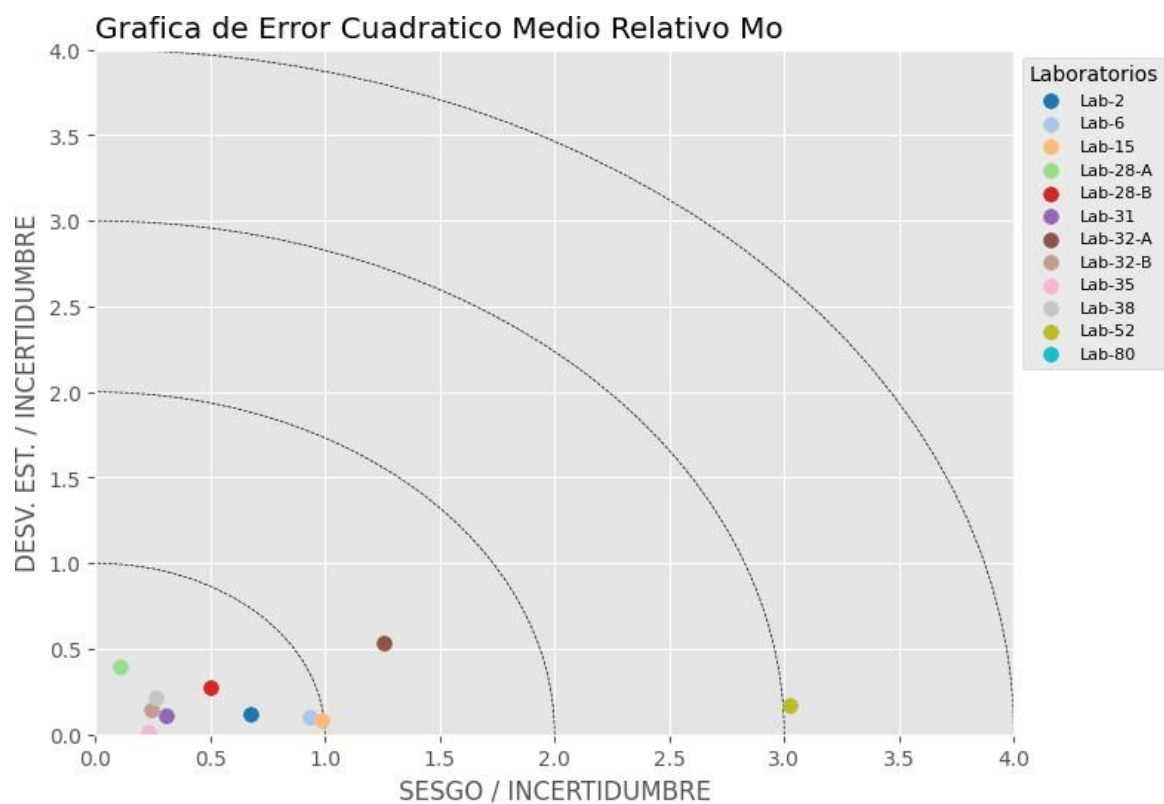
$$b = x_{cert} - \bar{x}$$

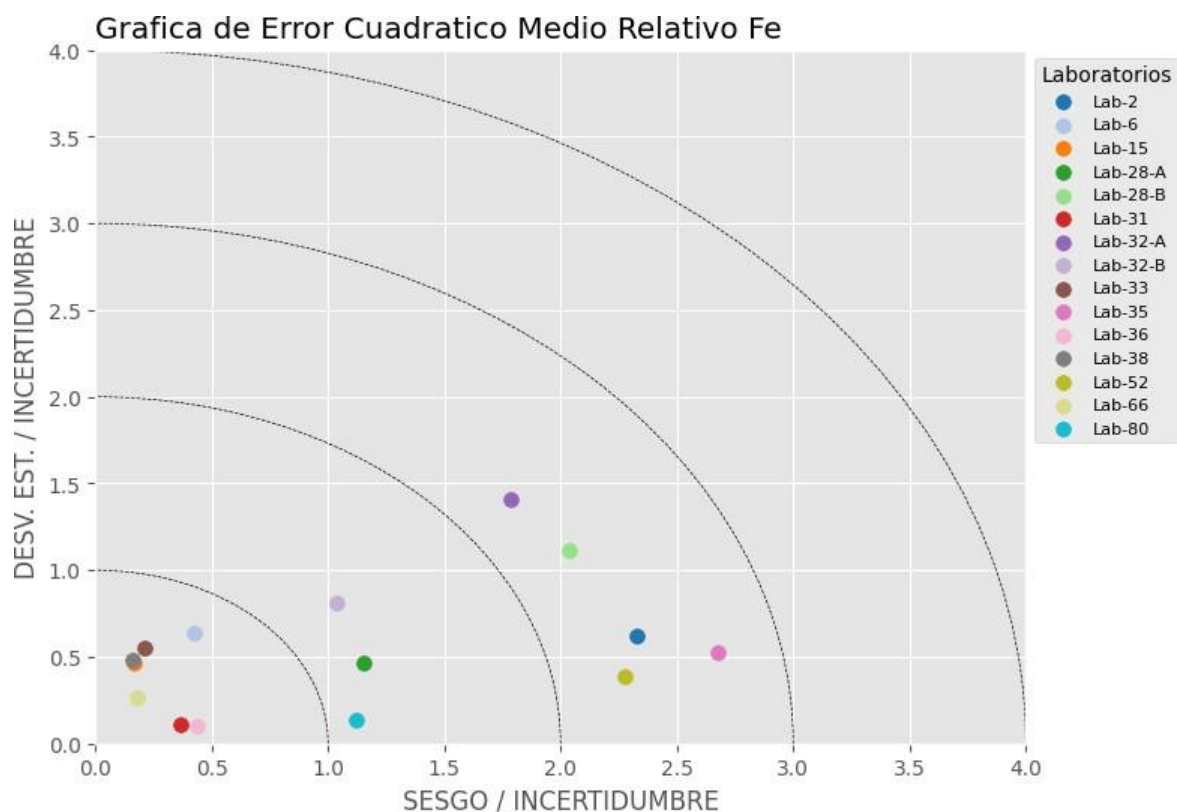
Finalmente para calcular el valor de EMCR, el cual representa la relación existente entre ECM de cada uno de los resultados y la incertidumbre expandida (u_{exp}) asignada al valor del material de referencia se utiliza la siguiente ecuación:

$$ECMR = \frac{ECM}{u_{exp}}$$

Mientras menor sea el ECMR, el laboratorio tendrá mejor aptitud técnica en su proceso de medición y por lo tanto demostrara el mejor desempeño analítico







- a. En el elemento Cobre hemos observado los laboratorios 32, 38, 6 y 80 han dado con resultados inaceptables para el cálculo de error normalizado, pero al revisar el ECMR vemos en promedio que la precisión es aceptable pero no su exactitud, a excepción del laboratorio 80 que obtiene una buena precisión y exactitud, a su vez el laboratorio 35 tiene pobre exactitud y una aceptable precisión.

Laboratorio	Sesgo / Incertidumbre	Desviación Estándar / Incertidumbre
Lab-2	0.924	0.954
Lab-6	2.197	2.006
Lab-15	0.848	0.296
Lab-21	2.045	0.693
Lab-28-A	2.288	1.219
Lab-28-B	1.758	0.590
Lab-29	0.515	0.953
Lab-31	1.848	0.311
Lab-32-A	8.333	2.171
Lab-32-B	6.985	0.641
Lab-33	2.076	1.492
Lab-35	5.550	0.945
Lab-36	0.561	0.777
Lab-38	5.487	1.113
Lab-52	3.980	0.736
Lab-53	2.015	0.861
Lab-66	2.515	0.929
Lab-80	1.364	0.235

- b. En el elemento Arsénico hemos observado los laboratorios 29, 32, 33, 52, 6 y 80 han dado con resultados inaceptables para el cálculo de error normalizado, pero al revisar el ECMR vemos en promedio que la precisión es aceptable pero no su exactitud, a su vez el laboratorio 31 y 35 tiene pobre exactitud y una buena precisión.

Laboratorio	Sesgo / Incertidumbre	Desviación Estándar / Incertidumbre
Lab-2	0.840	0.663
Lab-6	2.605	1.791
Lab-15	0.192	0.578
Lab-29	2.908	0.567
Lab-31	2.858	0.404
Lab-32-A	16.940	2.239
Lab-32-B	3.697	1.586
Lab-33	2.437	0.925
Lab-35	3.114	0.312
Lab-52	4.568	1.254
Lab-80	5.580	0.907

- c. En el elemento Plata hemos observado los laboratorios 2, 36, 52, 6 y 66 han dado con resultados inaceptables para el cálculo de error normalizado, pero al revisar el ECMR vemos que en promedio la precisión es aceptable pero no su exactitud, a su vez el laboratorio 15 tiene aceptable exactitud y una buena precisión.

Laboratorio	Sesgo / Incertidumbre	Desviación Estándar / Incertidumbre
Lab-2	0.381	2.338
Lab-6	1.826	0.141
Lab-15	1.471	0.258
Lab-36	3.079	0.141
Lab-52	1.546	0.429
Lab-66	2.452	0.300

- d. En el elemento Hierro hemos observado los laboratorios 2, 28, 52, y 80 han dado con resultados inaceptables para el cálculo de error normalizado, pero al revisar el ECMR vemos que en promedio la precisión es aceptable pero no su exactitud, a su vez el laboratorio y 35 tiene aceptable exactitud y una buena precisión.

Laboratorio	Sesgo / Incertidumbre	Desviación Estándar / Incertidumbre
Lab-2	2.326	0.624
Lab-6	0.423	0.641
Lab-15	0.166	0.467
Lab-28-A	1.151	0.461
Lab-28-B	2.039	1.118
Lab-31	0.369	0.110
Lab-32-A	1.782	1.406
Lab-32-B	1.036	0.808
Lab-33	0.211	0.555
Lab-35	2.676	0.525
Lab-36	0.435	0.105
Lab-38	0.163	0.478
Lab-52	2.277	0.386
Lab-66	0.181	0.265
Lab-80	1.119	0.139

Anexo 2: Resultados reportados por laboratorios en muestra

Lab.	Cu %	U Exp Cu	Fe %	U Exp Fe	As mg/Kg	U Exp As	Mo mg/Kg	U Exp Mo	Ag mg/Kg	U Exp Ag
Lab-2	0.612	0.0042	1.5	0.011	500	19	4580	3	5.5	0.55
Lab-2	0.608	0.0042	1.55	0.011	510	19	4640	3	5	0.55
Lab-2	0.607	0.0042	1.53	0.011	490	19	4590	3	5.5	0.55
Lab-2	0.6	0.0042	1.53	0.011	490	19	4610	3	7	0.55
Lab-2	0.603	0.0042	1.53	0.011	500	19	4600	3	6	0.55
Lab-2	0.607	0.0042	1.55	0.011	490	19	4590	3	5	0.55
Lab-2	0.607	0.0042	1.55	0.011	500	19	4630	3	5	0.55
Lab-2	0.609	0.0042	1.51	0.011	490	19	4660	3	7.5	0.55
Lab-2	0.616	0.0042	1.57	0.011	500	19	4540	3	5.5	0.55
Lab-2	0.622	0.0042	1.54	0.011	510	19	4560	3	5.5	0.55
Lab-33	0.59	0.015	1.45	0.015	480	22				
Lab-33	0.591	0.015	1.46	0.015	480	22				
Lab-33	0.603	0.015	1.46	0.015	470	22				
Lab-33	0.598	0.015	1.45	0.015	470	22				
Lab-33	0.593	0.015	1.47	0.015	470	22				
Lab-33	0.617	0.015	1.51	0.015	470	22				
Lab-33	0.596	0.015	1.45	0.015	490	22				
Lab-33	0.603	0.015	1.48	0.015	470	22				
Lab-33	0.607	0.015	1.47	0.015	490	22				
Lab-33	0.617	0.015	1.46	0.015	500	22				
Lab-35	0.5867	0.16	1.365	0.25	470.97	48	4320.34	54		
Lab-35	0.568	0.16	1.3858	0.25	467.74	48	4310.34	54		
Lab-35	0.57	0.16	1.3862	0.25	476.7	48	4309.11	54		
Lab-35	0.576	0.16	1.3641	0.25	472.49	48	4314.08	54		
Lab-35	0.5784	0.16	1.3305	0.25	470.97	48	4312.23	54		
Lab-35	0.5804	0.16	1.3826	0.25	468.62	48	4316.24	54		
Lab-35	0.5762	0.16	1.3888	0.25	463.209	48	4321.13	54		
Lab-35	0.582	0.16	1.3641	0.25	471.86	48	4317.04	54		
Lab-35	0.5865	0.16	1.373	0.25	473.62	48	4322.1	54		
Lab-35	0.5815	0.16	1.364	0.25	473.2	48	4316.06	54		
Lab-36	0.617	0.03	1.474	0.3					4.7	0.3
Lab-36	0.629	0.03	1.468	0.3					4.8	0.3
Lab-36	0.624	0.03	1.47	0.3					4.8	0.3
Lab-36	0.612	0.03	1.473	0.3					4.8	0.3
Lab-36	0.622	0.03	1.478	0.3					4.8	0.3
Lab-36	0.621	0.03	1.479	0.3					4.7	0.3
Lab-36	0.617	0.03	1.471	0.3					4.7	0.3
Lab-36	0.615	0.03	1.476	0.3					4.8	0.3
Lab-36	0.614	0.03	1.473	0.3					4.8	0.3
Lab-36	0.618	0.03	1.472	0.3					4.7	0.3
Lab-29	0.621	0.005			476.2	14.5				
Lab-29	0.61	0.005			481.8	14.5				
Lab-29	0.612	0.005			471.3	14.5				
Lab-29	0.625	0.005			475.6	14.5				
Lab-29	0.61	0.005			473.9	14.5				
Lab-29	0.615	0.005			469.7	14.5				
Lab-29	0.626	0.005			463.1	14.5				
Lab-29	0.623	0.005			464.2	14.5				
Lab-29	0.62	0.005			484.2	14.5				
Lab-29	0.624	0.005			473.9	14.5				
Lab-53	0.599	0.015								

Lab-53	0.606	0.015								
Lab-53	0.605	0.015								
Lab-53	0.6	0.015								
Lab-53	0.593	0.015								
Lab-53	0.596	0.015								
Lab-53	0.61	0.015								
Lab-53	0.6	0.015								
Lab-53	0.6	0.015								
Lab-53	0.61	0.015								
Lab-32-A	0.556	0.029	1.524	0.093	307.9	53.3	4866	336.8		
Lab-32-A	0.544	0.029	1.558	0.093	314.4	53.3	4851	336.8		
Lab-32-A	0.565	0.029	1.549	0.093	279.6	53.3	4711	336.8		
Lab-32-A	0.569	0.029	1.529	0.093	285.5	53.3	4513	336.8		
Lab-32-A	0.569	0.029	1.452	0.093	320.4	53.3	4527	336.8		
Lab-32-A	0.559	0.029	1.478	0.093	306.7	53.3	4953	336.8		
Lab-32-A	0.533	0.029	1.594	0.093	277.4	53.3	5033	336.8		
Lab-32-A	0.553	0.029	1.547	0.093	281.1	53.3	4765	336.8		
Lab-32-A	0.573	0.029	1.489	0.093	331	53.3	4737	336.8		
Lab-32-A	0.581	0.029	1.46	0.093	360.1	53.3	4862	336.8		
Lab-32-B	0.567	0.008	1.475	0.054	437.6	37.7	4390.9	88.4		
Lab-32-B	0.569	0.008	1.496	0.054	492.5	37.7	4522.4	88.4		
Lab-32-B	0.567	0.008	1.513	0.054	456.4	37.7	4415.4	88.4		
Lab-32-B	0.572	0.008	1.506	0.054	460.6	37.7	4451.6	88.4		
Lab-32-B	0.568	0.008	1.506	0.054	448.9	37.7	4454.1	88.4		
Lab-32-B	0.566	0.008	1.549	0.054	469.7	37.7	4443.2	88.4		
Lab-32-B	0.575	0.008	1.481	0.054	472.4	37.7	4474.2	88.4		
Lab-32-B	0.564	0.008	1.482	0.054	484.4	37.7	4475.8	88.4		
Lab-32-B	0.577	0.008	1.455	0.054	438.5	37.7	4512.9	88.4		
Lab-32-B	0.566	0.008	1.47	0.054	479.1	37.7	4520.6	88.4		
Lab-38	0.580	0.023	1.4530	0.062			4308	150		
Lab-38	0.573	0.023	1.4494	0.062			4244	150		
Lab-38	0.587	0.023	1.4615	0.062			4254.9	150		
Lab-38	0.575	0.023	1.4415	0.062			4367.3	150		
Lab-38	0.590	0.023	1.4610	0.062			4277.8	150		
Lab-38	0.573	0.023	1.438	0.062			4316.6	150		
Lab-38	0.567	0.023	1.4438	0.062			4345.1	150		
Lab-38	0.580	0.023	1.4396	0.062			4182.0	150		
Lab-38	0.574	0.023	1.455	0.062			4376.5	150		
Lab-38	0.585	0.023	1.491	0.062			4392.3	150		
Lab-80	0.606	0.001	1.494	0.004	447.5	8.8	521.7	2.9		
Lab-80	0.608	0.001	1.501	0.004	423.1	8.8	523.6	2.9		
Lab-80	0.605	0.001	1.491	0.004	449.3	8.8	521.5	2.9		
Lab-80	0.608	0.001	1.492	0.004	446	8.8	521.1	2.9		
Lab-80	0.606	0.001	1.500	0.004	447.3	8.8	529	2.9		
Lab-80	0.604	0.001	1.494	0.004	455.4	8.8	529	2.9		
Lab-80	0.604	0.001	1.493	0.004	430.6	8.8	524.5	2.9		
Lab-80	0.606	0.001	1.490	0.004	445.3	8.8	529.2	2.9		
Lab-80	0.608	0.001	1.504	0.004	426.6	8.8	520.4	2.9		
Lab-80	0.607	0.001	1.495	0.004	444.9	8.8	526.3	2.9		
Lab-52	0.593017	0.04	1.51792	0.063	446.53	27	3470.55	51.2	5.392	0.4
Lab-52	0.592465	0.04	1.53545	0.063	461.34	27	3401.27	51.2	5.626	0.4
Lab-52	0.580981	0.04	1.55823	0.063	428.46	27	3408.94	51.2	5.32	0.4
Lab-52	0.584398	0.04	1.54138	0.063	469.8	27	3492.66	51.2	5.143	0.4
Lab-52	0.59555	0.04	1.53511	0.063	446.97	27	3404.21	51.2	5.394	0.4
Lab-52	0.592095	0.04	1.53604	0.063	480.83	27	3456.04	51.2	5.17	0.4
Lab-52	0.591686	0.04	1.5215	0.063	449	27	3554.68	51.2	5.116	0.4
Lab-52	0.586542	0.04	1.53604	0.063	461.25	27	3402.56	51.2	5.457	0.4

Lab-52	0.583253	0.04	1.51718	0.063	449.52	27	3395.9	51.2	5.256	0.4
Lab-52	0.589344	0.04	1.54491	0.063	442.69	27	3421.89	51.2	5.352	0.4
Lab-31	0.601	0.042	1.446	0.061	479.9	50.5	4301.5	25.5		
Lab-31	0.604	0.042	1.448	0.061	477.1	50.5	4287.9	25.5		
Lab-31	0.603	0.042	1.443	0.061	467.9	50.5	4347.1	25.5		
Lab-31	0.601	0.042	1.448	0.061	472.4	50.5	4270	25.5		
Lab-31	0.602	0.042	1.448	0.061	472.2	50.5	4242.1	25.5		
Lab-31	0.606	0.042	1.447	0.061	467.7	50.5	4233.8	25.5		
Lab-31	0.6	0.042	1.442	0.061	471.9	50.5	4297.6	25.5		
Lab-31	0.603	0.042	1.452	0.061	474.7	50.5	4330.1	25.5		
Lab-31	0.606	0.042	1.452	0.061	482.7	50.5	4312.7	25.5		
Lab-31	0.604	0.042	1.442	0.061	473.4	50.5	4294.6	25.5		
Lab-28-A	0.61	0.025	1.451	0.05			4581.5	250		
Lab-28-A	0.605	0.025	1.436	0.05			4410.3	250		
Lab-28-A	0.597	0.025	1.418	0.05			4391.2	250		
Lab-28-A	0.589	0.025	1.413	0.05			4612.7	250		
Lab-28-A	0.588	0.025	1.41	0.05			4469.5	250		
Lab-28-A	0.61	0.025	1.402	0.05			4239.3	250		
Lab-28-A	0.605	0.025	1.435	0.05			4486.3	250		
Lab-28-A	0.595	0.025	1.422	0.05			4410.3	250		
Lab-28-A	0.597	0.025	1.414	0.05			4391.2	250		
Lab-28-A	0.605	0.025	1.408	0.05			4239.3	250		
Lab-28-B	0.599	0.025	1.372	0.05			4304.7	250		
Lab-28-B	0.607	0.025	1.351	0.05			4395.2	250		
Lab-28-B	0.608	0.025	1.364	0.05			4298.7	250		
Lab-28-B	0.602	0.025	1.44	0.05			4245.7	250		
Lab-28-B	0.596	0.025	1.414	0.05			4148	250		
Lab-28-B	0.608	0.025	1.436	0.05			4245.7	250		
Lab-28-B	0.603	0.025	1.347	0.05			4178.3	250		
Lab-28-B	0.605	0.025	1.384	0.05			4178.3	250		
Lab-28-B	0.603	0.025	1.369	0.05			4238.7	250		
Lab-28-B	0.605	0.025	1.438	0.05			4096.2	250		
Lab-66	0.593	0.03	1.48	0.086					5	0.2
Lab-66	0.604	0.03	1.468	0.086					5	0.2
Lab-66	0.598	0.03	1.466	0.086					5.1	0.2
Lab-66	0.602	0.03	1.464	0.086					5	0.2
Lab-66	0.599	0.03	1.45	0.086					5.2	0.2
Lab-66	0.603	0.03	1.452	0.086					4.9	0.2
Lab-66	0.588	0.03	1.468	0.086					4.9	0.2
Lab-66	0.607	0.03	1.472	0.086					4.8	0.2
Lab-66	0.591	0.03	1.466	0.086					5	0.2
Lab-66	0.601	0.03	1.464	0.086					5	0.2
Lab-15	0.609	0.03	1.476	0.3	491.2	93	4671.3	30	6.4	4
Lab-15	0.61	0.03	1.438	0.3	507.6	93	4667.5	30	6.4	4
Lab-15	0.609	0.03	1.464	0.3	506.1	93	4693	30	6.5	4
Lab-15	0.607	0.03	1.447	0.3	513.1	93	4705	30	6.5	4
Lab-15	0.61	0.03	1.482	0.3	514.1	93	4673.8	30	6.5	4
Lab-15	0.608	0.03	1.441	0.3	512.6	93	4721.3	30	6.4	4
Lab-15	0.614	0.03	1.453	0.3	505.1	93	4672.8	30	6.2	4
Lab-15	0.611	0.03	1.439	0.3	500.6	93	4721.3	30	6.4	4
Lab-15	0.608	0.03	1.446	0.3	504.3	93	4738.3	30	6.5	4
Lab-15	0.61	0.03	1.449	0.3	502.5	93	4721.5	30	6.5	4
Lab-21	0.603	0.017								

Lab-21	0.601	0.017								
Lab-21	0.592	0.017								
Lab-21	0.604	0.017								
Lab-21	0.605	0.017								
Lab-21	0.609	0.017								
Lab-21	0.598	0.017								
Lab-21	0.6	0.017								
Lab-21	0.601	0.017								
Lab-21	0.604	0.017								
Lab-6	0.611	0.008	1.45	0.012	510	12	4650	18	6.5	0.03
Lab-6	0.634	0.008	1.49	0.012	510	12	4660	18	6.6	0.03
Lab-6	0.602	0.008	1.42	0.012	540	12	4670	18	6.6	0.03
Lab-6	0.599	0.008	1.45	0.012	540	12	4670	18	6.6	0.03
Lab-6	0.597	0.008	1.42	0.012	530	12	4690	18	6.5	0.03
Lab-6	0.596	0.008	1.43	0.012	520	12	4700	18	6.5	0.03
Lab-6	0.589	0.008	1.45	0.012	570	12	4740	18	6.6	0.03
Lab-6	0.591	0.008	1.43	0.012	550	12	4720	18	6.6	0.03
Lab-6	0.595	0.008	1.45	0.012	560	12	4680	18	6.6	0.03
Lab-6	0.593	0.008	1.46	0.012	560	12	4640	18	6.5	0.03
Lab-2	0.612	0.0042	1.5	0.0011	500	19	4580	3	5.5	0.55
Lab-2	0.608	0.0042	1.55	0.0011	510	19	4640	3	5	0.55
Lab-2	0.607	0.0042	1.53	0.0011	490	19	4590	3	5.5	0.55
Lab-2	0.6	0.0042	1.53	0.0011	490	19	4610	3	7	0.55
Lab-2	0.603	0.0042	1.53	0.0011	500	19	4600	3	0	0.55
Lab-2	0.607	0.0042	1.55	0.0011	490	19	4590	3	5	0.55
Lab-2	0.607	0.0042	1.55	0.0011	500	19	4630	3	5	0.55
Lab-2	0.609	0.0042	1.51	0.0011	490	19	4660	3	7.5	0.55
Lab-2	0.616	0.0042	1.57	0.0011	500	19	4540	3	5.5	0.55
Lab-2	0.622	0.0042	1.54	0.0011	510	19	4560	3	5.5	0.55
Lab-33	0.59	0.015	1.45	0.015	480	22				
Lab-33	0.591	0.015	1.46	0.015	480	22				
Lab-33	0.603	0.015	1.46	0.015	470	22				
Lab-33	0.598	0.015	1.45	0.015	470	22				
Lab-33	0.593	0.015	1.47	0.015	470	22				
Lab-33	0.617	0.015	1.51	0.015	470	22				
Lab-33	0.596	0.015	1.45	0.015	490	22				
Lab-33	0.603	0.015	1.48	0.015	470	22				
Lab-33	0.607	0.015	1.47	0.015	490	22				
Lab-33	0.617	0.015	1.46	0.015	500	22				
Lab-35	0.5867	0.16	1.365	0.25	470.97	48	4320.34	54		
Lab-35	0.568	0.16	1.3858	0.25	467.74	48	4310.34	54		
Lab-35	0.57	0.16	1.3862	0.25	476.7	48	4309.11	54		
Lab-35	0.576	0.16	1.3641	0.25	472.49	48	4314.08	54		
Lab-35	0.5784	0.16	1.3305	0.25	470.97	48	4312.23	54		
Lab-35	0.5804	0.16	1.3826	0.25	468.62	48	4316.24	54		
Lab-35	0.5762	0.16	1.3888	0.25	463.209	48	4321.13	54		
Lab-35	0.582	0.16	1.3641	0.25	471.86	48	4317.04	54		
Lab-35	0.5865	0.16	1.373	0.25	473.62	48	4322.1	54		
Lab-35	0.5815	0.16	1.364	0.25	473.2	48	4316.06	54		
Lab-36	0.617	0.03	1.474	0.3					4.7	0.3
Lab-36	0.629	0.03	1.468	0.3					4.8	0.3
Lab-36	0.624	0.03	1.47	0.3					4.8	0.3
Lab-36	0.612	0.03	1.473	0.3					4.8	0.3

Lab-36	0.622	0.03	1.478	0.3					4.8	0.3
Lab-36	0.621	0.03	1.479	0.3					4.7	0.3
Lab-36	0.617	0.03	1.471	0.3					4.7	0.3
Lab-36	0.615	0.03	1.476	0.3					4.8	0.3
Lab-36	0.614	0.03	1.473	0.3					4.8	0.3
Lab-36	0.618	0.03	1.472	0.3					4.7	0.3
Lab-29	0.621	0.005			476.2	14.5				
Lab-29	0.61	0.005			481.8	14.5				

Anexo 3: Metodología de análisis químico utilizado por laboratorio para Minerales

Laboratorio 17

Elemento	Método	Masa muestra	Volumen aforo mL	Digestión	Condición final	Línea nm	Rango Cal. ug/ml	Gases	Equipo
Cu	EAA	1 [g]	100	10 [mL] HNO ₃ + 2 [mL] HClO ₄ + 1 gota H ₂ SO ₄	10 % HCl 0.1% Na ₂ SO ₄	324.8	0-25-50-100-150	Aire-Acetileno	Varian
Mo	EAA	1 [g]	100	10 [mL] HNO ₃ + 2 [mL] HClO ₄ + 1 gota H ₂ SO ₄	10 % HCl 0.1% Na ₂ SO ₄	313.3	0-5-10-20	Óxido nitroso-Acetileno	Varian
Fe	EAA	1 [g]	100	10 [mL] HNO ₃ + 2 [mL] HClO ₄ + 1 gota H ₂ SO ₄	10 % HCl 0.1% Na ₂ SO ₄	248.3	0-25-50-100-150	Óxido nitroso-Acetileno	Varian

Laboratorio 25

Elemento	Método	Masa Muestra (g)	Volumen Aforo (mL)	Digestión	Condición Final	Línea (nm)	Rango Cal. (µg/mL)	Gases	Equipo
Cu	EAA	1	100	HNO ₃ -HClO ₄	10% HCl	327.4	25-50-100/ 100-200-300	Aire-C ₂ H ₂	Agilent 240FS AA

Laboratorio 2

Elemento	Ensayo acreditado	Método	Masa Muestra (g)	Volumen Aforo ml	Digestión	Condición Final	Línea nm	Rango Cal. mg/L	Gases	Equipo
Cu	SI	E.A.A	1	500	10 ml HNO ₃ , 5 ml HCL04, 10 ml HF	10% HCl	327.4	0.5, 10, 20	aire acetileno	Agilent 240 AA
Fe	SI	E.A.A	1	500	10 ml HNO ₃ , 5 ml HCL04, 10 ml HF	10% HCl	372	0.5, 10, 20, 40	óxido de nitroso /acetileno	Agilent 240 AA
Mo	SI	E.A.A	0.5	200	10 ml HNO ₃ , 5 ml HCL04, 5 ml HCL, 10 ml HF	10% HCl +Na ₂ SO ₄	313.3	0.5, 10, 20, 40	óxido de nitroso /acetileno	Agilent 240 AA
As	SI	E.A.A	2	100	10 ml HNO ₃ , 5 ml HCL04, 5 ml HCL, 10 ml HF	10% HCl	193.7	0-1-5-10-20	aire acetileno	Agilent 240 AA
Ag	SI	E.A.A	2	100	10 ml HNO ₃ , 5 ml HCL04, 5 ml HCL, 10 ml HF	25% HCL	328.1	0-1-5-10-20	aire acetileno	Agilent 240 AA

Laboratorio 20

Elemento	Método	Masa Muestra	Volumen Aforo ml	Digestión	Condición Final	Línea nm	Rango Cal. ug/ml	Gases	Equipo
Cu	Ab. Atomica	1 g	250	HNO ₃ -HCl-H ₂ SO ₄	10 % HCl	327.4	10-25-50/ 25-50-100	acetileno-aire	Varian AA 240
Cu	Volumetria	1g / 2g	NA	HNO ₃ -HCl-H ₂ SO ₄	H ₂ SO ₄	NA	NA	NA	Bureta Brand

Laboratorio 35

Elemento	Ensayo Acreditado 17025	Método	Masa Muestra (g)	Volumen Aforo ml	Digestión	Condición Final	Línea nm	Rango Cal. mg/L	Gases	Equipo
Cu	SI	EAA	1	250	Acida	10% HCl	327.4	10-25-50-100	Aire - Acetileno	EAA
Fe	SI	EAA	1	250	Acida	10% HCl	372	50-100-250-500	Nitroso - Acetileno	EAA
As	SI	EAA	5	50	Acida	10% HCl	193.7	5-10-25-50	Nitroso - Acetileno	EAA
Mo	SI	EAA	5	50	Acida	10% HCl	313	5-10-25-50	Nitroso - Acetileno	EAA

Laboratorio 33

Elemento	Ensayo acreditado	Método	Masa Muestra (g)	Volumen Aforo ml	Digestión	Condición Final	Línea nm	Rango Cal. mg/L	Gases	Equipo
Cu	SI	EAA	1	100	HNO3-HClO4-HCl	10% HCl	327.4	25-50-100 / 50-100-200	Aire-C2H2	Agilent 240FS AA
Fe	NO	EAA	1	100	HNO3-HClO4-HCl	10% HCl- 0,1% Na2SO4	372.0	100-250-500	N2O-C2H2	Agilent 240FS AA
Mo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
As	NO	EAA	1	50	HNO3-HClO4-H2SO4	1% H2SO4	193.7	5,0-10-25	Aire-C2H2	Agilent 240FS AA
Ag	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Laboratorio 36

Elemento	Ensayo Acreditado 17025	Método	Masa Muestra (g)	Volumen Aforo ml	Digestión	Condición Final	Línea nm	Rango Cal. mg/L	Gases	Equipo
Cu	SI	EAA	1	250	Acida	10% HCl	327.4	10-25-50-100	Aire - Acetileno	EAA
Fe	SI	EAA	1	250	Acida	10% HCl	372	50-100-250-500	Nitroso - Acetileno	EAA
As	SI	EAA	5	50	Acida	10% HCl	193.7	5-10-25-50	Nitroso - Acetileno	EAA
Mo	SI	EAA	5	50	Acida	10% HCl	313	5-10-25-50	Nitroso - Acetileno	EAA

Laboratorio 29

Elemento	Ensayo acreditado	Método	Masa Muestra (g)	Volumen Aforo ml	Digestión	Condición Final	Línea nm	Rango Cal. mg/L	Gases	Equipo
Cu	No	EAA	1	100	HNO3+HClO4+HF	Siruposo	327.4	0 - 5 - 10 - 25 - 50	Aire - Acetileno	VARIAN-220 FS
Fe	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
As	No	EAA	1	100	HNO3+HClO4+HF	Siruposo	193.7	0-1-5-10-20	Aire - Acetileno	VARIAN-220 FS
Ag	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Laboratorio 53

Elemento	Ensayo acreditado	Método	Masa Muestra (g)	Volumen Aforo ml	Digestión	Condición Final	Línea nm	Rango Cal. mg/L	Gases	Equipo
Cu	SI	EAA	2,5 g	100	10 mL HNO3 + 3 ml	Sequedad	327.4	50 - 200 - 400 mg/l	C2H2-Aire	Thermo S-Series
Fe	No									
Mo	SI	EAA	2,5 g	100	10 mL HNO3 + 3 ml	Sequedad	313.3	0.5 - 1 - 5 mg/l	C2H2-N2O	Thermo S-Series
As	No									
Ag	No									

Laboratorio 32-A

Elemento	Ensayo acreditado	Método	Masa Muestra (g)	Volumen Aforo ml	Digestión	Condición Final	Linea nm	Rango Cal. mg/L	Gases	Equipo
Cu	SI	ICP	1.0000	100	15 mL HNO ₃ , 5 mL HClO ₄ , 10 mL HF, 5 mL HCL	25% HCl	327.387	5-10-25-50-100	Argón/Nitrogeno	Avio 550 Perkin Elmer
Fe	SI	ICP	1.0000	100	15 mL HNO ₃ , 5 mL HClO ₄ , 10 mL HF, 5 mL HCL	25% HCl	238.190	5-25-50-75-100	Argón/Nitrogeno	Avio 550 Perkin Elmer
Mo	NO	ICP	1.0000	100	15 mL HNO ₃ , 5 mL HClO ₄ , 10 mL HF, 5 mL HCL	25% HCl	202.031	1-5-10-20	Argón/Nitrogeno	Avio 550 Perkin Elmer
As	SI	ICP	1.0000	100	15 mL HNO ₃ , 5 mL HClO ₄ , 10 mL HF, 5 mL HCL	25% HCl	188.967	2.5-20-40-60-80	Argón/Nitrogeno	Avio 550 Perkin Elmer
Ag	NO	ICP	1.0000	100	15 mL HNO ₃ , 5 mL HClO ₄ , 10 mL HF, 5 mL HCL	25% HCl	328.068	0.25-0.5-1.0-2.0-4.0	Argón/Nitrogeno	Avio 550 Perkin Elmer

Laboratorio 32-B

Elemento	Ensayo acreditado	Método	Masa Muestra (g)	Volumen Aforo ml	Digestión	Condición Final	Linea nm	Rango Cal. mg/L	Gases	Equipo
Cu	SI	EAA	1.0000	200	15 mL HNO ₃ , 5 mL HClO ₄ , 10 mL HF, 5 mL HCL	25% HCl	327.4	5-10-25-50-100	Aire/Acetileno	Agilent 200 Series AA 240 FS
Fe	SI	EAA	1.0000	200	15 mL HNO ₃ , 5 mL HClO ₄ , 10 mL HF, 5 mL HCL	25% HCl	372.0	5-25-50-75-100	Óxido nitroso/ Acetileno	Agilent 200 Series AA 240 FS
Mo	NO	EAA	1.0000	200	15 mL HNO ₃ , 5 mL HClO ₄ , 10 mL HF, 5 mL HCL	25% HCl	313.3	1-5-10-20	Óxido nitroso/ Acetileno	Agilent 200 Series AA 240 FS
As	SI	EAA	1.0000	200	15 mL HNO ₃ , 5 mL HClO ₄ , 10 mL HF, 5 mL HCL	25% HCl	193.7	5-20-40-60-80	Óxido nitroso/ Acetileno	Agilent 200 Series AA 240 FS
Ag	NO	EAA	1.0000	200	15 mL HNO ₃ , 5 mL HClO ₄ , 10 mL HF, 5 mL HCL	25% HCl	328.1	1-2.5-5-7.5-10	Aire/Acetileno	Agilent 200 Series AA 240 FS

Laboratorio 38

Elemento	Ensayo acreditado	Método	Masa Muestra (g)	Volumen Aforo ml	Digestión	Condición Final	Linea nm	Rango Cal. mg/L	Gases	Equipo
Cu	NO	EAA	1.0 g	100	HNO ₃ +HClO ₄ +H ₂ SO ₄	10% HCl	324.8	0-10,0-25,0-50,0-100,0	Aire-Acetileno	Agilent 200 series AA
Fe	NO	EAA	1.0 g	100	HNO ₃ +HClO ₄ +H ₂ SO ₅	10% HCl + 1% NaSO ₄	372.0	0-50,0-100,0-200,0-300,0	Nitroso-Acetileno	Agilent 200 series AA
Mo	NO	EAA	2.5 gr	100	HNO ₃ +H ₂ SO ₄ +HF	25% HCl + 2,5% NaSO ₄	313.3	0-50,0-100,0-200,0-300,0	Nitroso-Acetileno	Agilent 200 series AA

Laboratorio 80

Elemento	Ensayo Acreditado 17025	Método	Masa Muestra	Volumen Aforo ml	Digestión	Condición Final	Linea nm	Rango Cal. ug/ml	Gases	Equipo
Cu	No	EAA	0.50g	250	3 ácidos	Solución	327.4	2.5-5.0-10.0	AIRE-ACETILENO	EAA Angilent 240FS
Fe	No	EAA	0.50g	250	3 ácidos	Solución	372	30-50-100-200	ACETILENO OX. NITROSO	EAA Angilent 240FS
Mo	No	EAA	1.00g	100	3 ácidos	Solución	313.3	1.0-2.5-5.0	ACETILENO OX. NITROSO	EAA Angilent 240FS
As	No	EAA	2.00g	100	3 ácidos	Solución	193.7	5.0-10.0-20.0	AIRE-ACETILENO	EAA Angilent 240FS

Laboratorio 52

Elemento	Ensayo acreditado	Método	Masa Muestra (g)	Volumen Aforo ml	Digestión	Condición Final	Linea nm	Rango Cal. mg/L	Gases	Equipo
Cu	SI	EAA	1.0 g	250	HNO ₃ +HClO ₄ +H ₂ SO ₄	10% HCl	327.4	0.0- 20.0- 50.0-100.0	Aire-Acetileno	VARIAN-240
Fe	SI	EAA	0.5g	100	HNO ₃ +H ₂ SO ₄ +HF	10% HCl	372.0	0.0-50.0-100.0-200.0-300.0-400.0	Nitroso-Acetileno	VARIAN-240
Mo	SI	EAA	5.0 g	100	HNO ₃ +HClO ₄ +H ₂ SO ₄	10% HCl + 1% NaSO ₄	193.7	0.0-2.0-5.0-10.0-20.0-40.0	Nitroso-Acetileno	VARIAN-240
As	SI	EAA	5.0 g	100	HNO ₃ +HClO ₄ +H ₂ SO ₄	10% HCl + 1% NaSO ₄	313.3	0.0-2.0-5.0-10.0-20.0-40.0	Aire-Acetileno	VARIAN-240
Ag	NO	EAA	2.0 g	50	HNO ₃ +HCl	25% HCl	328.1	0.0-1.0-2.5-5.0	Aire-Acetileno	VARIAN-240

Laboratorio 31

Elemento	Ensayo acreditado	Método	Masa Muestra (g)	Volumen Aforo ml	Digestión	Condición Final	Linea nm	Rango Cal. mg/L	Gases	Equipo
Cu	NO	EAA	1.0 g	250	HNO ₃ +HClO ₄ +H ₂ SO ₄	10% HCl	327.4	0.0- 20.0- 50.0-100.0	Aire-Acetileno	VARIAN-240
Fe	NO	EAA	0.5g	100	HNO ₃ +H ₂ SO ₄ +HF	10% HCl	372.0	0.0-50.0-100.0-200.0-300.0-400.0	Nitroso-Acetileno	VARIAN-240
Mo	NO	EAA	5.0 g	100	HNO ₃ +HClO ₄ +H ₂ SO ₄	10% HCl + 1% NaSO ₄	193.7	0.0-2.0-5.0-10.0-20.0-40.0	Nitroso-Acetileno	VARIAN-240
As	NO	EAA	5.0 g	100	HNO ₃ +HClO ₄ +H ₂ SO ₄	10% HCl + 1% NaSO ₄	313.3	0.0-2.0-5.0-10.0-20.0-40.0	Aire-Acetileno	VARIAN-240

Laboratorio 28

Elemento	Método	Masa Muestra (g)	Volumen Aforo ml	Digestión	Condición Final	Línea nm	Rango Cal. mg/L	Gases	Equipo
Cu	EAA	1.00	100	5 mL A=(HF + HCl) 10 mL B=(KClO ₃ + HNO ₃)	Desprendimiento vapores	327.4	25-50-100-200 ug/ml	Aire - C2H2	Varian 240AA
Fe	EAA	1.00	250	6 mL A=(HF+HNO ₃ +KClO ₃) 5 5mL HCl mL HF	Desprendimiento vapores	372.0	50-100-200 ug/ml	Aire - C2H2	Varian 240AA
Mo	EAA	2.50	100	10 mL A=(HF + HCl) 10 mL B=(KClO ₃ + HNO ₃)	siruposo	313.3	1.0-2.5-5.0 ug/ml 5.0-10.0-25.0 ug/ml	C2H2 - N2O	Varian 240AA

Laboratorio 66

Elemento	Ensayo acreditado	Método	Masa Muestra (g)	Volumen Aforo ml	Digestión	Condición Final	Línea nm	Rango Cal. mg/L	Gases	Equipo
Cu	NO	EAA	1	100	HNO ₃ -HClO ₄ -HCl-HF	25% HCl	327.4	5-10-25-50-100	aire/acetileno	Agilent 240
Fe	NO	EAA	1	100	HNO ₃ -HClO ₄ -HCl-HF	25% HCl	372	100-250-500	nitroso/acetileno	Agilent 240
Mo										
As										
Ag	NO	EAA	1	100	HNO ₃ -HClO ₄ -HCl-HF	25% HCl	328.1	0.5-1.0-2.5	aire/acetileno	Agilent 240

Laboratorio 15

Elemento	Ensayo Acreditado 17025	Método	Masa Muestra (g)	Volumen de Aforo (ml)	Digestión/Lixiviación (Tipo de ácido y Cantidad)	Medio Ácido Final (%)	Línea nm	Rango Calibración	Gases	Equipo	Método Validado
Cu Mineral	No	EAA	1	250	HNO ₃ :H ₂ SO ₄ (ST)*** 15:5	10 % HCl	λ 217,9	0 a 30 mg/l	Aire-Acetileno oxidante	Agilent 280	Si
Mo Mineral	No	EAA	1	250	HNO ₃ :H ₂ SO ₄ :HClO ₄ (S.S)** 15:5:5	10 %HCl	λ 313,3	0 a 40 mg/l	Nitroso-Acetileno oxid.	Agilent 280	Si
Fe mineral	No	EAA	1	100	HNO ₃ :H ₂ SO ₄ :HClO ₄ (S.S)** 15:5:5	10% HCl	λ 386,0	0 a 400 mg/l	Nitroso-Acetileno oxid.	Agilent 280	Si
As Mineral	No	ICP-EOS	1	50	HNO ₃ :HF:HCl (S.S)** 10:6:5	20% HNO ₃	λ:197,197	0 a 30 mg/l	**	Optima 8300 P.E.	Si
Ag Mineral	No	EAA	2	50	HNO ₃ : HClO ₄ :HF (S.S)** 15:5	25 %HCl	λ 328,1	0 a 3 mg/l	Aire-Acetileno oxidante	Agilent 280	Si

Laboratorio 21

Elemento	Método	Masa Muestra g	Volumen Aforo mL	Digestión	Condición Final	Línea nm	Rango Cal	Gases	Equipo
Cu	Cobre total	1.0000	250	Digestion Agua Regia 5ml de HNO ₃ (c)-15mL de HCl®	6 % HCl	327.4	0-100	aire/acetileno	Agilent 240FS

Laboratorio 6

Elemento	Método	Masa Muestra	Volumen Aforo ml	Digestión	Condición Final	Línea nm	Rango Cal. ug/ml	Gases	Equipo
Cobre	EAA	2.0 g	100	HNO ₃ + HClO ₄	10% HCl	327.4	0-300	Aire-C2H2	Varian AA240
Hierro	EAA	0.5 g	100	HNO ₃ + HClO ₄ + HF	10% HCl, 0.1 % Na ₂ SO ₄	372	0-500	N ₂ O-C2H2	Varian AA240
Molibdeno	EAA	5.0 g	50	HNO ₃ + HClO ₄	20% HCl, 0.1 % Na ₂ SO ₄	313.3	0-50	N ₂ O-C2H2	Varian AA240
Arsénico	EAA	5.0 g	50	HNO ₃ + HClO ₄	20% HCl, 0.1 % Na ₂ SO ₄	193.7	0-20	N ₂ O-C2H2	Varian AA240
Plata	EAA	5.0 g	50	HNO ₃ + HCl	20% HCl	328.1	0-2	Aire-C2H2	Varian AA240

Anexo 4: Evaluación de desempeño de Error Normalizado Cobre

Lab.	Cu %			U Exp Cu			X	Y	ErrCu	Condicion
	std	mean	ux	std	mean	ux				
Lab-2	0.006	0.609	0.002	0.0	0.004	0.0	0.006	0.008	0.780	Aceptable
Lab-6	0.013	0.601	0.004	0.0	0.008	0.0	0.014	0.010	1.398	Inacceptable
Lab-15	0.002	0.610	0.001	0.0	0.030	0.0	0.006	0.031	0.182	Aceptable
Lab-21	0.005	0.602	0.001	0.0	0.017	0.0	0.014	0.018	0.740	Aceptable
Lab-28-A	0.008	0.600	0.003	0.0	0.025	0.0	0.015	0.026	0.584	Aceptable
Lab-28-B	0.004	0.604	0.001	0.0	0.025	0.0	0.012	0.026	0.449	Aceptable
Lab-29	0.006	0.619	0.002	0.0	0.005	0.0	0.003	0.008	0.411	Aceptable
Lab-31	0.002	0.603	0.001	0.0	0.042	0.0	0.012	0.043	0.287	Aceptable
Lab-32-A	0.014	0.560	0.005	0.0	0.029	0.0	0.055	0.030	1.849	Inacceptable
Lab-32-B	0.004	0.569	0.001	0.0	0.008	0.0	0.046	0.010	4.445	Inacceptable
Lab-33	0.010	0.601	0.003	0.0	0.015	0.0	0.014	0.016	0.836	Aceptable
Lab-35	0.006	0.579	0.002	0.0	0.160	0.0	0.037	0.160	0.229	Aceptable
Lab-36	0.005	0.619	0.002	0.0	0.030	0.0	0.004	0.031	0.120	Aceptable
Lab-38	0.007	0.579	0.002	0.0	0.023	0.0	0.036	0.024	1.514	Inacceptable
Lab-52	0.005	0.589	0.002	0.0	0.040	0.0	0.026	0.041	0.648	Aceptable
Lab-53	0.006	0.602	0.002	0.0	0.015	0.0	0.013	0.016	0.812	Aceptable
Lab-66	0.006	0.599	0.002	0.0	0.030	0.0	0.017	0.031	0.540	Aceptable
Lab-80	0.002	0.606	0.000	0.0	0.001	0.0	0.009	0.007	1.348	Inacceptable

Arsénico

Lab.	As mg/Kg			U Exp As			X	Y	ErrAs	Condicion
	std	mean	ux	std	mean	ux				
Lab-2	7.888	498.000	2.494	0.0	19.0	0.0	10.000	21.954	0.455	Aceptable
Lab-6	21.318	539.000	6.741	0.0	12.0	0.0	31.000	16.279	1.904	Inacceptable
Lab-15	6.876	505.720	2.174	0.0	93.0	0.0	2.280	93.648	0.024	Aceptable
Lab-29	6.743	473.390	2.132	0.0	14.5	0.0	34.610	18.200	1.902	Inacceptable
Lab-31	4.808	473.990	1.520	0.0	50.5	0.0	34.010	51.684	0.658	Aceptable
Lab-32-A	26.640	306.410	8.424	0.0	53.3	0.0	201.590	54.423	3.704	Inacceptable
Lab-32-B	18.868	464.010	5.967	0.0	37.7	0.0	43.990	39.272	1.120	Inacceptable
Lab-33	11.005	479.000	3.480	0.0	22.0	0.0	29.000	24.597	1.179	Inacceptable
Lab-35	3.713	470.938	1.174	0.0	48.0	0.0	37.062	49.244	0.753	Aceptable
Lab-52	14.926	453.639	4.720	0.0	27.0	0.0	54.361	29.155	1.865	Inacceptable
Lab-80	10.797	441.600	3.414	0.0	8.8	0.0	66.400	14.087	4.714	Inacceptable

Plata

Lab.	Ag mg/Kg			U Exp Ag			X	Y	ErrAg	Condicion
	std	mean	ux	std	mean	ux				
Lab-2	0.858	5.750	0.271	0.0	0.55	0.0	0.140	0.657	0.213	Acceptable
Lab-6	0.052	6.560	0.016	0.0	0.03	0.0	0.670	0.361	1.855	Inacceptable
Lab-15	0.095	6.430	0.030	0.0	4.00	0.0	0.540	4.016	0.134	Acceptable
Lab-36	0.052	4.760	0.016	0.0	0.30	0.0	1.130	0.469	2.411	Inacceptable
Lab-52	0.158	5.323	0.050	0.0	0.40	0.0	0.567	0.538	1.054	Inacceptable
Lab-66	0.110	4.990	0.035	0.0	0.20	0.0	0.900	0.412	2.185	Inacceptable

Hierro

Lab.	Fe %			U Exp Fe			X	Y	ErrFe	Condicion
	std	mean	ux	std	mean	ux				
Lab-2	0.021	1.536	0.007	0.0	0.011	0.0	0.077	0.035	2.214	Inacceptable
Lab-6	0.021	1.445	0.007	0.0	0.012	0.0	0.014	0.035	0.399	Acceptable
Lab-15	0.015	1.454	0.005	0.0	0.300	0.0	0.006	0.302	0.018	Acceptable
Lab-28-A	0.015	1.421	0.005	0.0	0.050	0.0	0.038	0.060	0.636	Acceptable
Lab-28-B	0.037	1.392	0.012	0.0	0.050	0.0	0.068	0.060	1.127	Inacceptable
Lab-31	0.004	1.447	0.001	0.0	0.061	0.0	0.012	0.069	0.176	Acceptable
Lab-32-A	0.047	1.518	0.015	0.0	0.093	0.0	0.059	0.099	0.598	Acceptable
Lab-32-B	0.027	1.493	0.008	0.0	0.054	0.0	0.034	0.063	0.542	Acceptable
Lab-33	0.018	1.466	0.006	0.0	0.015	0.0	0.007	0.036	0.193	Acceptable
Lab-35	0.017	1.370	0.005	0.0	0.250	0.0	0.089	0.252	0.351	Acceptable
Lab-36	0.003	1.473	0.001	0.0	0.300	0.0	0.014	0.302	0.048	Acceptable
Lab-38	0.016	1.454	0.005	0.0	0.062	0.0	0.005	0.070	0.077	Acceptable
Lab-52	0.013	1.534	0.004	0.0	0.063	0.0	0.075	0.071	1.060	Inacceptable
Lab-66	0.009	1.465	0.003	0.0	0.086	0.0	0.006	0.092	0.065	Acceptable
Lab-80	0.005	1.496	0.001	0.0	0.004	0.0	0.037	0.033	1.114	Inacceptable

Molibdeno

Lab.	Mo mg/Kg			U Exp Mo			X	Y	ErrMo	Condicion
	std	mean	ux	std	mean	ux				
Lab-2	36.515	4600.000	11.547	0.0	3.0	0.0	211.000	314.014	0.672	Aceptable
Lab-6	31.198	4682.000	9.866	0.0	18.0	0.0	293.000	314.516	0.932	Aceptable
Lab-15	26.239	4698.580	8.298	0.0	30.0	0.0	309.580	315.430	0.981	Aceptable
Lab-28-A	123.430	4423.160	39.032	0.0	250.0	0.0	34.160	401.368	0.085	Aceptable
Lab-28-B	86.951	4232.950	27.496	0.0	250.0	0.0	156.050	401.368	0.389	Aceptable
Lab-31	35.624	4291.740	11.265	0.0	25.5	0.0	97.260	315.034	0.309	Aceptable
Lab-32-A	168.391	4781.800	53.250	0.0	336.8	0.0	392.800	460.467	0.853	Aceptable
Lab-32-B	44.214	4466.110	13.982	0.0	88.4	0.0	77.110	326.206	0.236	Aceptable
Lab-35	4.481	4315.867	1.417	0.0	54.0	0.0	73.133	318.609	0.230	Aceptable
Lab-38	67.045	4306.493	21.201	0.0	150.0	0.0	82.507	347.989	0.237	Aceptable
Lab-52	52.205	3440.870	16.509	0.0	51.2	0.0	948.130	318.147	2.980	Inacceptable
Lab-80	3.523	524.630	1.114	0.0	2.9	0.0	3864.370	314.013	12.306	Inacceptable