INFORME A

ENSAYO DE APTITUD
CONCENTRADO DE COBRE

INN – DCN Nº C-2304

Noviembre 2024

Instituto Nacional de Normalización

Codelco Chile – División Chuquicamata

Preparó: Ariel Tirado S, Sub-Jefe Laboratorio Designado

Revisión: Carola Fernández, Jefa Laboratorio Designado

Aprobó: William Güin T. Asesor Metrólogo Experto INN

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 por Laboratorio Químico Organizador 10
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 y dispersión basados en desviación estándar de los datos 17
8.3 Resultados por Laboratorio y dispersión comparando desviación std vs incertidumbre 19
8.4 Resumen desempeño en error normalizado 22
8.5 Resultados por Elemento para Error Normalizado 23
9. Analisis de los resultados por Tecnica 25
10. Resumen 29
11. Recomendaciones 29
12. ANEXOS 31
Anexo 1: Resultados reportados por laboratorios en concentrado de cobre 31
Anexo 2: Metodología de análisis químico utilizado por laboratorio para Minerales 35
Anexo 3: Evaluación de desempeño de Error Normalizado 40

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 segundo Ensayo de Aptitud, año 2023, para concentrado 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"
- **NCh ISO guía 35: 2017** "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 Ensayo de Aptitud 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.

El trabajo tiene carácter de cooperativo, es decir, totalmente gratuitos, los laboratorios se comprometen a realizar los ensayos en la forma planificada y entregar los resultados en los plazos establecidos y el laboratorio Organizador/Piloto se compromete a elaborar un informe que se entrega a todos los laboratorios participantes.

La información generada es tratada confidencialmente, INN entregó a cada laboratorio participante un código aleatorio, con el que hicieron llegar sus resultados. En esta ronda se entregó una muestra de concentrado de cobre las instrucciones específicas se dieron a conocer en carta adjunta a las muestras (Protocolo Ronda 2304, Anexo 1).

4. LABORATORIOS PARTICIPANTES

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	Bureau Veritas 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.	Santiago
15	Alfred Knight Group Ltd	Sierra Gorda
16	Alfred Knight Group Ltd	Antofagasta
17	Alfred Knight Group Ltd	Salamanca
18	ENAMI	Fundición H. Videla Lira
19	ENAMI	Laboratorio Planta Delta
20	Geoassay Group	Antofagasta - La Negra
21	Geoassay Group	Santiago
22	Glencore Lomas Bayas S.A.	Antofagasta
23	Minera SPENCE S.A.	Calama
24	Minera Candelaria	Copiapó
25	GEOLAQUIM Ltda.	Copiapó
26	SCM Atacama Kozan	Copiapó
27	METALAB S.A.	Santiago
28	Minera Centinela	Sierra Gorda
29	Soluciones Analiticas SPA	Santiago
30	Andes Analytical Assay spa	Santiago
31	Ecometales	Calama-RT
32	S.C. Minera El Abra	Calama
33	SGS. Minerals S.A.	Calama
34	CCHEN	Santiago
35	WSS S.A.	Santiago
36	SCM Franke S.A.	Taltal

5. IDENTIFICACIÓN Y PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS

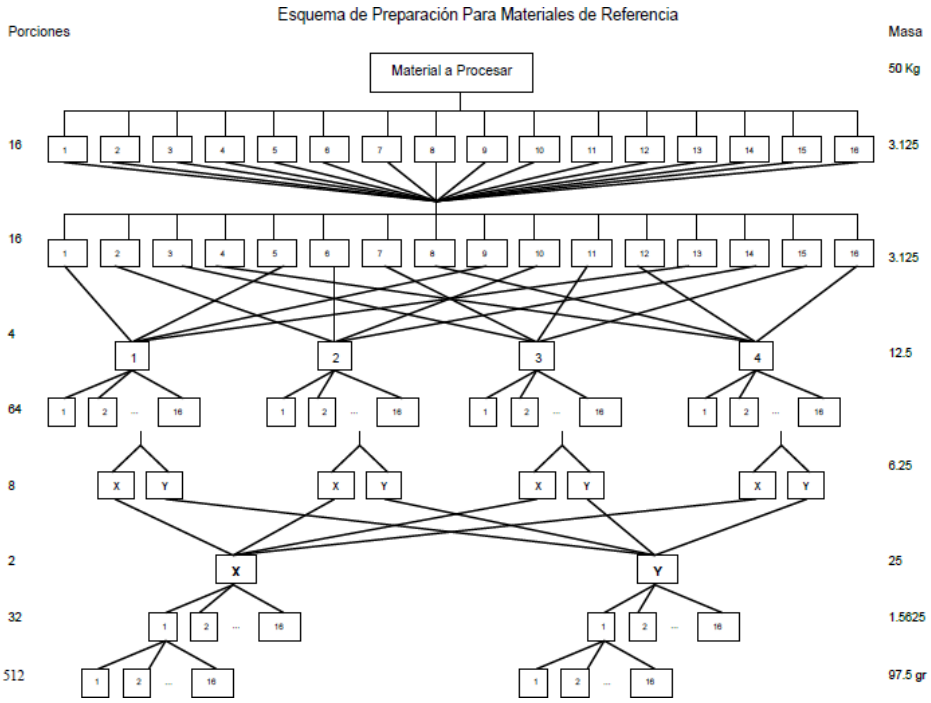
Las muestras son identificadas con claves y corresponde a concentrado de cobre de yacimientos de las divisiones de Codelco Chile.

Las muestras utilizadas en el EA están identificadas como:

Concentrado: Concentrado de Cobre de Codelco Ministro Hales (MH-CC-01-16)

Se seleccionan 50 kg de 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 test Ensayo de Aptitud. La muestra es secada, chancada y pulverizada de modo que su granulometría (tamaño de partícula máxima) sea 100% <100#Tyler (0.15 mm), 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 Guide 35:2020 (7.4.1.1)

Se aplicaron métodos estadísticos para la evaluación de la homogeneidad entre y dentro de frascos según ISO Guide 35:2020 (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, dando 30 muestras por analizar. Esto se análisis de datos se realizó mediante el lenguaje Python 3.11 con GUI 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 guía ISO 35:2020:7.7.4 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 dentro de las unidades: Según indica la guía ISO 35:2020:c.3, para que un MR se acepte como homogéneo, la desviación estándar debida a la heterogeneidad dentro de cada unidad (Swb) debe ser menor a la desviación estándar debida a la heterogeneidad entre las unidades (Sbb), 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.

$$S_{wb} = S_r = \sqrt{MS_{dentro}}$$

, donde

S_{wb} = *desviación estándar debido a heterogeneidad dentro de unidades*
S_r = *desviación estándar de repetibilidad*
MS_{dentro} = *cuadrado de las medias (mean square) dentro de las unidades*

Según guía ISO 35:2020:7.3, 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 elige los elementos 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

	Resultado	F	f-Critico
Elemento Cu	Cumple	1.825735	2.578739
Elemento Mo	Cumple	1.083333	2.578739
Elemento As	Cumple	0.754261	2.578739

Se validan los resultados con el cálculo de p-value desde ANOVA

	Resultado p-value	p-value
Elemento Cu	Cumple	0.140480
Elemento Mo	Cumple	0.376102
Elemento As	Cumple	0.560498

Nota: el valor del puntaje debe ser interpretado como:
Prueba 1: F < f-Critico
Prueba 2: p-value > 0.05

5.3 Test de Estabilidad

Tiempo de estudio 12 meses, desde febrero del 2022 a marzo 2023

	Ec A	Ec B	A <B
Cobre	0.0001	0.0066	Cumple
Hierro	0.0400	0.1025	Cumple
Molibdeno	0.0005	0.0051	Cumple
Arsenico	0.0033	0.0100	Cumple
Plata	0.1877	2.5211	Cumple

5.4 Valor Asignado por Laboratorio Químico Organizador

Para el caso de este material de concentrado de cobre, 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 absorción atómica, con una calibración externa de patrones, hierro, molibdeno, arsénico y plata. Para el caso de Cu, este se realiza por volumetría

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

- Patrón certificado CCU1-E Copper (Cu) MRC
- Patrón certificado NIST 3126a Iron (Fe) Standard Solution
- Patrón certificado NIST 3151 Plata (Ag) Standard Solution
- Patrón certificado NIST 3134 Molibdeno (Mo) Standard Solution
- Patrón certificado NIST 3134 Arsénico (As) Standard Solution

La metodología de análisis químico para asignar los valores de los analitos solicitados es metrológicamente trazable a un Materiales de Referencia Certificados con una incertidumbre de medida.

Para los análisis químicos se utilizaron equipos calibrados e insumos con trazabilidad comprobada como balanza con precisión de 0,01 mg y masas patrones calibrados por el laboratorio custodio de los patrones nacionales de masa CESMEC, Material volumétrico clase A, los ácidos utilizados son categoría ultrapur y agua ultra purificada grado I

Los resultados de los valores asignados obtenidos por el Laboratorio Químico Organizador y correspondiente al mineral enviado es:

Resumen

Elemento	Valor Asignado	U exp
Cu (%)	31.20	0.61
As (%)	3.47	0.17
Ag (mg/Kg)	590	30
S (%)	33.2	1.1

Tabla realizada considerando k = 2

6. PARTICIPANTES QUE PRESENTARON RESULTADOS

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

Nota: Los participantes que reportaron resultados bajo sus límites de detección, no fueron considerados en los cálculos estadísticos.

Concentrado:

Lab.	Cu %	U Exp Cu	As %	U Exp As	Ag mg/Kg	U Exp Ag	S %	U Exp S
1	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
10	Si	Si	Si	Si	Si	Si		
11	Si	Si						
138-A	Si	Si	Si	Si				
138-B	Si	Si	Si	Si				
138-C	Si	Si						
17	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
20	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
22	Si	Si	Si	Si			Si	Si
23	Si	Si	Si	Si			Si	Si
25	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
27	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
28	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
29	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
31	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
33	Si	Si			Si	Si		
47	Si	Si			Si	Si		
5	Si	Si	Si	Si				
54	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
55	Si	Si	Si	Si				
56	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
63	Si	Si						
8	Si	Si	Si	Si	Si	Si		
Reportado %	100.0	100.0	78.3	78.3	60.9	60.9	52.2	52.2

	En %
Participacion de Laboratorios	69.8

Los resultados informados por los laboratorios participantes de la ronda INN – DCN-2304 se presentan en las tablas de Anexo N°1 “Resultados informados por Laboratorios”

7. EVALUACIÓN DE RESULTADOS INFORMADOS

Formula de Error Normalizado

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

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 “No Aceptable” y genera una señal de acción.

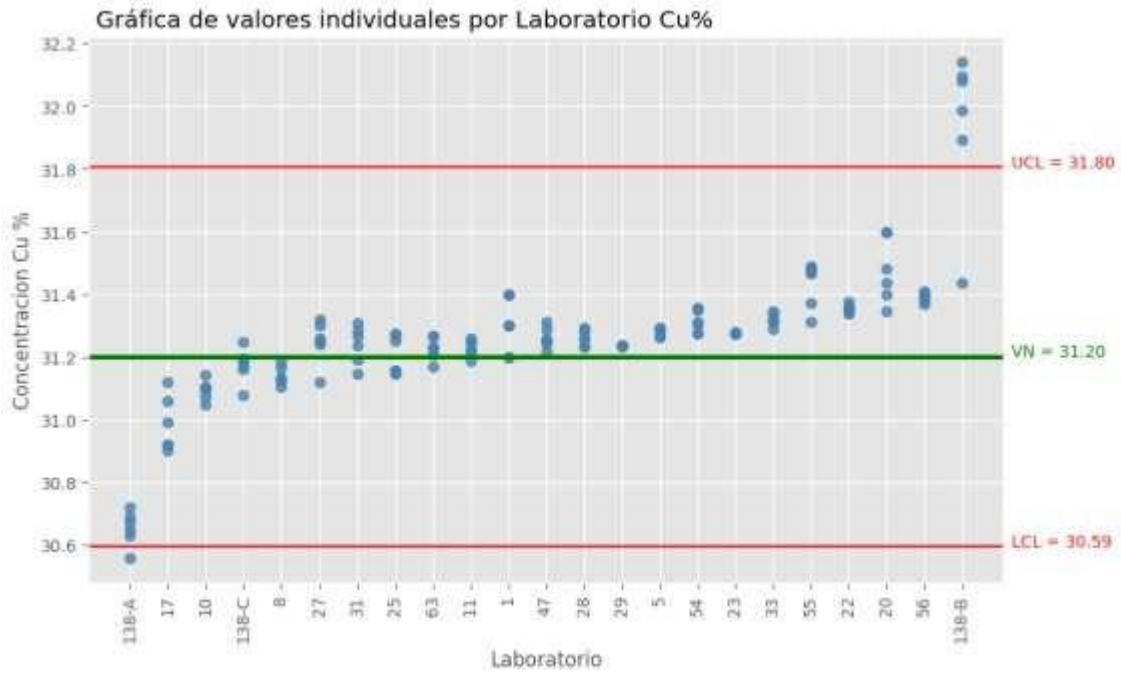
8. RESULTADOS INFORMADOS

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.

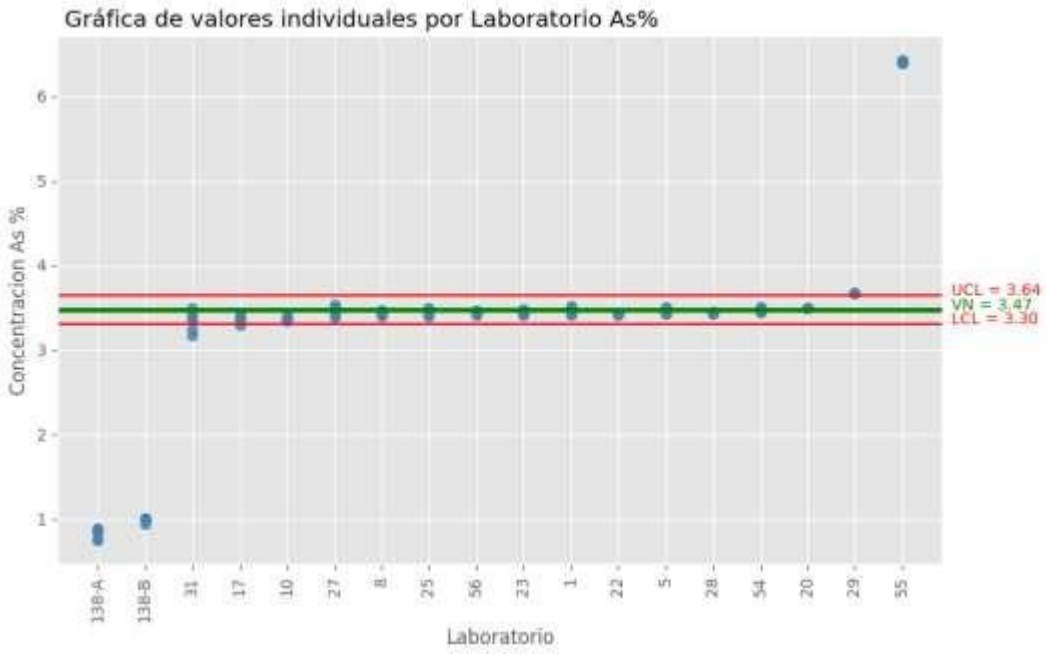
Concentrado de cobre

Cu

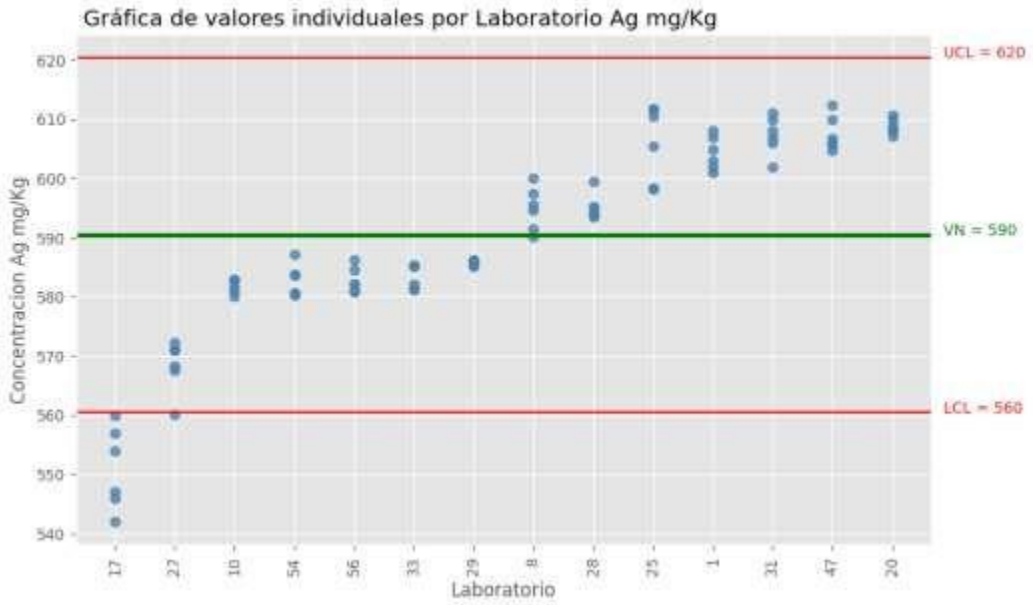


VN: Valor asignado por Laboratorio Químico Organizador (Piloto)
UCL, LCL: Incertidumbre Expandida

As

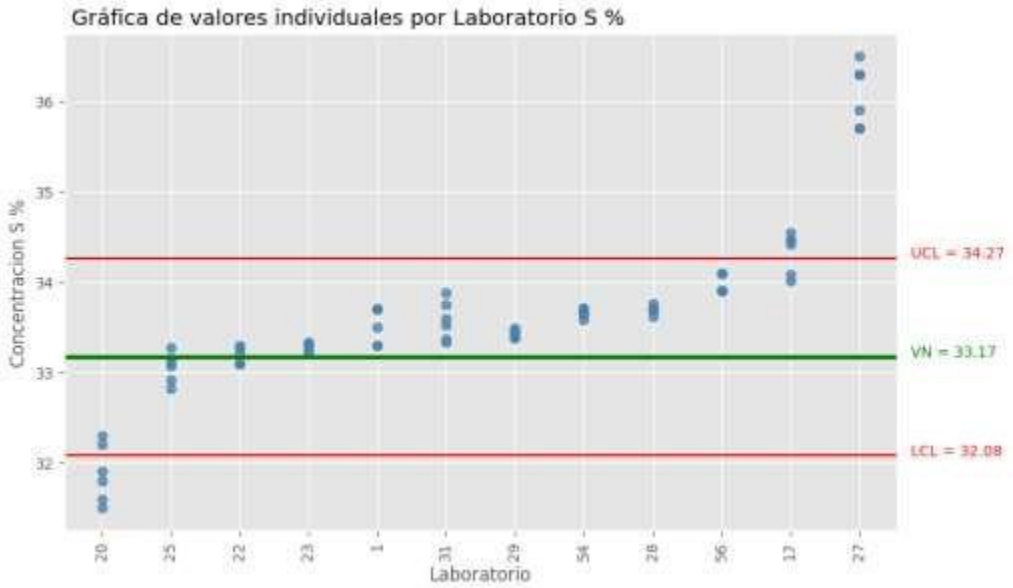


Ag



VN: Valor asignado por Laboratorio Químico Organizador (Piloto)
UCL, LCL: Incertidumbre Expandida

S

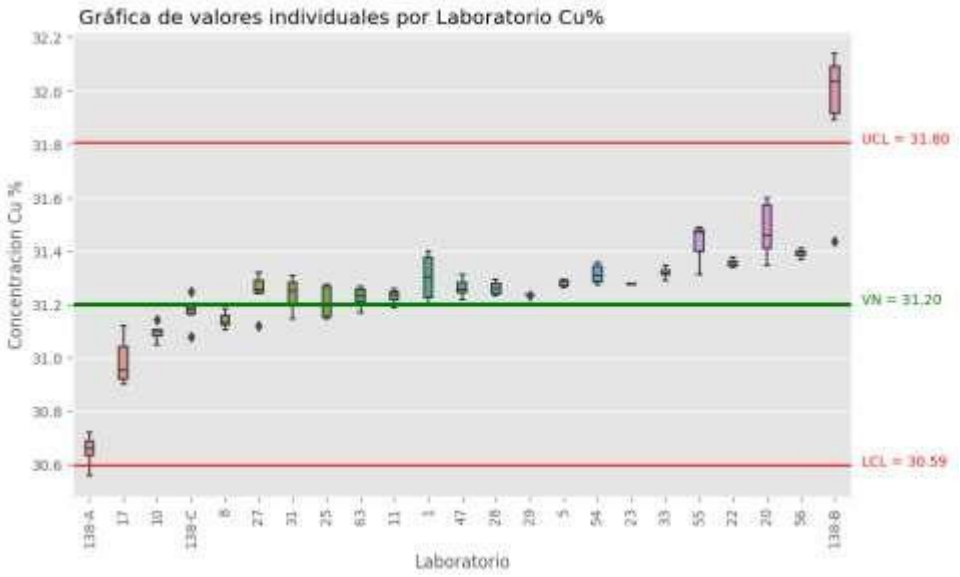


VN: Valor asignado por Laboratorio Químico Organizador (Piloto)
UCL, LCL: Incertidumbre Expandida.

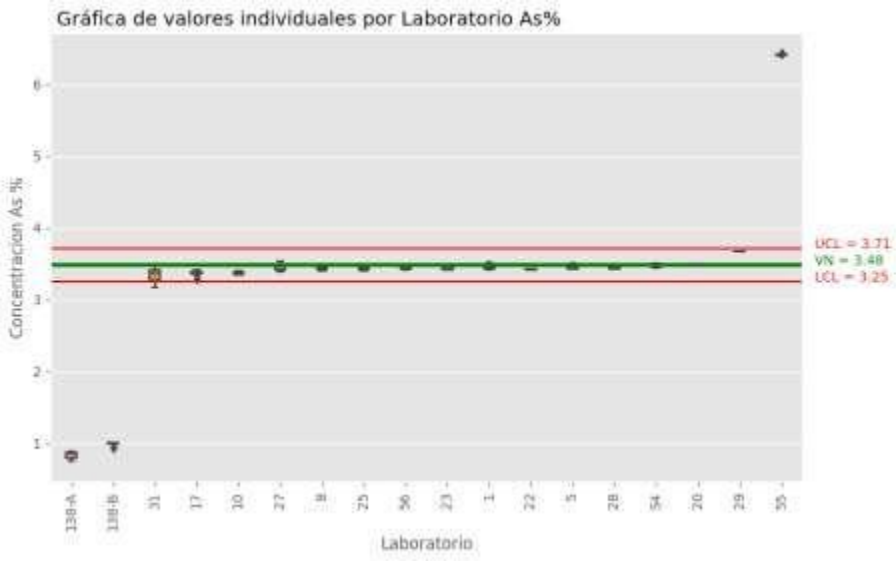
8.2 Resultados por Laboratorio y dispersión basados en desviación estándar de los datos

Los siguientes gráficos presentan los promedios por Laboratorio y proporciona una indicación de la dispersión de los resultados, dibujando una línea vertical que corresponde a ± 2 σ.

Cu

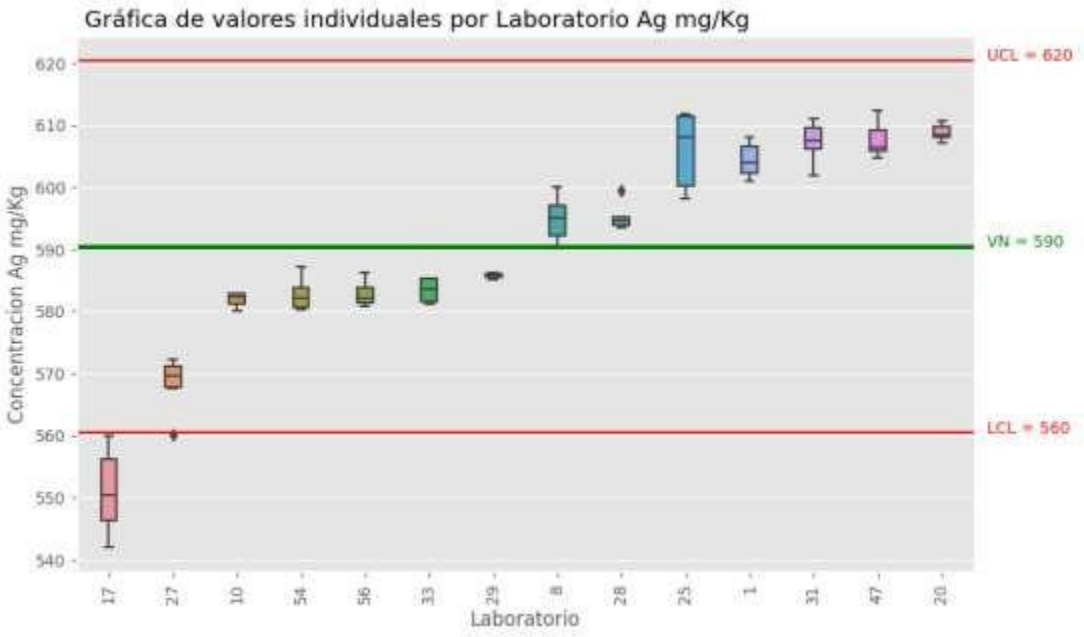


As

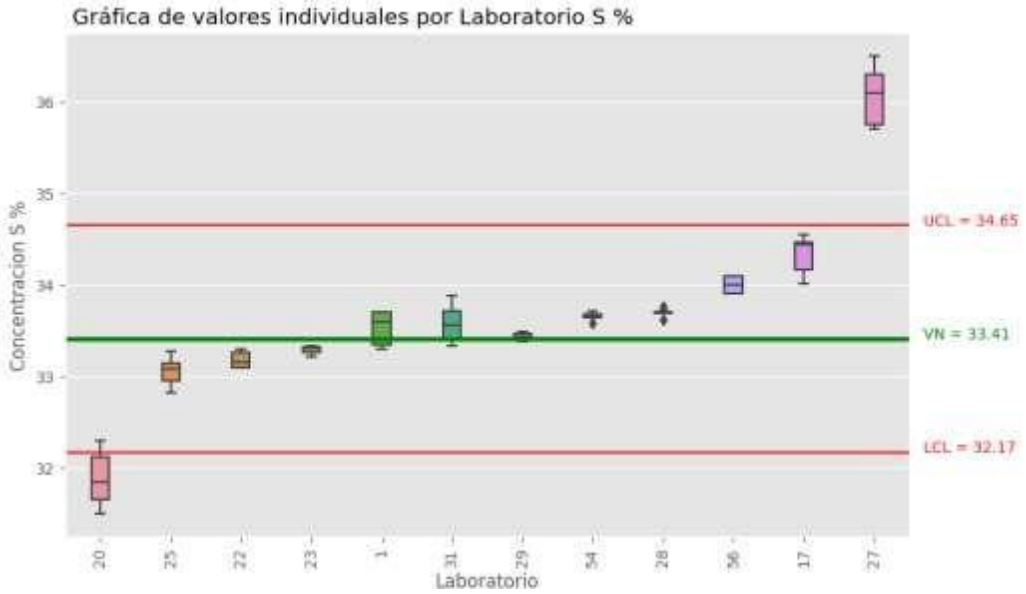


VN: Valor asignado por Laboratorio Químico Organizador (Piloto)
UCL, LCL: Incertidumbre Expandida

Ag



S

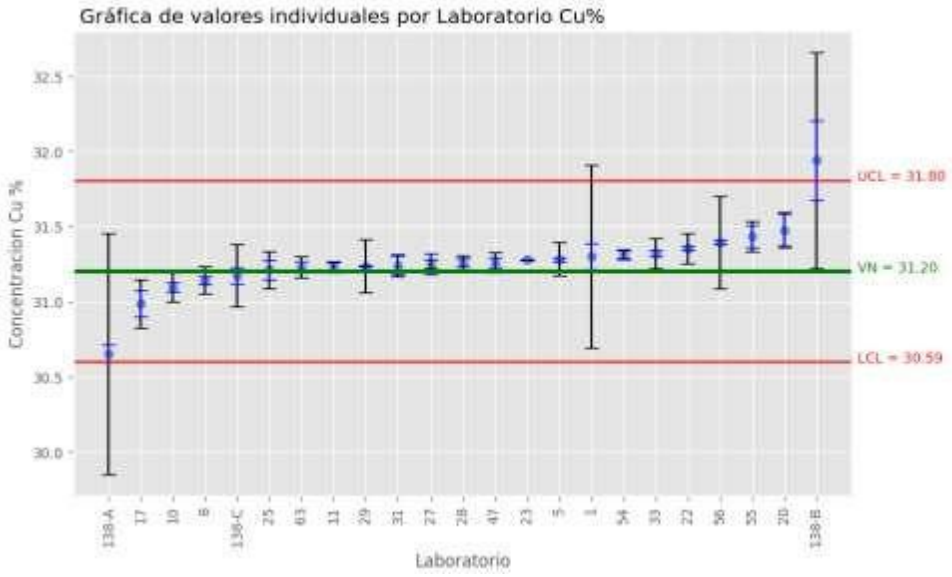


VN: Valor asignado por Laboratorio Químico Organizador (Piloto)
UCL, LCL: Incertidumbre Expandida

8.3 Resultados por Laboratorio y dispersión comparando desviación std vs incertidumbre

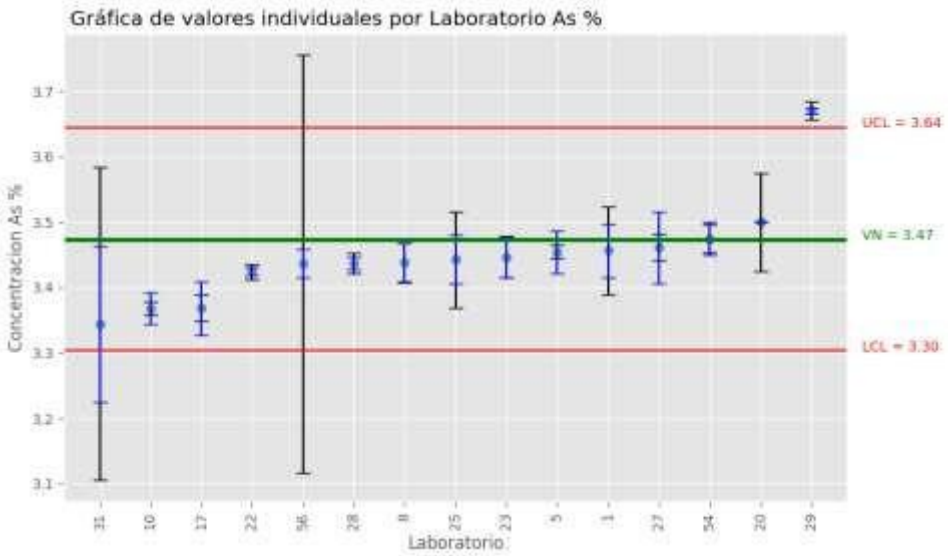
Los siguientes gráficos presentan los promedios por Laboratorio y proporciona una indicación de la dispersión de los resultados, dibujando una línea vertical que corresponde a ± 2 σ.

Cu



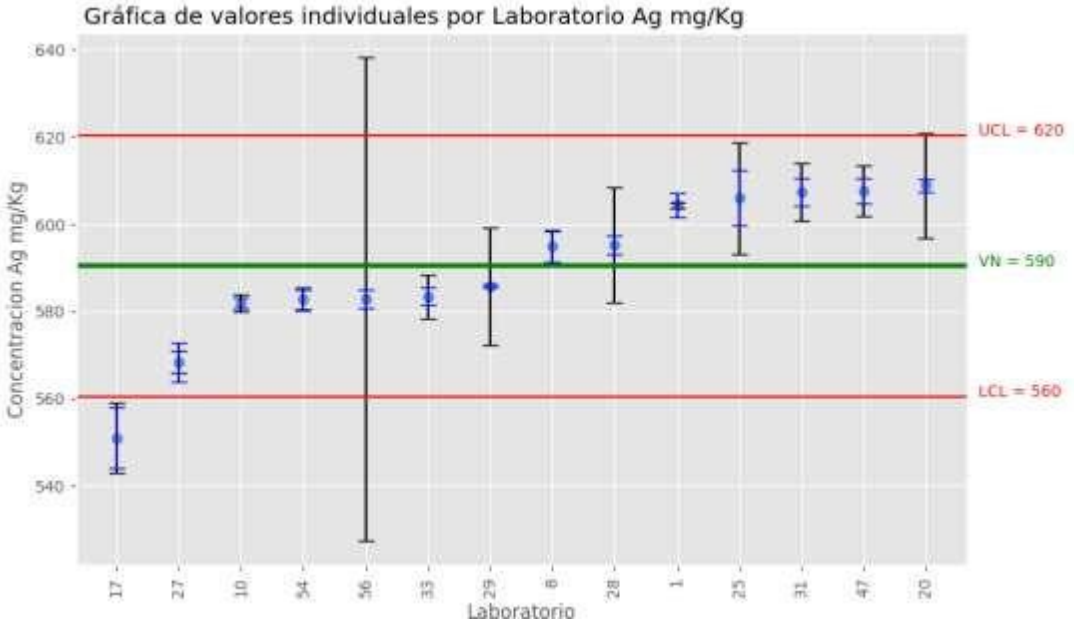
Barra Negra: Incertidumbre
Barra Azul: Desviación estándar
VN: Valor asignado por Laboratorio Químico Organizador (Piloto)
UCL, LCL: Incertidumbre Expandida

As



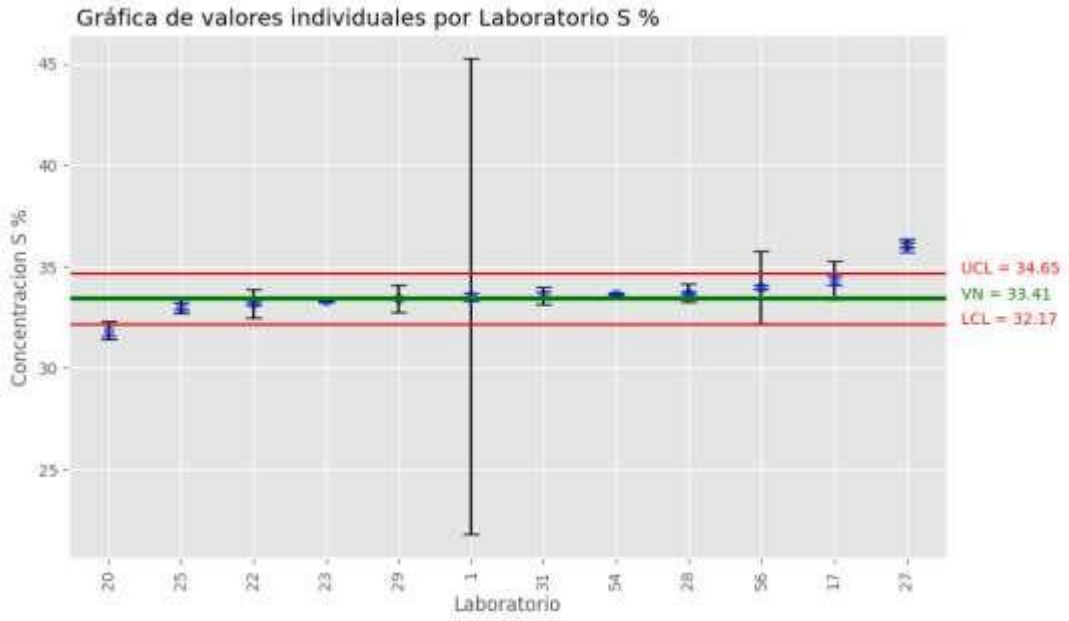
Por tema de visualización, los laboratorios 138-A; 138-B y 55 fueron sacados de la grafica para ver con claridad la incertidumbre y desviación estándar de los laboratorios que obtuvieron resultados satisfactorios

Ag



Barra Negra: Incertidumbre
Barra Azul: Desviación estándar
VN: Valor asignado por Laboratorio Químico Organizador (Piloto)
UCL, LCL: Incertidumbre Expandida

S



Barra Negra: Incertidumbre
Barra Azul: Desviación estándar
VN: Valor asignado por Laboratorio Químico Organizador (Piloto)
UCL, LCL: Incertidumbre Expandida

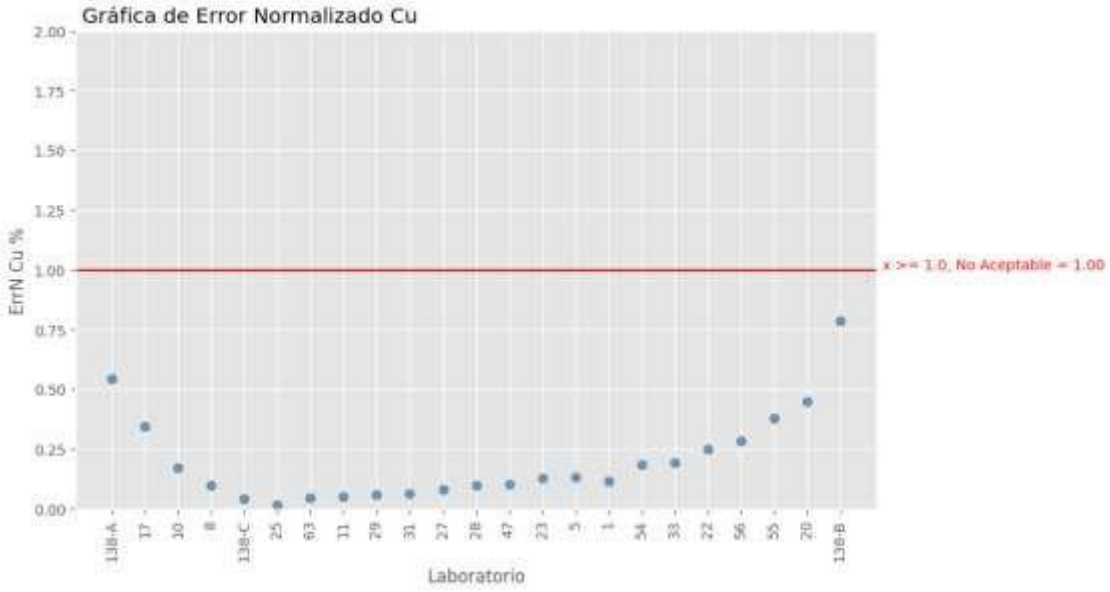
8.4 Resumen desempeño en error normalizado :

A continuación, se presenta con los resultados del desempeño de los participantes:

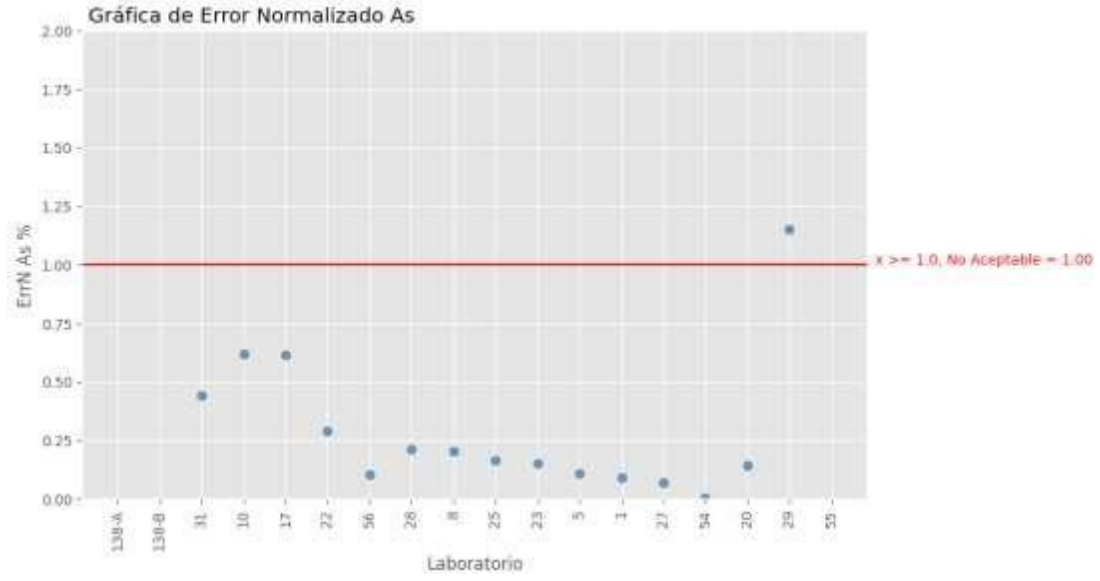
	Lab.	Cu	As	Ag	S
0	1	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable
1	10	Aceptable	Aceptable	Aceptable	--
2	11	Aceptable	--	--	--
3	138-A	Aceptable	No Aceptable	--	--
4	138-B	Aceptable	No Aceptable	--	--
5	138-C	Aceptable	--	--	--
6	17	Aceptable	Aceptable	No Aceptable	Aceptable
7	20	Aceptable	Aceptable	Aceptable	No Aceptable
8	22	Aceptable	Aceptable	--	Aceptable
9	23	Aceptable	Aceptable	--	Aceptable
10	25	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable
11	27	Aceptable	Aceptable	Aceptable	No Aceptable
12	28	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable
13	29	Aceptable	No Aceptable	Aceptable	Aceptable
14	31	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable
15	33	Aceptable	--	Aceptable	--
16	47	Aceptable	--	Aceptable	--
17	5	Aceptable	Aceptable	--	--
18	54	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable
19	55	Aceptable	No Aceptable	--	--
20	56	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable
21	63	Aceptable	--	--	--
22	8	Aceptable	Aceptable	Aceptable	--

8.5 Resultados por Elemento para Error Normalizado

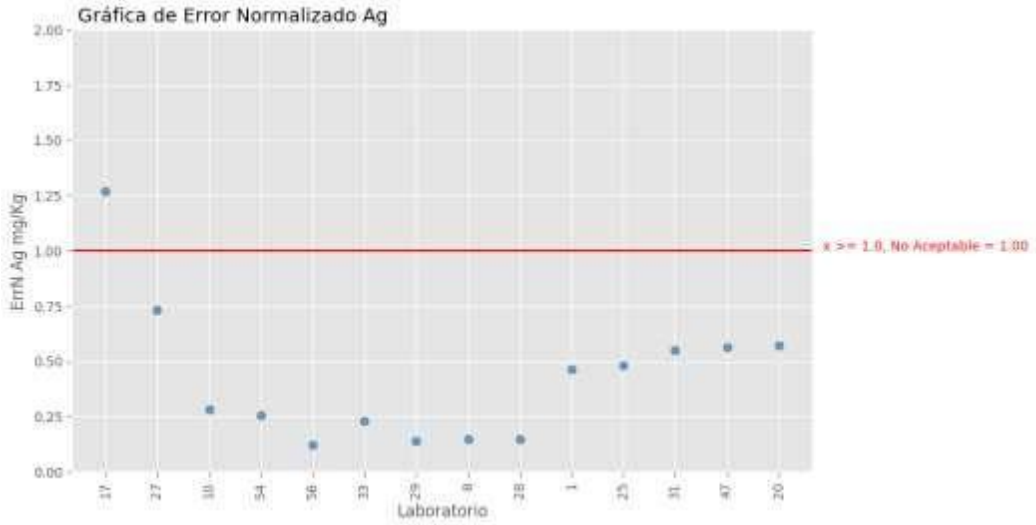
Cu



As



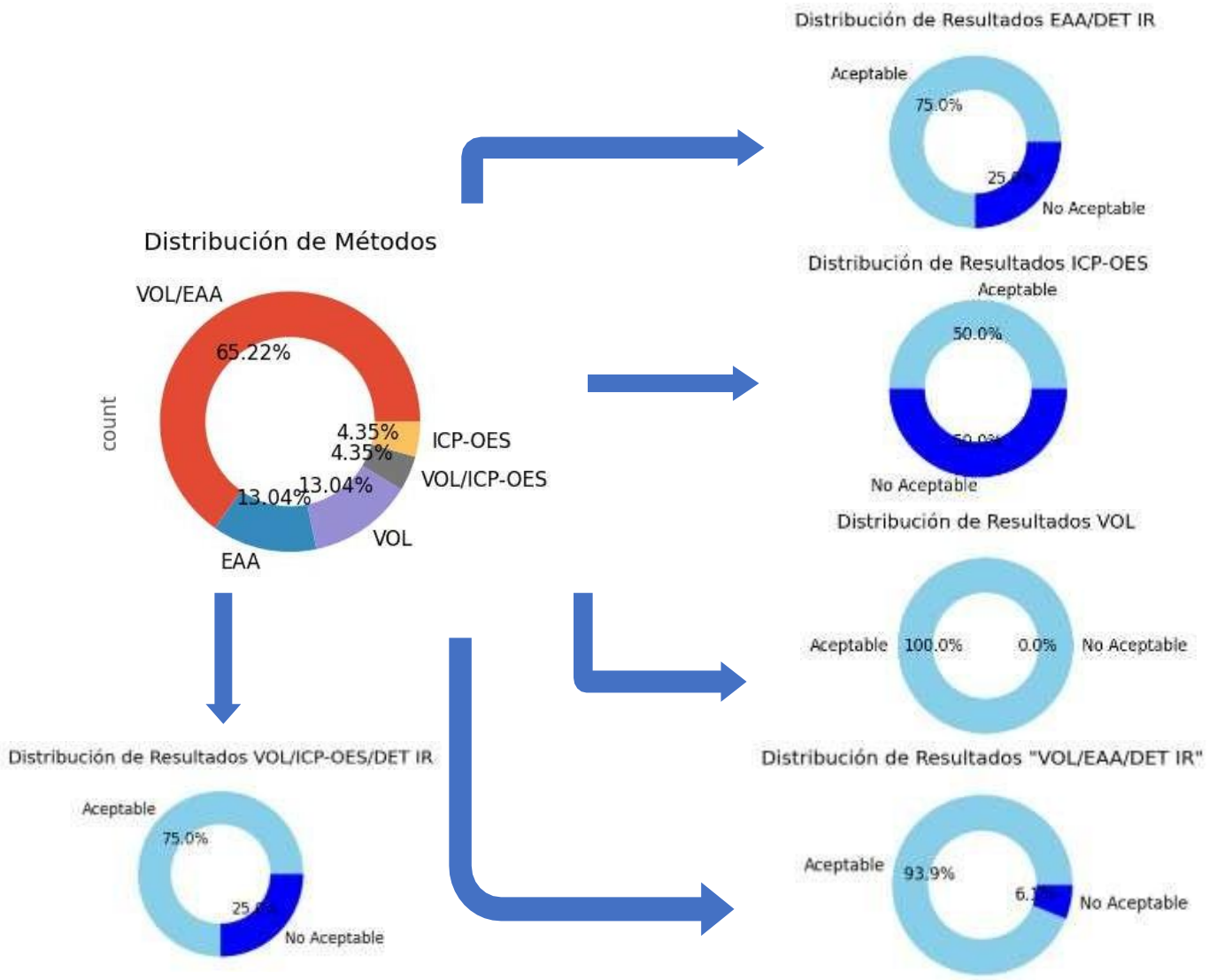
Ag


Gráfica de Error Normalizado Ag
ErrN Ag mg/Kg
2.00
1.75
1.50
1.25
1.00
0.75
0.50
0.25
0.00
x >= 1.0, No Aceptable = 1.00
17
27
10
54
56
33
29
8
28
1
25
31
47
20
Laboratorio

S

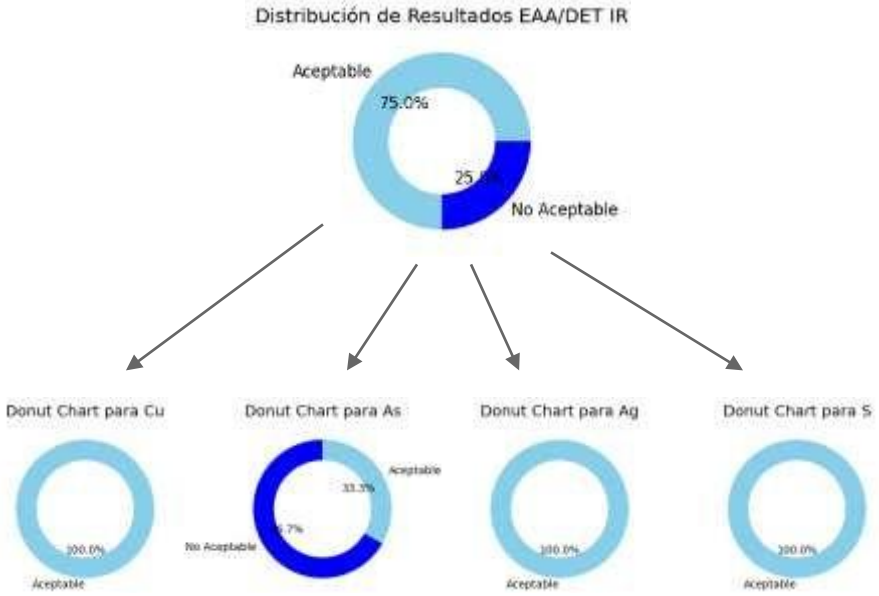
Gráfica de Error Normalizado S
ErrN S %
2.00
1.75
1.50
1.25
1.00
0.75
0.50
0.25
0.00
x >= 1.0, No Aceptable = 1.00
20
25
22
23
29
1
31
54
28
56
17
27
Laboratorio

9. ANALISIS DE LOS RESULTADOS POR TECNICA

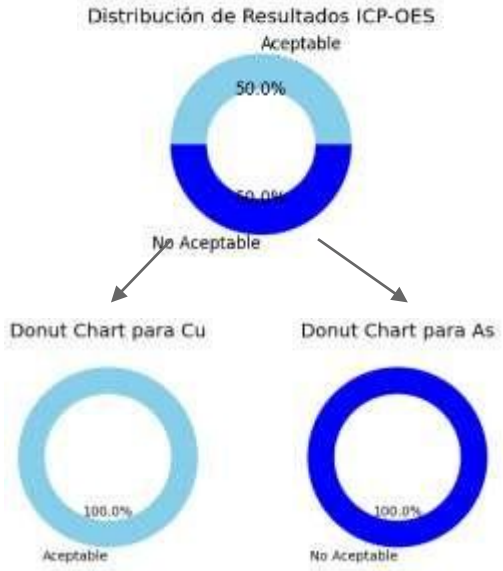


		EAA	ICP-OES	VOL	VOL/EAA	VOL/ICP-OES
Cu	**No Aceptable**	0	0	0	0	0
	Aceptable	3	1	3	15	1
As	**No Aceptable**	2	1	0	1	0
	Aceptable	1	0	0	12	1
Ag	**No Aceptable**	0	0	0	1	0
	Aceptable	1	0	1	10	1
S	**No Aceptable**	0	0	0	1	1
	Aceptable	1	0	0	9	0

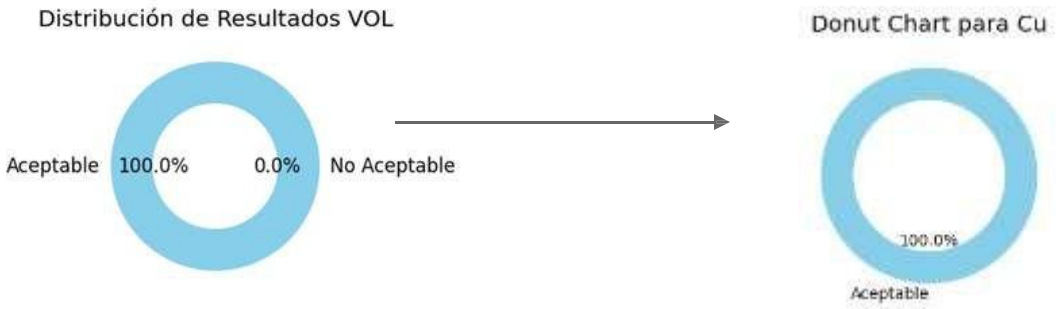
Análisis grafico para EAA



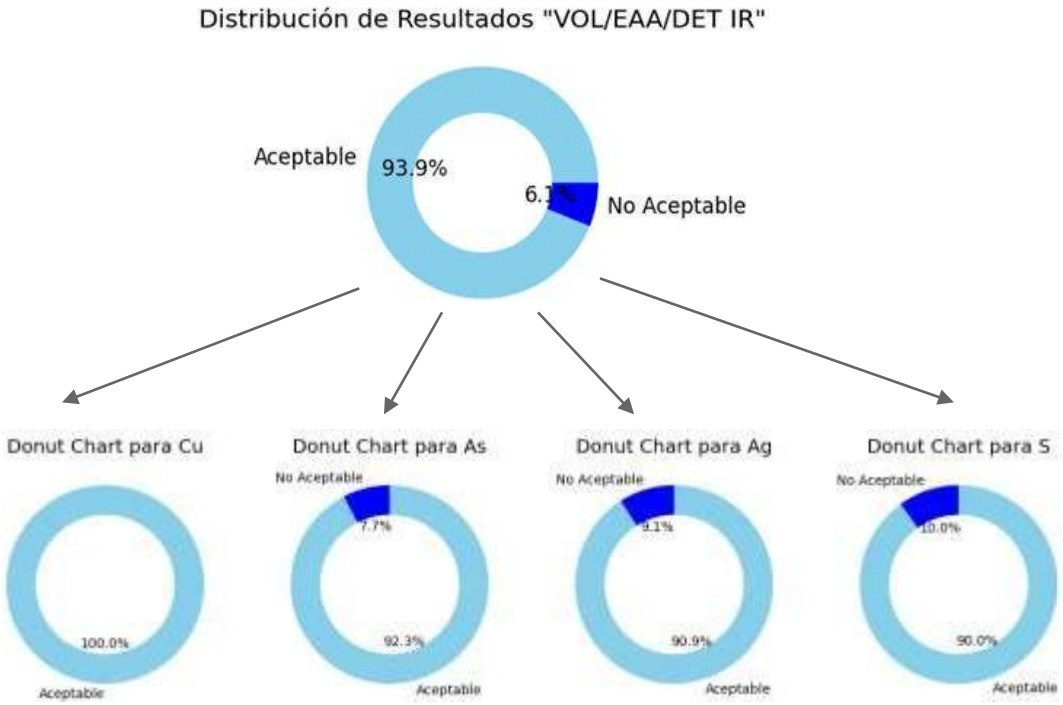
Análisis grafico para ICP-OES

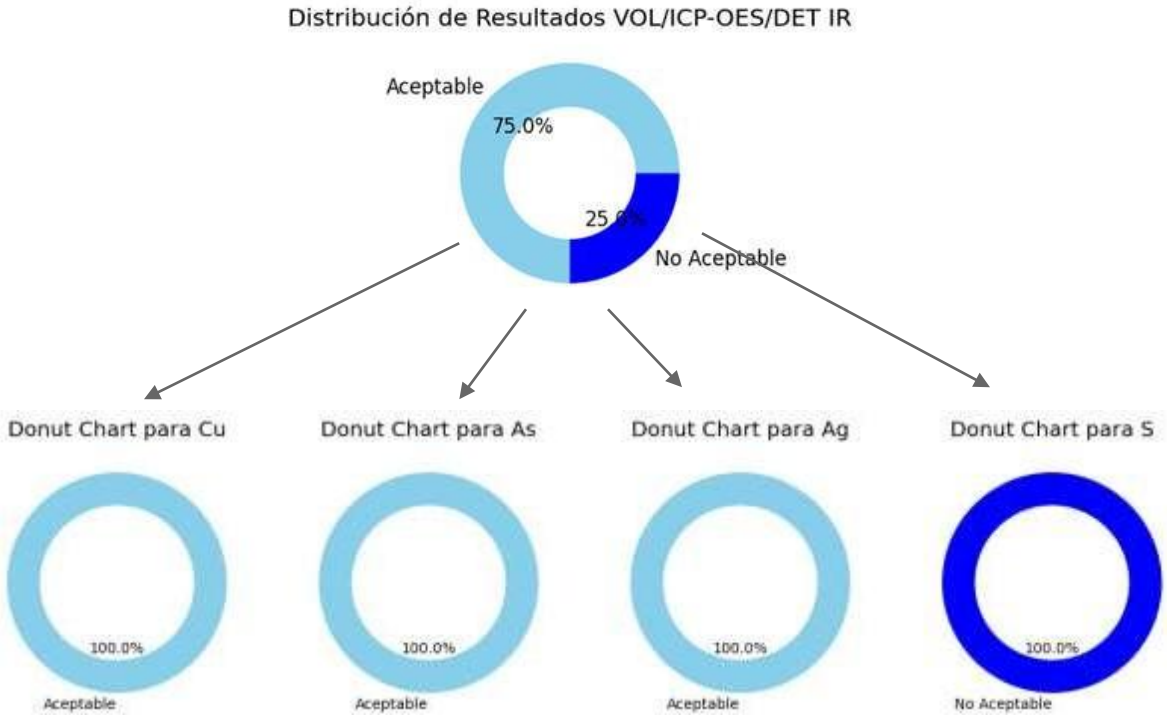


Análisis Grafico por Volumetría



Análisis Grafico por Volumetría y Absorción Atómica




Distribución de Resultados VOL/ICP-OES/DET IR
Aceptable
75.0%
25.0%
No Aceptable
Donut Chart para Cu
Donut Chart para As
Donut Chart para Ag
Donut Chart para S
100.0%
Aceptable
100.0%
Aceptable
100.0%
Aceptable
100.0%
No Aceptable

10. RESUMEN

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

Muestra problema:

	Cu %	U Exp Cu	As %	U Exp As	Ag mg/Kg	U Exp Ag	S %	U Exp S
% Reportados:	100.0	100.0	78.3	78.3	60.9	60.9	52.2	52.2

11. RECOMENDACIONES

Tras analizar detalladamente los resultados de las Ensayo de Aptitud para distintos analitos: cobre, arsénico, plata y Azufre, se han identificado diversos patrones y preocupaciones.

En primer lugar, las mediciones de cobre nos encontramos que todos los participantes del EA presentan un desempeño aceptable con resultados dentro de los parámetros asignados al elemento.

A su vez en el elemento Arsénico la mayoría de los resultados están dentro de los parámetros asignados, solo cuatro participantes presentan un desempeño insuficiente, correspondientes a N° 29, 55, 138 a y 138 b, los datos que están fuera deben revisar su sistema dado que la desviación es grosera con respecto a la media designada.

Para el elemento Ag solo un participante presenta un desempeño Insuficiente, correspondiente al participante N°17.

Con respecto a la estimación de la incertidumbre declarada por los participantes, algunos laboratorios sobreestiman este cálculo, lo que no concuerda con la variabilidad de sus resultados reportados, por lo que es necesario revisar sus cálculos y procedimientos. Los laboratorios que sobreestimaron el cálculo de la incertidumbre es el laboratorio N°56 para plata y N°1 para azufre.

Con respecto a la subestimación del cálculo de la incertidumbre. Solo en elemento As presenta en general una subestimación de la mayoría de los resultados.

Fomentar la colaboración y cooperación entre laboratorios son 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 interlaboratorio 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. El cobre, como principal producto de exportación, representa una parte fundamental de los ingresos del país, y resultados mal reportados o imprecisos podrían conducir a pérdidas significativas para las empresas mineras y, en última instancia, para la economía en su conjunto.

La precisión en las mediciones de contenido de cobre y otros elementos no solo afecta la eficiencia operativa de las empresas mineras, sino que también influye en la toma de decisiones a nivel nacional, incluyendo inversiones, políticas económicas y estrategias de desarrollo. La confiabilidad de estos resultados es crucial para respaldar la credibilidad del país como proveedor confiable en los mercados internacionales y para mantener la competitividad en la industria minera global.

Por ende, la cooperación entre laboratorios para mejorar la precisión y fiabilidad en los análisis minerales no solo es fundamental para las empresas mineras individuales, sino que también es vital para la economía del país en su conjunto. La colaboración y el esfuerzo colectivo para garantizar mediciones precisas son aspectos cruciales para salvaguardar la reputación, la rentabilidad y el papel de liderazgo en la producción de minerales en el mercado mundial.

12. ANEXOS

Anexo 1: Resultados reportados por laboratorios en concentrado de cobre

Lab.	Metodo	Cu %	U Exp Cu	As %	U Exp As	Ag mg/Kg	U Exp Ag	S %	U Exp S
1	VOL/EAA	31.2	0.6072	3.479	0.067	603	0.6518	33.3	11.7176
1	VOL/EAA	31.3	0.6072	3.413	0.067	601	0.6518	33.3	11.7176
1	VOL/EAA	31.4	0.6072	3.518	0.067	602	0.6518	33.7	11.7176
1	VOL/EAA	31.2	0.6072	3.429	0.067	605	0.6518	33.7	11.7176
1	VOL/EAA	31.4	0.6072	3.477	0.067	608	0.6518	33.7	11.7176
1	VOL/EAA	31.3	0.6072	3.421	0.067	607	0.6518	33.5	11.7176
8	VOL/EAA	31.125	0.09	3.462	0.03	590.1	3.5		
8	VOL/EAA	31.126	0.09	3.461	0.03	600	3.5		
8	VOL/EAA	31.183	0.09	3.425	0.03	595.5	3.5		
8	VOL/EAA	31.105	0.09	3.47	0.03	594.6	3.5		
8	VOL/EAA	31.135	0.09	3.41	0.03	591.4	3.5		
8	VOL/EAA	31.165	0.09	3.4	0.03	597.5	3.5		
22	VOL/EAA	31.375	0.1	3.416	0.012			33.1	0.7
22	VOL/EAA	31.362	0.1	3.427	0.012			33.27	0.7
22	VOL/EAA	31.356	0.1	3.427	0.012			33.3	0.7
22	VOL/EAA	31.344	0.1	3.433	0.012			33.22	0.7
22	VOL/EAA	31.344	0.1	3.418	0.012			33.1	0.7
22	VOL/EAA	31.337	0.1	3.422	0.012			33.1	0.7
27	VOL/ICP-OES	31.25	0.03	3.39	0.02	560.1	2.5	35.7	0.13
27	VOL/ICP-OES	31.32	0.03	3.41	0.02	571	2.5	36.3	0.13
27	VOL/ICP-OES	31.24	0.03	3.45	0.02	568.4	2.5	36.5	0.13
27	VOL/ICP-OES	31.3	0.03	3.48	0.02	572.2	2.5	35.9	0.13
27	VOL/ICP-OES	31.26	0.03	3.5	0.02	567.5	2.5	36.3	0.13
27	VOL/ICP-OES	31.12	0.03	3.535	0.02	571.1	2.5	35.7	0.13
138-A	ICP-OES	30.67	0.802547229	0.851	0.138148447				
138-A	ICP-OES	30.56	0.802547229	0.749	0.138148447				
138-A	ICP-OES	30.69	0.802547229	0.881	0.138148447				
138-A	ICP-OES	30.65	0.802547229	0.769	0.138148447				
138-A	ICP-OES	30.72	0.802547229	0.865	0.138148447				
138-A	ICP-OES	30.63	0.802547229	0.882	0.138148447				
138-B	EAA	32.09459459	0.721813827	0.943958665	0.062909726				
138-B	EAA	31.98770085	0.721813827	0.988891093	0.062909726				
138-B	EAA	31.89259333	0.721813827	1.013675384	0.062909726				

138-B	EAA	32.08184346	0.721813827	0.988279698	0.062909726				
138-B	EAA	31.43476547	0.721813827	1.012022073	0.062909726				
138-B	EAA	32.14214414	0.721813827	0.998203234	0.062909726				
138-C	VOL	31.17256535	0.208450922						
138-C	VOL	31.18613029	0.208450922						
138-C	VOL	31.16126051	0.208450922						
138-C	VOL	31.24923456	0.208450922						
138-C	VOL	31.19530909	0.208450922						
138-C	VOL	31.07943009	0.208450922						
17	VOL/EAA	30.92	0.16	3.351	0.02	557	8	34.46	0.94
17	VOL/EAA	31.06	0.16	3.296	0.02	560	8	34.46	0.94
17	VOL/EAA	30.92	0.16	3.412	0.02	554	8	34.01	0.94
17	VOL/EAA	30.99	0.16	3.391	0.02	542	8	34.42	0.94
17	VOL/EAA	30.9	0.16	3.389	0.02	546	8	34.55	0.94
17	VOL/EAA	31.12	0.16	3.369	0.02	547	8	34.09	0.94
56	VOL/EAA	31.37	0.307638333	3.409	0.319548	580.8	55.4	33.9	1.785
56	VOL/EAA	31.38	0.307638333	3.42	0.319548	581.1	55.4	33.9	1.785
56	VOL/EAA	31.39	0.307638333	3.424	0.319548	582.1	55.4	33.9	1.785
56	VOL/EAA	31.4	0.307638333	3.444	0.319548	582.1	55.4	34.1	1.785
56	VOL/EAA	31.41	0.307638333	3.456	0.319548	584.5	55.4	34.1	1.785
56	VOL/EAA	31.4	0.307638333	3.463	0.319548	586.2	55.4	34.1	1.785
25	VOL/EAA	31.154	0.126	3.431	0.074	598.4	12.8	32.82	0.33
25	VOL/EAA	31.147	0.126	3.478	0.074	611.6	12.8	32.92	0.33
25	VOL/EAA	31.252	0.126	3.406	0.074	611.8	12.8	33.07	0.33
25	VOL/EAA	31.272	0.126	3.405	0.074	598.2	12.8	33.15	0.33
25	VOL/EAA	31.276	0.126	3.439	0.074	605.5	12.8	33.27	0.33
25	VOL/EAA	31.157	0.126	3.495	0.074	610.6	12.8	33.11	0.33
10	VOL/EAA	31.05	0.097	3.356	0.010	582.8	2.00		
10	VOL/EAA	31.144	0.097	3.378	0.010	582.8	2.00		
10	VOL/EAA	31.105	0.097	3.342	0.010	581.8	2.00		
10	VOL/EAA	31.076	0.097	3.395	0.010	582.8	2.00		
10	VOL/EAA	31.099	0.097	3.341	0.010	581	2.00		
10	VOL/EAA	31.1	0.097	3.392	0.010	580.1	2.00		
5	VOL/EAA	31.286	0.11	3.4343	0.010				
5	VOL/EAA	31.292	0.11	3.4622	0.010				
5	VOL/EAA	31.288	0.11	3.5063	0.010				
5	VOL/EAA	31.266	0.11	3.47198	0.010				
5	VOL/EAA	31.289	0.11	3.4209	0.010				
5	VOL/EAA	31.2635	0.11	3.4294	0.010				
31	VOL/EAA	31.14580786	0.075	3.237	0.239	606	6.5	33.34	0.424
31	VOL/EAA	31.26715516	0.075	3.346	0.239	608	6.5	33.6	0.424

31	VOL/EAA	31.23545354	0.075	3.415	0.239	602	6.5	33.75	0.424
31	VOL/EAA	31.19221784	0.075	3.5	0.239	610	6.5	33.88	0.424
31	VOL/EAA	31.28580775	0.075	3.391	0.239	607	6.5	33.37	0.424
31	VOL/EAA	31.30980498	0.075	3.175	0.239	611	6.5	33.52	0.424
20	VOL/EAA	31.34452	0.12	3.5	0.075	608.013	12.024	32.3	0.44
20	VOL/EAA	31.39967	0.12	3.5	0.075	608.738	12.024	31.5	0.44
20	VOL/EAA	31.43715	0.12	3.5	0.075	607.156	12.024	31.6	0.44
20	VOL/EAA	31.59935	0.12	3.5	0.075	608.243	12.024	31.8	0.44
20	VOL/EAA	31.48189	0.12	3.5	0.075	610.782	12.024	32.2	0.44
20	VOL/EAA	31.59999	0.12	3.5	0.075	610.041	12.024	31.9	0.44
55	EAA	31.373	0.1	6.412	0.02				
55	EAA	31.311	0.1	6.409	0.02				
55	EAA	31.481	0.1	6.394	0.02				
55	EAA	31.488	0.1	6.428	0.02				
55	EAA	31.472	0.1	6.407	0.02				
55	EAA	31.468	0.1	6.403	0.02				
54	VOL/EAA	31.275	0.028	3.475	0.021	580.7	2.177	33.58	0.037
54	VOL/EAA	31.313	0.028	3.502	0.021	587.1	2.177	33.64	0.037
54	VOL/EAA	31.279	0.028	3.499	0.021	580.7	2.177	33.66	0.037
54	VOL/EAA	31.357	0.028	3.479	0.021	583.7	2.177	33.67	0.037
54	VOL/EAA	31.303	0.028	3.439	0.021	580.3	2.177	33.69	0.037
54	VOL/EAA	31.35	0.028	3.45	0.021	583.9	2.177	33.71	0.037
11	VOL	31.224	0.039						
11	VOL	31.218	0.039						
11	VOL	31.247	0.039						
11	VOL	31.188	0.039						
11	VOL	31.247	0.039						
11	VOL	31.26	0.039						
29	VOL/EAA	31.236	0.177	3.665	0.014	586.2	13.5	33.45	0.67
29	VOL/EAA	31.234	0.177	3.668	0.014	585.2	13.5	33.38	0.67
29	VOL/EAA	31.237	0.177	3.674	0.014	586.1	13.5	33.49	0.67
29	VOL/EAA	31.237	0.177	3.674	0.014	585.5	13.5	33.47	0.67
29	VOL/EAA	31.236	0.177	3.668	0.014	585.7	13.5	33.39	0.67
29	VOL/EAA	31.237	0.177	3.67	0.014	586	13.5	33.41	0.67
47	VOL/EAA	31.29	0.068			606.7	5.9		
47	VOL/EAA	31.312	0.068			606.1	5.9		
47	VOL/EAA	31.25	0.068			612.4	5.9		
47	VOL/EAA	31.243	0.068			605.7	5.9		
47	VOL/EAA	31.258	0.068			610	5.9		
47	VOL/EAA	31.218	0.068			604.8	5.9		
63	VOL/EAA	31.168	0.07						

63	VOL/EAA	31.206	0.07						
63	VOL/EAA	31.23	0.07						
63	VOL/EAA	31.234	0.07						
63	VOL/EAA	31.265	0.07						
63	VOL/EAA	31.268	0.07						
28	EAA	31.28244	0.046	3.42647	0.015	593.50	13.2	33.71	0.45
28	EAA	31.23234	0.046	3.42804	0.015	594.20	13.2	33.69	0.45
28	EAA	31.29246	0.046	3.44998	0.015	593.70	13.2	33.62	0.45
28	EAA	31.23234	0.046	3.44214	0.015	599.50	13.2	33.76	0.45
28	EAA	31.259895	0.046	3.4366575	0.015	595.23	13.2	33.70	0.45
28	EAA	31.259895	0.046	3.4366575	0.015	595.23	13.2	33.70	0.45
23	VOL/EAA	31.278	0.002	3.468	0.031			33.25	0.05
23	VOL/EAA	31.278	0.002	3.478	0.031			33.22	0.05
23	VOL/EAA	31.278	0.002	3.438	0.031			33.32	0.05
23	VOL/EAA	31.275	0.002	3.474	0.031			33.3	0.05
23	VOL/EAA	31.275	0.002	3.411	0.031			33.31	0.05
23	VOL/EAA	31.275	0.002	3.41	0.031			33.34	0.05
33	VOL	31.333	0.1			585.1	5		
33	VOL	31.314	0.1			585.4	5		
33	VOL	31.347	0.1			581.2	5		
33	VOL	31.311	0.1			582.2	5		
33	VOL	31.29	0.1			585.4	5		
33	VOL	31.314	0.1			581.4	5		

Anexo 2: Metodología de análisis químico utilizado por laboratorio para Minerales

Laboratorio 1

Concentrado									
Elemento	**Método**	**Masa Muestra (g)**	**Volumen Aforo ml**	**Digestión**	**Condición Final**	**Línea nm**	**Rango Cal. mg/L**	**Gases**	**Equipo**
Cu	Vol.	0.5		HNO3 + HCLO4	50 ml H2O				
Fe	EAA	1.0	100	HNO3 + HCLO4 + H2SO4	5 % HNO3	248.3	0 - 60	C2H2/N2O	Agilent 240 AA
Mo	EAA	1.0	100	HNO3 + HCLO4 + H2SO4	5 % HNO3	313.3	0 - 60	C2H2/N2O	Agilent 240 AA
As	EAA	1	100 10/200	HNO_3 + HCl + HF	10% HCl + 10% H_3BO_3	193.7	0 – 60	Aire C_2H_2	Agilent 240 AA
Ag	EAA	1	100	HNO_3 + HCl + HF	20% HCl	328.1	0 – 10	Aire C_2H_2	Agilent 240 AA
S	Combustión y detección IR	0.5	-----	-----	-----	-----	-----	-----	Leco S-844
Zn	EAA	1.0	100 (d= 10/200)	HNO3 + HCLO4 + H2SO4	5 % HNO3	213.9	0 - 40	C2H2/N2O	Varian 240 AA
Pb	EAA	1.0	100	HNO3 + HCLO4 + H2SO4	5 % HNO3	283.3	0 - 40	C2H2/Aire	Varian 240 AA
Bi	EAA	1.0	100	HNO3 + HCLO4 + H2SO4	5 % HNO3	223.1	0 - 10	Aire C_2H_2	Varian 240 AA
Sb	EAA	1	50	HNO3 + HCIO4 + H2SO4 + HCl	10 % HCl	217.6	0-10	Aire C_2H_2	Varian 240 AA

Laboratorio 8

Mineral												
Elemento	Ensayo Acreditad	Código Certificado	Método	Masa Muestra (g)	Volumen aforo (ml)	Condición final	Digestión	Linea nm	Rango Cal. Ug/ml	Gases	Equipo
Cu	No		Vol	0.5	N/A	N/A	HNO_3 - $HClO_4$ - H_2SO_4	N/A	N/A	N/A	Bureta 50 mL
As	NO		EAA	1	200	25% HCl	HNO_3 - $HClO_4$ - H_2SO_4	193.7	25 - 50 - 100 - 2	Nitroso/Acetileno	VARIAN 240
Ag	NO		EAA	1	200	25 % HCl	HNO_3 - $HClO_4$ - HF	328.1	0,5 - 1 - 2,5 - 5 - 10	Aire/Acetileno	VARIAN 240

Página

Laboratorio 19

MINERAL										
Elemento	Ensayo Acreditado	Método	Masa muestra	Volumen aforo ml	Digestión	Condición final	Linea nm	Rango Cal. Ug/ml	Gases	Equipo
Cu	SI	Volumetría	0.5 g		HNO3+HCLO4+ H2SO4					
As	SI	EAA	5.0 g	100	HNO3+HCLO4+ H2SO4	10% HCl + 1% NaSO4	193.7	0.0-1.0-2.0-5.0-10.0-20.0-40.0	Aire-Acetileno	VARIAN-240
S	SI	Gravimetría	0.5 g							

Laboratorio 27

Condiciones de Análisis								
Elemento	**Método**	**Masa Muestra (gramos)**	**Volumen Aforo ml**	**Digestión**	**Condición Final**	**Rango Cal. ug/ml**	**Gases**	**Equipo**
Cu	Volumetria tiosulfato de sodio	0.5000		solución mezcla HNO3-H2SO4				
As	Absorción Atómica	0.5000	250	10 ml HNO3 ,5 ml HCl, 1 ml HF, 3 ml HClO3	HCl al 10 %	0-80	Aire-Acetileno	ICP PLASMA OPTIMA 8300
S	LECO	1.0000					Oxigeno	S . 200
Ag	**Dosimacia**	**5.0000**		Fusión en horno de copela	Sólido			**Microbalanza Sartorius**

Laboratorio 21-A

Laboratorio	**MINERAL**								
Elemento	Método	Masa Muestra	Volumen Aforo mL	Digestión	Condición Final	Linea nm	Rango Cal. mg/L	Gases	Equipo
Cu	ICP OES	500 mg +/- 0.1 mg	200	15 mL HNO_3, 5 mL $HClO_4$, 5 mL HF.	25 % HCl	327,393	5-10-25-50-100	Argón/Nitrogeno	IPC AVIO 550 Perkin Elmer
As	ICP OES	500 mg +/- 0.1 mg	200	15 mL HNO_3, 5 mL $HClO_4$, 5 mL HF.	25 % HCl	193,696	2,5-20-40-60-80	Argón/Nitrogeno	IPC AVIO 550 Perkin Elmer
Ag	ICP OES	500 mg +/- 0.1 mg	200	15 mL HNO_3, 5 mL $HClO_4$, 5 mL HF.	25 % HCl	328,068	0,5-1,0-2.0	Argón/Nitrogeno	IPC AVIO 550 Perkin Elmer

Laboratorio 21-B

Laboratorio	**MINERAL**								
Elemento	Método	Masa Muestra	Volumen Aforo mL	Digestión	Condición Final	Linea nm	Rango Cal. mg/L	Gases	Equipo
Cu	EAA	500 mg +/- 0.1 mg	250	15 mL HNO_3, 5 mL $HClO_4$, 5 mL HF.	10 % HCl	327.4	5-10-25-50-100	Aire-Acetileno	Agilent 240 FS AA
As	EAA	500 mg +/- 0.1 mg	250	15 mL HNO_3, 5 mL $HClO_4$, 5 mL HF.	10 % HCl	193.7	5-20-40-60-80	Acetilteno-Óxido Nitroso	Agilent 240 FS AA
Ag	EAA	1000 mg +/- 0.1 mg	100	15 mL HNO_3, 5 mL $HClO_4$, 5 mL HF.	25 % HCl	328.1	2,5-5-10	Aire-Acetileno	Agilent 240 FS AA

Laboratorio 21-C

Laboratorio	**MINERAL**								
Elemento	Método	Masa Muestra	Volumen Aforo mL	Digestión	Condición Final	Linea nm	Rango Cal. mg/L	Gases	Equipo
Cu	Volumetria	500 a 600 mg +/- 0.1 mg	No Aplica	10 mL HF,15 mL HNO3, 5 mL HClO4, 5 mL HCl, 1 mL H2SO4	Siruposo	No Aplica	No Aplica	No Aplica	Bureta Digital

Laboratorio 17

Elemento	**Ensayo acreditado 17025**	**Método**	**Masa muestra (gr)**	**Volumen aforo (ml)**	**Digestión**	**Condición final**	**Linea nm**	**Rango Cal. µg/ml**	**Gases**	**Equipo**
cobre	**No**	Volumetria	**0.5**		*HNO 3, HF, HCl,H 2SO 4*	Sequedad				
S	**No**	Detección Infraroja	0.04						aire, oxigeno	Leco S744
As	**No**	EAA	1.00	100	HNO3, HF,HCl	Siruposo	193.7	5-10-30-60 ppm	aire acetileno	PinAAcle500
Plata	**No**	Ensayo a fuego	10.00							Hornos 810B

Laboratorio 56

Laboratorio C-2303-56										
Mineral										
Elemento	Ensayo acreditado 17025	Método	Masa Muestra	Volumen Aforo mL	Digestión	Condición Final	Linea nm	Rango Calibración ug/L	Gases	Equipo
Cu	Si	Vol	0.5	-	HNO3-HClO4	-	-	-	-	-
As	Si	AA	0.25	250	HNO3-HClO4-HF	10%, 0,1% Na2SO4	193.7	10-100	Nitroso Acetileno	PinAAcle 900
S	No	Leco	0.04	-	-	-	-	-	-	Leco CS744
Ag	Si	AA	0.5	50	HNO3-HClO4-HF	30%, 1% Na2SO4	328.1	1-10	Aire Acetileno	PinAAcle 500

Laboratorio 25

Elemento	Método	Masa Muestra (g)	Volumen Aforo (mL)	Digestión	Condición Final	Linea (nm)	Rango Cal. (µg/mL	Gases	Equipo
Cu	Volumetría	0.5	"	HNO3-HClO4	H2O	"	"	"	Bureta Automática Brand clase A
As	EAA	1	50	HNO3-HClO4-H2SO4	1 % H2SO4	193.7	10-25-50	Aire-C2H2	Agilent 240FS AA
Ag	EAA	2	50	HNO3-HClO4-HF-HCL	25% HCl	328.1	2,5-5,0-10	Aire-C2H2	Agilent 240FS AA
S	Combustión	0.05	"	"	"	"	"	O2	LECO CS844

Laboratorio 10

Laboratorio INN-DCH 2304										
Concentrado										
Elemento	Ensayo Acreditado 17025	Método	Masa Muestra (g)	Volumen aforo (mL)	Digestión	Condición final	Linea nm	Rango Cal ug/ml	Gases	Equipo
Cu	Si	Volumetria	0.5	—	HNO3 - HCLO4	—	—	—	—	—
As	Si	EAA	1	100	HNO3 - HCLO4 - H2SO4	1% H2SO4	193.7	0 - 10 - 25 -50	Aire/Acetileno	VARIAN 240
Ag	Si	EAA	1	100	HNO3 - HCLO4 - HF	25% HCl	338.3	0 - 0,5 - 1 - 2,5	Aire/Acetileno	VARIAN 240

Página 1

Laboratorio 05

Concentrado Cobre								
Elemento	Método	Masa Muestra	Volumen aforo	Condición final	Linea nm	Rango Cal. Ug/ml	Gases	Equipo
Cu	Volumetria	0.5						
As	EAA	1	100	10% HCl	193.7	5-10-25-50	Nitroso - Acetileno	EAA

Laboratorio 31

Concentrado de Cobre										
Elemento	Método	Masa Muestra	Digestión	Condición final	Volumen Aforo ml	Dilución	Linea nm	Rango Cal. Ug/ml	Gases	Equipo
Cu (%)	Volumetría	0,5 g	HNO3+HClO4	Siruposo	"	"	"	"	"	Bureta automática Brand clase A
As (%)	EAA	1 g	HNO3+HClO4 + H2SO4	Siruposo	100	"	193.7	0-50	Nitroso-Acetileno	Varian 240AA
S (%)	Gravimetría	0,5 g	-	-	-	-	-	-	-	Balanza AND GH-252
Ag EAA (g/t)	EAA	1 g	HNO3+HClO4 + HCl + HF	Sequedad	100	"	328.1	0-20	Aire-Acetileno	Varian 240AA

Laboratorio 20

Elemento	Método	Volumen aforo ml	Digestión	Condición final	Linea nm	Rango Cal. Ug/ml	Gases	Equipo		
Cu	Si	Volumetria	0.25 g	250	HNO3+HCLO4+ H2SO4	-	-			
S	Si	IR	0.1 g	-	-	-	-		-	LECO S844
As	Si	EAA	5.0 g	100	HNO3+HCLO4+ H2SO4	10% HCl + 1% NaSO4	193.7	0.0-1.0-2.0-5.0-10.0-20.0-40.0	Nitroso-Acetileno	VARIAN 240
Ag	Si	EAA	1.0 g	200	HNO3+HCLO4 +HF	25% HCl	328.1	0.0 - 1.0 - 2.5 - 5.0	Nitroso-Acetileno	VARIAN 240

Laboratorio 55

Codigo del Laboratorio:											
HNO3© 20 mL; HF© 1 mL; HClO4© 5 ml											
Elemento	Método	Masa Muestra (g)	Volumen de Aforo (ml)	Ácidos (Tipo y Cantidad	Factor de Dilución	Medio Ácido Final (%)	Adición de acondicionadores	Linea nm	Gases	Rango Calibración	Equipo
Cobre	EAA Digestión ácida	0,5000 ± 0,001g	200	HNO_3© 10 mL, $HClO_4$© 3 mL, H_2SO_4© 0,5 mL	1.-10	5% HCl		324,8 nm	Aire/Acetileno	5-15-30 ppm	EAA Varian 55B
Arsenico	EAA Digestión ácida	1,0000g ± 0,001g	100	HNO3© 10 mL, HClO4© 3 mL, H2SO4© 0,5 mL	1	5% HCl		193,7 nm	N2O/Acetileno	10-20-50 ppm	EAA Varian 55B

Laboratorio 54

Elemento	Ensayo acreditado 17025	Método	Masa muestra (g)	Aforo (ml)	Digestión	Condición Final	Linea (nm)	Gases	Rango Calibración (ug/ml)	Gases	Equipo
Cu	Si	Volumetria	0.4000 aprox.	_____	10 ml HNO3 ; 5 ml HClO4	Sirupeso	_____	_____	_____	_____	Bureta Digital
Ag	No	Ensayo a Fuego	10.0000 aprox.	_____	_____	Boton Ag	_____	_____	_____	_____	Ultra Micro Balance Sartorius
As	Si	Absorción Atómica	0.500 aprox.	250	10 ml HNO3 ; 5 ml HClO4 ; 5ml H2SO4	Sirupeso	193.7	N2O/Acetileno	25 - 50 - 100 1% H2SO4	Aire/Acetileno	Varian AA240
S	Si	Infrarojo	0.1000 aprox.	_____	_____	_____	_____	Aire/Oxigeno	_____	_____	Leco S844

Laboratorio 11

Concentrado de Cobre										
Elemento	Ensayo Acreditado 17025	Método	Masa Muestra (g)	Volumen Aforo (mL)	Digestión	Condición Final	Linea (nm)	Rango Cal. (µg/mL)	Gases	Equipo
Cu	Si	Volumetria	0,5		HNO3-HClO4	Acuoso				

Laboratorio 29

Elemento	Ensayo Acreditado 17025	Código Certificado INN	Método	Masa (gr)	Vol. Final (ml)	Digestión	Matriz final	Linea (nm)	Rango Calibración ug/ml	Gases usados	Equipo
Cu	SI		Volumetria indirecta (Yodometria)	0.5	-	-	-	-	-	-	-
As	NO		EAA	0.5	250	HNO_3 - H_2SO_4	1 % H_2SO_4	193.7	25-50-100	Nitroso-C_2H_2	Agilent 280 FS
Ag	NO		EAA	1	100	HNO_3 - $HClO_4$ - HF-HCl	25% HCl	328.1	2.5-5-10	Aire-C_2H_2	Agilent 280 FS
S	NO		Leco (Combustión directo / Detección infrarrojo) 0.05 g								Leco CS-844

Laboratorio 47

Elemento	Método	Masa Muestra g	Volumen aforo, ml	Digestión	Condición Final	Linea nm	Rango Cal. ug/ml	Gases	Equipo
Cu %	Volumetria	0,5 - 1,0		HNO_3 - $HClO_4$					
Ag g/t	EAA	0,5 - 1,0	50	HNO_3 - HCl - $HClO_4$ - HF	25% HCl	328.1	0,5 - 2,5 mg/L	C_2H_2 - Aire	AA-PinAACle 500

Laboratorio 63

Elemento	Ensayo acreditado 17025	Método	Masa Muestra	Volumen aforo ml	Digestión	Condición Final	Línea nm	Rango Cal ug/ml	Gases	Equipo
Cobre	SI	Vol	0,5 g	N/A	10 mL HNO3 + 4 mL HClO4	siruposo	N/A	N/A	N/A	Bureta analítica
S	NO	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Arsenico	NO	EAA	1,0 g	100	15 mL HNO3 + 4mL HClO4+1ml H2SO4	sequedad	193.7	5 – 10 - 50 mg/l	C2H2-N2O	Thermo S-Series
Plata	NO	EAA	1,0 g	100	15 mL HNO3 + 4 mL HClO4 +1ml H2SO4	sequedad	328.1	0.5 – 1 - 2 mg/l	C2H2-Aire	Thermo S-Series

Laboratorio 28

Elemento	ensayo acreditado	Método	Masa (gr)	Vol. Final (ml)	Ácidos (ml) para digestión en placas	Matriz final	Línea espectral para la medición E.A.A	Rango Calibración	Gases usados	Equipo
Ag	si	E.A.A	0.5	100	HNO_3 - HCl- HClO4- HF	25 % HCl	328.1	1° Curva 0.5-1.0-2.5	Aire-C_2H_2	Thermo ICE 3000
As	si	E.A.A	1	100	HNO_3 - H_2SO_4	10 % HCl	193.7	1° Curva 5.0-10-25 / 2° 10-25-50	Nitroso-C_2H_2	Agilent 280 FS
S	no	Leco (Combustión directa / Detección infrarroja) 0.05 g								Leco CS-744
Cu	si	Volumetría indirecta (Yodometría)	0.5							

Laboratorio 23

Elemento	Método	Masa Muestra (g)	Ácidos (Tipo y Cantidad	Factor de Dilución
Cu	VOLUMETRÍA CORTA	0,5000 g	15 mL HNO3/ 5 mL HCLO4	-
S	FUSIÓN PERÓXIDO	0,2500 g	20 mL HCl	2000
As	ATÁQUE ÁCIDO	1,000 g	10 mL Agua Regia 1:1	100
Fe	FUSIÓN PERÓXIDO	0,2500 g	20 mLHCl	2000

Laboratorio 33

Elemento	Ensayo Acreditado 17025	Método	Masa Muestra	Volumen aforo ml	Digestión	Condición Final	Linea nm	Rango Cal. ug/ml	Gases	Equipo
Cobre	Si	Iodometria	0.5	n/a	HNO_3 - $KClO_4$	N/A	N/A	N/A	N/A	Bureta Digital
Plata	Si	fire assay	5.0	n/a	litargirio , mezcla fundente	N/A	N/A	N/A	N/A	Microbalanza SE2

Anexo 3: Evaluación de desempeño de Error Normalizado

Cobre

	Lab.	Cu % mean	std	U Exp Cu mean	X	Y	ErrCu	Condicion
0	138-A	30.653	0.055	0.803	0.547	1.005	0.544	Aceptable
1	17	30.985	0.089	0.160	0.215	0.626	0.344	Aceptable
2	10	31.096	0.031	0.097	0.104	0.613	0.170	Aceptable
3	8	31.140	0.029	0.090	0.060	0.612	0.098	Aceptable
4	138-C	31.174	0.055	0.208	0.026	0.640	0.041	Aceptable
5	25	31.210	0.063	0.126	0.010	0.618	0.016	Aceptable
6	63	31.228	0.038	0.070	0.029	0.609	0.047	Aceptable
7	11	31.231	0.026	0.039	0.031	0.606	0.051	Aceptable
8	29	31.236	0.001	0.177	0.036	0.630	0.057	Aceptable
9	31	31.239	0.061	0.075	0.039	0.610	0.065	Aceptable
10	27	31.248	0.070	0.030	0.048	0.606	0.080	Aceptable
11	28	31.260	0.025	0.046	0.060	0.607	0.099	Aceptable
12	47	31.262	0.034	0.068	0.062	0.609	0.102	Aceptable
13	23	31.276	0.002	0.002	0.076	0.605	0.126	Aceptable
14	5	31.281	0.013	0.110	0.081	0.615	0.131	Aceptable
15	1	31.300	0.089	0.607	0.100	0.857	0.117	Aceptable
16	54	31.313	0.035	0.028	0.113	0.606	0.186	Aceptable
17	33	31.318	0.020	0.100	0.118	0.613	0.193	Aceptable
18	22	31.353	0.014	0.100	0.153	0.613	0.250	Aceptable
19	56	31.392	0.015	0.308	0.192	0.679	0.282	Aceptable
20	55	31.432	0.073	0.100	0.232	0.613	0.379	Aceptable
21	20	31.477	0.105	0.120	0.277	0.617	0.449	Aceptable
22	138-B	31.939	0.263	0.722	0.739	0.942	0.785	Aceptable

Arsénico

	Lab.	As % mean	std	U Exp As mean	X	Y	ErrAs	Condicion
0	138-A	0.833	0.059	0.138	2.640	0.219	12.053	No Aceptable
1	138-B	0.991	0.025	0.063	2.482	0.181	13.693	No Aceptable
2	31	3.344	0.120	0.239	0.129	0.293	0.440	Aceptable
3	10	3.367	0.024	0.010	0.106	0.170	0.620	Aceptable
4	17	3.368	0.041	0.020	0.105	0.171	0.613	Aceptable
5	22	3.424	0.006	0.012	0.049	0.170	0.288	Aceptable
6	56	3.436	0.022	0.320	0.037	0.362	0.102	Aceptable
7	28	3.437	0.009	0.015	0.036	0.171	0.213	Aceptable
8	8	3.438	0.030	0.030	0.035	0.173	0.203	Aceptable
9	25	3.442	0.037	0.074	0.031	0.185	0.165	Aceptable
10	23	3.447	0.031	0.031	0.026	0.173	0.153	Aceptable
11	5	3.454	0.032	0.010	0.019	0.170	0.111	Aceptable
12	1	3.456	0.042	0.067	0.017	0.183	0.092	Aceptable
13	27	3.461	0.055	0.020	0.012	0.171	0.071	Aceptable
14	54	3.474	0.025	0.021	0.001	0.171	0.006	Aceptable
15	20	3.500	0.000	0.075	0.027	0.186	0.145	Aceptable
16	29	3.670	0.004	0.014	0.197	0.171	1.154	No Aceptable
17	55	6.409	0.011	0.020	2.936	0.171	17.151	No Aceptable

Plata

	index	Lab.	Ag mg/Kg		U Exp Ag	X	Y	ErrAg	Condicion
			mean	std	mean				
0	6	17	551.000	7.043	8.000	39.405	31.027	1.270	No Aceptable
1	11	27	568.383	4.431	2.500	22.022	30.082	0.732	Aceptable
2	1	10	581.883	1.139	2.000	8.522	30.045	0.284	Aceptable
3	18	54	582.733	2.667	2.177	7.672	30.057	0.255	Aceptable
4	20	56	582.800	2.113	55.400	7.605	62.991	0.121	Aceptable
5	15	33	583.450	2.057	5.000	6.955	30.392	0.229	Aceptable
6	13	29	585.783	0.387	13.500	4.622	32.878	0.141	Aceptable
7	22	8	594.850	3.701	3.500	4.445	30.182	0.147	Aceptable
8	12	28	595.227	2.219	13.200	4.822	32.755	0.147	Aceptable
9	0	1	604.333	2.805	0.652	13.928	29.985	0.465	Aceptable
10	10	25	606.017	6.403	12.800	15.612	32.596	0.479	Aceptable
11	14	31	607.333	3.204	6.500	16.928	30.675	0.552	Aceptable
12	16	47	607.617	2.943	5.900	17.212	30.553	0.563	Aceptable
13	7	20	608.829	1.349	12.024	18.424	32.299	0.570	Aceptable

Azufre

	index	Lab.	S %		U Exp S	X	Y	ErrS	Condicion
			mean	std	mean				
0	7	20	31.883	0.319	0.440	1.527	1.316	1.160	No Aceptable
1	10	25	33.057	0.162	0.330	0.353	1.283	0.275	Aceptable
2	8	22	33.182	0.093	0.700	0.228	1.424	0.160	Aceptable
3	9	23	33.290	0.046	0.050	0.120	1.241	0.097	Aceptable
4	13	29	33.432	0.045	0.670	0.022	1.409	0.015	Aceptable
5	0	1	33.533	0.197	11.718	0.123	11.783	0.010	Aceptable
6	14	31	33.577	0.212	0.424	0.167	1.310	0.127	Aceptable
7	18	54	33.658	0.045	0.037	0.248	1.241	0.200	Aceptable
8	12	28	33.697	0.045	0.450	0.287	1.319	0.217	Aceptable
9	20	56	34.000	0.110	1.785	0.590	2.173	0.271	Aceptable
10	6	17	34.332	0.224	0.940	0.922	1.556	0.592	Aceptable
11	11	27	36.067	0.344	0.130	2.657	1.247	2.131	No Aceptable