

Universidad Nacional
"José Faustino Sánchez Carrión"



" Facultad de Ingeniería Química y Metalúrgica"

Escuela Profesional de Ingeniería Metalúrgica

TESIS

**PROCESAMIENTO Y ANALISIS EN LABORATORIO QUIMICA DE
MUESTRAS DE GEOLOGIA Y PLANTA METALURGICA EN
PROYECTO MINERO CERRO LINDO**

Para Optar al Título Profesional de Ingeniero Metalúrgico

PRESENTADO

SANTOS CARPIO JOSÉ CARLOS

ASESOR

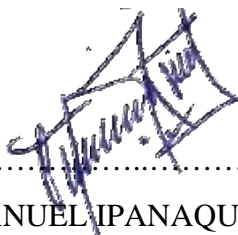
Dr. MAXIMO TOMAS SALCEDO MEZA

C.I.P. N° 15140

HUACHO – PERÚ

2021

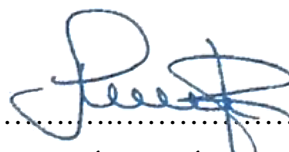
“PROCESAMIENTO Y ANALISIS EN LABORATORIO QUIMICO DE
MUESTRAS DE GEOLOGIA Y PLANTA METALURGICA EN
PROYECTO MINERO CERRO LINDO”



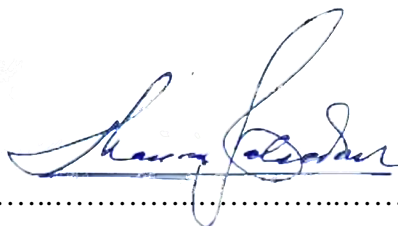
.....
M(o) JUAN MANUEL IPANAQUE ROÑA
Presidente



.....
M(o). VICTOR RAUL COCA
RAMIREZ
Secretario



.....
MO). JOAQUÍN JOSÉ ABARCA
RODRÍGUEZ
VOCAL



.....
Dr. MAXIMO TOMAS SALCEDO MEZA
Asesor

DEDICATORIA

Este trabajo realizado tanto teórico como práctico, es gracias al apoyo de toda mi familia que me ha sabido exigir en todos los campos de mi vida, ellos son los pilares fundamentales de seguir logrando éxitos.

Entrego parte de la experiencia ganada donde lo plasmo de manera teórica

AGRADECIMIENTO

Darle gracias a Dios por la salud, por los éxitos logrados, por darme una familia que me quiere y que me apoyo durante toda mi vida que aunque llegaron los momentos buenos y malos, pude enfrentarlos con la ayuda y el apoyo de ellos y superar todo obstáculo. Gracias a aquellos que me apoyaron sin excepción quienes estuvieron en los momentos difíciles, porque de esos momentos fue de los que más aprendí.

PENSAMIENTO

Nunca consideres el estudio como una obligación,
si no como una oportunidad para penetrar el bello
mundo y lo maravilloso del saber.

Albert Einstein

ÍNDICE GENERAL

CARATULA.....	¡Error! Marcador no definido.
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
PENSAMIENTO	v
ÍNDICE GENERAL	vi
ÍNDICE DE FIGURA.....	xiv
ÍNDICE DE TABLA	xv
ÍNDICE DE ANEXO.....	xvi
GLOSARIO DE ABREVIATURA	xvii
RESUMEN	xviii
ABSTRACT.....	xix
INTRODUCCION	xx
CAPITULO I	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA.....	1
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	2
1.2.1. Problema General.....	2
1.2.2. Problemas Específicos.....	2
1.3. Objetivos de la Investigación.....	2

1.3.1. Objetivo General	2
1.3.2. Objetivos Específicos.....	3
1.4. Justificación de la Investigación.....	3
1.5. Delimitación del Estudio.....	4
1.5.1. Delimitación Territorial.....	4
1.5.2. Delimitación tiempo y espacio.....	4
1.5.3. Delimitación de recursos.....	5
1.6. Viabilidad del Estudio.....	5
CAPITULO II.....	6
MARCO TEORICO.....	6
2.1. Antecedentes de la investigación.....	6
2.1.1. Antecedentes internacionales.....	6
2.1.2. Antecedentes nacionales.....	8
2.1.3. Otras investigaciones.....	11
2.2. BASES TEÓRICAS.....	11
2.2.1. Muestreo.....	11
2.2.2. Plan de Muestreo.....	12
2.2.3. Preparación de Muestras	14
2.2.4. Cuarteo y Homogenizado.....	15
2.2.5. Granulometría.....	16
2.2.6. Secado de Muestras.....	17

2.2.7.	Pulverizado de Muestras	19
2.2.8.	Chancado.....	20
2.2.9.	Análisis Cualitativo y Cuantitativo.	22
2.2.10.	Balanza Analítica.....	23
2.2.11.	Almacenamiento de Rechazos.....	25
2.2.12.	Desionizador de Agua	25
2.2.13.	Análisis al Fuego.	27
2.2.14.	Análisis Químico.	30
2.2.15.	Planta Concentradora.....	32
2.2.16.	Muestras Metalúrgicas.....	34
2.2.17.	Despacho de Concentrados.....	36
2.2.18.	Muestreo de despachos	37
2.2.19.	Ataque Químico de Muestras	39
2.2.20.	Espectroscopia de Absorción Atómica en Flama	40
2.3.	Definiciones Conceptuales.....	45
CAPITULO III.....		49
METODOLOGÍA		49
3.1.	Ubicación del Estudio.....	49
3.2.	Tipo de investigación.	49
3.3.	Diseño de la Investigación.	49
3.4.	Operacionalización de variables.....	51

3.5.	Población y muestra.	52
3.5.1.	Población.....	52
3.5.2.	Muestra.....	52
3.5.3.	Tamaño de muestra.	52
3.6.	Técnica de recolección y procesamiento de datos.	52
3.6.1.	Análisis de documentos.....	52
3.6.2.	Análisis de datos.....	52
3.6.3.	Observación Directa.....	52
3.6.4.	Observación no experimental.....	53
3.6.5.	Instrumentos.....	53
3.7.	Técnica de procesamiento de datos y análisis de datos.....	53
CAPITULO IV.....		54
DESCRIPCION DE RESULTADOS		54
4.1.	INTRODUCCION	54
4.2.	Muestreo y Preparación de Muestras de Planta Concentradora.....	55
4.2.1.	Muestreo y Preparacion de Muestras Sólidas de Planta.....	57
4.2.2.	Muestreo y Preparación de Muestras en Pulpa de Planta.....	59
4.2.3.	Cuidados en el Área de Trabajo	61
4.2.4.	Determinación de Análisis Granulométrico de Muestras de Planta.....	63
4.2.5.	Determinación de los análisis granulométricos muestras del Over Flow	64
4.3.	Muestreo y Preparación de Lotes de Concentrados	66

4.3.1.	Codificación para el despacho.....	68
4.3.2.	Toma de muestra de concentrados	68
4.3.3.	Preparación de muestras.....	68
4.3.4.	cuarteo y homogenizado.....	69
4.3.5.	pulverizado.....	70
4.3.6.	Etiquetado y embolsado	70
4.4.	Determinación del Porcentaje de Humedades	71
a.	Objetivo.....	71
b.	Alcance	71
c.	Responsabilidad	71
d.	Equipos y Materiales.....	71
e.	Registros	72
f.	Controles.....	72
4.4.1.	Determinación de % humedad de las muestras para despacho de concentrados 72	
4.4.2.	Pesaje de la muestra humedad.....	73
4.4.3.	Secado de la muestra y pesado final.....	73
4.5.	Preparación de Muestras Geoquímicas	73
4.5.1.	Recepción de Muestras.....	75
4.5.2.	Secado.	76
4.5.3.	Proceso de Chancado	76
4.5.4.	Homogenizado y Cuarteado.....	78

4.5.5.	Pulverizado.....	79
4.5.6.	Homogenizado, Pesado y etiquetado.	80
4.5.7.	Instrucciones de Almacenamiento	80
4.6.	Pesado de Muestras.....	81
4.6.1.	Procedimiento de pesado.....	82
4.7.	Análisis de Elementos en Concentrados y Minerales Polimetálicos por Espectroscopia de Absorción Atómica	84
4.7.1.	Disgregación.....	86
4.7.2.	Adicionales en el área de vía húmeda	87
4.8.	Manejo de Equipo de Absorción Atómica.....	88
4.8.1.	Instrucciones para el encendido del equipo de AA.	90
4.8.2.	Extraer las lámparas de cátodo hueco	90
4.8.3.	Alinear el Quemador	91
4.8.4.	Procedimiento de Lectura.....	92
4.9.	Determinación de Plata y Oro por Fire Assay/Absorción Atómica.....	93
4.9.1.	Preparación de Soluciones	95
4.9.2.	Principio del Método.....	96
4.9.3.	Fundición.....	97
4.9.4.	Copelación.....	98
4.9.5.	Digestión	98
4.9.6.	Lectura en el Equipo de Espectrofotómetro de Absorción Atómica.....	99
4.9.7.	Partición Gravimétrica	99

4.10.	Determinación de Cobre en Concentrado	100
4.10.1.	Preparación de Soluciones.....	102
4.10.2.	Principio del Método	103
4.10.3.	Procedimientos	103
4.10.4.	Estandarización del tiosulfato de sodio	104
4.10.5.	Método lavado del metálico de cobre.....	104
4.11.	Determinación de Zinc en Concentrado.....	105
4.11.1.	Preparación de Soluciones.....	107
4.11.2.	Principio del Método	108
4.11.3.	Procedimiento.....	108
4.11.4.	Estandarización De La Solución EDTA.....	112
4.12.	Determinación de Plomo en Concentrado.....	113
4.12.1.	Preparación de Soluciones.....	114
4.12.2.	Procedimiento.....	115
4.12.3.	Estandarización de Solución.....	117
CAPITULO V		118
DISCUSION, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		118
5.1.	Discusión.....	118
5.2.	Conclusiones.....	119
5.3.	Recomendaciones.	120
CAPÍTULO VI.....		121

BIBLIOGRAFÍA	121
ANEXO.....	123

ÍNDICE DE FIGURA

Figura 1. Porcentaje y Diferencia en las Etapas de Obtener Malos Resultados	12
<i>Figura 2.</i> Muestreo de cabezas	13
Figura 3 Alineación con tarjeta de quemador.	92
Figura 4 Orden de ingreso en fundición y copelación.	98
Figura 5 Volumetría de muestras en Zinc.	111

ÍNDICE DE TABLA

Tabla 1 Reporte de leyes	33
Tabla 2 Reporte de espumas	34
Tabla 3 Tabla de ataque químico	40
Tabla 4 Ganancia en el EAA.....	44
Tabla 5 Resultados de reporte por Lims	45
Tabla 6: Operacionalización de Variables en estudio.	51
Tabla 7 Horarios de muestreo en planta.....	57
Tabla 8 Resultados de Mallas del hidrociclón	59
Tabla 9 Humedad de despachos	70
Tabla 9 Pesos para absorción atómica	83
Tabla 10 Cuadro de pesos de muestras para volumetría	84
Tabla 11 Cuadro de pesos para correr metálicos	84
Tabla 13 Condiciones de uso del EAA	91
Tabla 14 Porcentajes de reactivos	95
Tabla 15 Pesos de muestras para fundición	96

ÍNDICE DE ANEXO

Anexo 1 Matriz de consistencia general	124
Anexo 2 Matriz de consistencia específico.....	125
Anexo 3 Ubicación y Acceso Unidad Minera Cerro Lindo.....	126
Anexo 4 Plano de Distribución del Laboratorio	126
Anexo 5 Vista panorámica de planta, tanques verdes, relaveras y lomas de unidad Cerro Lindo	127

GLOSARIO DE ABREVIATURA

PETS	:	Procedimiento escrito de trabajo seguro
Cia	:	Compañía
S.A	:	Sociedad anónima
VMS	:	Vulcanogenicos masivos
Tpd		Toneladas por día
Km		Kilómetro
AA		Absorción atómica
%		Porcentaje
p		Pagina
Mm		Micrómetro
ASTM		Asociación Americana de Ensayo de Materiales
°C		Grados centígrados
G		Gramo
Msnm		Metros sobre el nivel del mar
TMD	:	Toneladas métricas día
Oz/t	:	Onzas por toneladas
IPERC	:	Identificación de peligros y evaluación de riesgos y su control
Ppm	:	Partes por millón
EAA	:	Ensayo por absorción atómica

RESUMEN

Sobre el procesamiento y análisis en laboratorio químico de muestras de geología y planta metalúrgica en proyecto minero Cerro Lindo, tiene por objetivo describir los procedimientos y técnicas de análisis por volumetría, espectrofotómetro, absorción atómica. El estudio es un trabajo no experimental aplicada, cualitativa, descriptiva, desarrollados en la unidad minera Cerro Lindo, durante el periodo de 2018-2019. El laboratorio es el lugar ideal y dotado de los medios necesarios para realizar las investigaciones para la determinación de las características de las muestras minerales y concentrados. Para el estudio de las muestras que llegan al laboratorio y determinación de sus características, se llevaran a cabo las operaciones de toma de muestras, muestreo, pesado y preparación de muestras, análisis de minerales por las vías humedad y absorción y si es necesario volumetría para la determinación de calidad de los elementos. Si el método es vía AA la maquina 280 la cual nos da resultados de la muestra una vez terminado el proceso de digestación y el método volumétrico es aquel determina la cantidad del valor contenido de mineral o elemento analizado, Las muestras analizadas por laboratorio químico son procedentes de mina (exploración u operación y tajo, la cual el único método de muestreo es antes del ingreso del mineral al molino), planta, área de despachos, pruebas metalúrgicas, en base a los resultados o leyes las distintas áreas responsables de cada muestra podrán realizar una evaluación y así poder variar o mejorar sus procesos (planta) o el ingreso de mineral con mayor ley.

Procedimiento para análisis de minerales vía húmeda y vía seca. Análisis de minerales por absorción atómica y volumétrica.

ABSTRACT

On the processing and analysis in chemical laboratory of geology and metallurgical plant samples in Cerro Linda mining project, it aims to describe the procedures and techniques of mineral analysis by volumetric method, spectrophotometer, and atomic absorption. The study is a non-experimental applied, qualitative, descriptive work, developed in the chemical laboratory of the Cerro Lindo mining unit, during the 2018-2019 period. The laboratory is the ideal place and equipped with the necessary means to carry out the investigations for the determination of the characteristics of the mineral and concentrated samples. For the study of the samples that arrive at the laboratory and determination of their characteristics, the operations of sampling, sampling, weighing and preparation of samples, analysis of minerals by the humidity and absorption routes and if necessary volumetric will be carried out. the quality determination of the elements. If the method is via AAS the machine 280 which gives us results of the sample once the digestating process is finished and the volumetric method is that determines the amount of the content value of mineral or element analyzed, the samples analyzed by chemical laboratory are coming of mine (exploration or operation and pit, which the only sampling method is before the mineral enters the mill), plant, dispatch area, metallurgical tests, based on the results or laws the different areas responsible for each sample may carry out an evaluation and thus be able to vary or improve its processes (plant) or the entry of ore with higher grade.

Procedure for mineral analysis wet and dry. Analysis of minerals by atomic and volumetric absorption.

INTRODUCCION

En los últimos meses en el laboratorio químico de la unidad minera Cerro Lindo paso por el cambio de jefatura la cual viene cambiando regularmente una serie de procesos, se hicieron las pruebas respectivas para ver la variación de los resultados, no siendo relevantes incluso obteniendo el mismo margen de error y en tiempos más cortos.

Anteriormente Cerro Lindo se regía al jefe del laboratorio el Ing. Percy Rojas Aliaga, el cual dejo sus funciones de jefe del laboratorio químico en la unidad para hacer cargo del laboratorio en la unidad de Hudbay. Tomando la posta el Ing. Alejandro Armas Aguedo, siendo egresado de la Facultad.

Se realizaron seguimiento en la parte operativa, seguridad y calidad. Se actualizaron formatos que no contaron con detalles relevantes y se hicieron nuevos formatos los cuales serían de apoyo al personal operativo (PETS).

En el caso de seguridad se hicieron seguimiento al personal y su ámbito laboral, su día a día, las medidas que están tomando en sus respectivas áreas de trabajo y los peligros que los rodean.

En calidad se toman muestras las cuales ya tienen resultados sin antes lanzar su reporte para hacer un mejor seguimiento a las muestras y al personal que realiza en ensayo también las contra muestras son usadas antes de ser llevadas por el personal de Geología.

Considerando las mejoras y cambios en el laboratorio que se realizaron se capacito al personal con la implementación de los procesos, eliminación de tiempos e inclusión de nuevos métodos a todo el personal con la mira de que cada uno de ellos pueda seguir una línea de carrera en la empresa.

Realizando estos pasos hemos realizado un informe teórico que involucran los cambios realizados en el laboratorio químico de la unidad minera Cerro Lindo.

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA.

Cerro Lindo de propiedad y operada por Compañía Minera MILPO S.A. Es la mina subterránea más grande del Perú, actualmente con una extracción de más de 21000 toneladas por día. La mina desarrolla de manera rentable siete yacimientos de sulfuro vulcanogenicos masivos (VMS). Se descubre hace décadas (Cia. BTX 1967) por el afloramiento de minerales no metálicos como baritina.

Desde el año 1982 a 1987 la compañía minera Milpo inicia los trabajos geológicos, descubriéndose los cuerpos ob1 y ob2

El proyecto minero cerro lindo pasa a la fase de construcción luego de haber aprobado los estudios de factibilidad técnica/económica, la construcción se inicia en enero 2006 y se concluye el 30 de junio del 2007, de inmediato se da inicio a la explotación racional de minerales polimetálicos.

En noviembre 2007 se logra alcanzar la capacidad de 5k tpd, en enero del 2008 se plantea realizar trabajos complementarios en la plata de procesos con la introducción de nuevas maquinarias y equipos para lograr incrementar la producción a 6,6k tpd.

Como consecuencia de la crisis financiera del 2008, la empresa toma la decisión de realizar una segunda expansión de producción por etapas de 7k, 7,5k, 8k, 8,5k y 10k.

La producción de 10k tpd se logra en agosto del 2011, actualmente se encuentra en una producción superior a los 21k thd.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.

1.2.1. Problema General.

¿Será posible realizar los procesamientos y análisis en laboratorio químico de muestras de geología y planta metalúrgica, para determinar las leyes de los elementos que contiene en el proyecto minero Cerro lindo?

1.2.2. Problemas Específicos.

- ¿Se podría plasmar cada uno de procedimientos en las muestras tomadas en el laboratorio para así el personal de laboratorio tenga PETS de realizar el trabajo?
- ¿En qué medida se identificar y regular la cantidad de reactivos y los ácidos utilizados para el estudio de las muestras?
- ¿Será posible estandarizar los diferentes procesos de ataque a muestras y en diferentes métodos de volumetría y absorción de muestras?
- ¿Será posible determinar los parámetros de validación del análisis por espectrofotómetro de Absorción Atómica?

1.3. Objetivos de la Investigación

1.3.1. Objetivo General

En cuanto al objetivo se podría describir que, dar a conocer con este informe teórico los cambios en los métodos de ataque y la eficiencia en tiempos y resultados realizados en los últimos meses en el laboratorio químico de la unidad minera Cerro Lindo. El estudio consta de procedimientos y marchas para el análisis de minerales.

De los minerales desde el área de Geología y Las muestras de la Planta Concentradora, Conocer la preparación de muestras incluye todos los pasos que se sigue en el laboratorio para

hacer que la muestra resulte adecuada para el análisis Químico. Una preparación de muestras correcta resulta en submuestras que son representativas de muestra total, por lo que se debería.

- Evaluar los procesamientos y análisis en laboratorio químico de muestras de geología y planta metalúrgica, para determinar las leyes de los elementos que contiene en el proyecto minero cerro lindo.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Plasmar cada uno de procedimientos en las muestras tomadas en el laboratorio para así el personal de laboratorio tenga PETS de realizar el trabajo.
- Identificar y regular la cantidad de reactivos y los ácidos utilizados para el estudio de las muestras.
- Estandarizar los diferentes procesos de ataque a muestras y en diferentes métodos de volumetría y absorción de muestras.
- Determinar los parámetros de validación del análisis por espectrofotómetro de Absorción Atómica

1.4. Justificación de la Investigación.

El trabajo está sustentado por el procesamiento y análisis en laboratorio químico de muestras de geología y planta metalúrgica, para determinar las leyes de los elementos que contiene en el proyecto minero cerro lindo, mediante el control de las variables que intervienen en el proceso del análisis químico de minerales.

Los motivos para desarrollar el presente trabajo están orientado a evaluar y determinar los procedimientos y estandarizar dichos procedimientos en el proceso de análisis de minerales.

1.5. Delimitación del Estudio.

1.5.1. Delimitación Territorial.

El yacimiento minero Cerro Lindo está ubicado en el distrito de Chavín, provincia de Chincha, en el departamento de Ica al sur este de Lima. Su altitud entre los 1820 y los 2200 m.s.n.m. Cerro Lindo se ubica a 240 Km de Lima y su acceso a 175 km del panamericano sur, siendo la única vía de acceso, teniendo que acceder desde la primera garita para el acceso a la unidad minera.

- Dentro del Laboratorio se cuenta con diferentes áreas de trabajo:
- Oficina principal del Laboratorio Químico
- Área de preparación de Muestras Planta
- Área de Preparación de Muestras de Geología
- Área o sala de osmosis
- Área de balanza o pesado
- Área de análisis de digestión de muestras o disgregación.
- Área de análisis instrumental o Absorción
- Almacén
- Vestuario
- SS.HH.
- Sala de IQPF

1.5.2. Delimitación tiempo y espacio.

La investigación analizada en la mina Cerro Lindo de propiedad y operada por Compañía Minera Milpo S.A. en el año 2018 - 2019.

1.5.3. Delimitación de recursos.

Falta de investigación y disponibilidad en los recursos económicos y poder llevar a cabo el trabajo de investigación, por lo que será financiado el análisis químico por la mina Cerro Lindo.

1.6. Viabilidad del Estudio

La presente investigación en la unidad minera es viable, por cuanto se tiene los medios teóricos - prácticos, los medios técnicos y los recursos económicos necesarios para hacer el estudio de campo. Así mismo, el apoyo para las fuentes de la información requeridas; también se cuenta con la autorización del superintendente de planta, el residente del laboratorio también autorizo la viabilidad del estudio, la empresa Inspectorate también autorizo la viabilidad del estudio que brinda servicio a la mina Cerro Lindo a efectos de llevar a cabo el correspondiente estudio de campo.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes de la investigación.

2.1.1. Antecedentes internacionales.

Velasco (1996), desarrollo una investigación titulada “*Aspectos básicos del análisis químico de materiales geológicos*”, en la que se concluye que, se ha aplicado un método estadístico, basado en las pruebas Sk y Ku, para establecer la concentración más probable de lantánidos en un grupo de veinticuatro MIRG de tipo rocas ígneas. La información obtenida por MS, NM y ES resultó ser la más coherente, siendo eliminados < 15% de los datos iniciales. En general, fueron más frecuentes los datos erróneos con un sesgo positivo, es decir en donde la concentración del elemento es sobre-valorada. Se encontró que XF se ha aplicado a la determinación de La y Ce. Las técnicas AA y SP tienen una aplicación restringida. Los métodos de LC se mostraron como una nueva alternativa en el estudio de los lantánidos en materiales geológicos.

En algunos casos, la aplicación de pruebas-t mostró la inconveniencia de mezclar información generada por distintas técnicas. En estos casos, las técnicas con una mayor precisión (en general MS, NM o su combinación) fueron utilizadas para establecer la concentración más probable de cada lantánido en las MIRG. A estos valores se les asignó un nivel de calidad en base al nivel de concentración y su %Rsd. En el caso del basalto BCR1, la MIRG más estudiada, los datos de La-Sm, Tb-Ho y Tm-Yb se reportan como valores recomendados y el resto (Eu, Gd, Er y Lu) como valores certificados.

Las concentraciones propuestas son, en general, comparables con las reportadas en la literatura y mostrando la ventaja de ser presentadas con parámetros estadísticos adicionales. Por otro lado, sería recomendable incluir otras pruebas estadísticas en la

metodología de -" detección y eliminación, así como aplicar el esquema a MIRG que se estén utilizando actualmente.

Se ha aplicado un método de evaluación estadística inter-laboratorio para establecer la precisión y los límites de detección de las técnicas más utilizadas en la determinación de lantánidos en materiales geológicos. En general, MS resultó ser la técnica de mayor precisión y con límites de detección más bajos (á 1 ppm), seguida por NM y ES. Es interesante señalar la variación en "zig-zag" (tipo Oddo-Harkins) que presentan los límites de detección como una función del número atómico. Por otro lado, se encontró que la precisión de las técnicas al analizar rocas extrusivas es superior que en rocas intrusivas. En el mismo sentido, los límites de detección para rocas intrusivas son mayores por un factor de dos que los calculados en rocas extrusivas. La evaluación de técnicas analíticas en geoquímica, basada en la información analítica de MIRG, no es una práctica común. Por esta razón, se recomienda aplicar la presente metodología a otros elementos traza.

Se ha establecido un método cromatográfico de par-iónico para la determinación de lantánidos. La separación de los lantánidos se realizó en - 2 5 min, con valores de resolución $R_s > 1.25$. Los picos cromatográficos mostraron una ligera asimetría (TÍ 2,5), excepto Sm (T=3). Las curvas de calibración, concentración vs. área de pico, presentaron una alta correlación ($R = 0.99$). Los límites de detección se presentaron entre 30 (Ce) y 1,2 (Tm y Lu) ng/ml, con una variación alternada de tipo OddoHarkins. Por otro lado, se recomienda aplicar este método de análisis a materiales geológicos.

Se ha calibrado un equipo de XF para llevar a cabo el análisis de elementos mayores en materiales geológicos. La precisión de la determinación fue, en términos generales, excelente

(< 3%). Los límites de detección del método mostraron valores del orden < 0,05 % peso. Adicionalmente se han generado nuevos valores de concentración para treinta y nueve MIRG. Estos valores no presentan diferencias significativas con los reportados en la literatura, tal como lo señalan los parámetros de Sutarno-Steger (SST s 1). Se puede concluir que no existe un error sistemático en el procedimiento y que puede ser aplicado en el estudio de rocas ígneas (p.ej., CVM; Sierra Madre Occidental, etc.).

Se ha realizado un estudio petrográfico y geoquímico de elementos mayores para muestras provenientes de la Sierra de Chichinautzin (SCN), en el centro de México. Los resultados han mostrado la existencia de rocas de una composición que va desde basalto hasta dacita. Las rocas de composición máfica presentan una normatividad en hyperstena + olivino y nefelina + olivino, mientras que las de composición intermedia son normativas en hyperstena + cuarzo. En conclusión, el comportamiento geoquímico observado indica un modelo tectónico complejo y excepcional, en el que pueden estar involucrados procesos de subducción y rompimiento cortical. Se recomienda realizar un programa, más extenso de muestreo y análisis químico, incluyendo elementos traza e isótopos, con el objeto de desarrollar un modelo confiable del origen y la evolución del vulcanismo monogenético de la SCN. (pp. 124-125)

2.1.2. Antecedentes nacionales.

Perez (2015), en el “*Laboratorio químico*”, llegó a la conclusión que, en función de su trabajo de investigación que, la U. M. San Salvador 27 Tacaza el tipo de extracción de minerales por tajo abierto. La mineralización está dada mayoritariamente por calcosina,

covelita, digenita, y menor presencia de sulfuros de plomo y plata. Se obtiene concentrado de cobre y en algunas muestras especiales es necesario analizar por plomo, zinc, plata y oro. El método de recuperación es el de flotación diferencial recuperándose primero concentrado de cobre como sulfuro luego el concentrado de cobre como óxido.

La Parte más importante de la operación de laboratorio químico es la operación de toma y preparación de muestras ya que esta influye directamente en los reportes de leyes de dichas muestras, así tener un buen resultado para que las distintas áreas puedan tomar decisiones en base a nuestros resultados.

En las determinaciones de cobre, óxido de cobre, se ha logrado optimizar el tiempo de análisis. Para efectuar estas determinaciones se debe tener en cuenta mucha la precisión y exactitud en la adición de reactivos en el control de tiempos y temperaturas, a las que se trabaja.

Se ha reducido los costos por consumo de reactivos, por el mejoramiento de los métodos de análisis cobre.

Mercado (2013), desarrollo una investigación titulada “*Estudio comparativo de análisis de oro entre los métodos vía seca y vía húmeda en minerales concentrados*”, concluye que, el estudio comparativo de análisis de oro entre los métodos vía seca y vía húmeda en minerales concentrados de sulfuros polimetálicos permitió cuantificar la ley final de oro para cada método.

La evaluación estadística de los métodos por vía seca y vía húmeda, nos muestra que los métodos que implican fundición son los más precisos en la determinación de oro ya que las cuantifican la desviación estándar relativa para métodos por vía seca con valores menores al cinco por ciento, lo cual no sucede con los métodos vía húmeda que, dan desviaciones con valores entre cero a seis por ciento.

La evaluación gráfica de estándares patrones, muestran la precisión de los métodos que implican fundición, los valores están dentro del rango de incertidumbre establecido, lo cual no sucede con los métodos vía húmeda, los cuales están fuera del rango de incertidumbre establecido.

En la digestión por Agua Regia (Método E), la presencia de ácido perclórico permitió elevar la ley en aproximadamente 200 por ciento respecto al mismo método, pero sin la presencia de ácido perclórico, esto podría deberse al gran poder oxidante de este ácido.

Los métodos para la determinación de oro por vía húmeda se realizan en tiempos muy cortos respecto a los métodos por vía seca, sin embargo, los resultados finales están muy por debajo respecto a los métodos vía seca.

Mendoza (2015), en su investigación titulada “*Método para la determinación de oro y plata en muestras concentradas de minerales*”, llegó a la conclusión que, en la preparación de las muestras geoquímicas son importante en la reducción de tamaño, verificando el control granulométrico también realizar un buen muestreo en la subdivisión para la obtención de muestras representativas.

En la preparación de las muestras de planta concentradora la homogenización cumple un requisito importante, asimismo la operación de muestreo y el cuarteo aseguran una buena representatividad de la muestra original.

El método de análisis al fuego es una buena técnica de pre concentración y proporciona una rápida eliminación a toda la ganga de minerales utiliza relativamente gran cantidad de muestras para el análisis lo cual resulta en un mayor grado de concentración de los elementos buscados y de esta forma disminuyen la incertidumbre del muestreo.

2.1.3. Otras investigaciones.

Coedo, Dorad, & Padilla (1998), en “*El análisis químico en el control de procesos metalúrgicos*”, llegaron a la conclusión que, tomando como base la experiencia pasada, en el futuro será necesario controlar niveles de elementos residuales cada vez más bajos, con rangos de tolerancias menores y con una trazabilidad garantizada. Simultáneamente, se necesitará mayor rapidez en los resultados y, a poder ser, análisis in situ, ya que este sistema proporciona la forma más directa de controlar un proceso, ofreciendo la información requerida en tiempo real. Otro punto de gran importancia es la posible automatización del conjunto de los procesos analíticos operativos en un determinado laboratorio. No se debe olvidar que, además de la necesidad de controlar los complejos procesos. (p. 21)

2.2. BASES TEÓRICAS.

2.2.1. Muestreo.

En el trabajo IAAC (2013), “*Guía para la acreditación del muestreo en laboratorio de ensayos*”

El laboratorio debe tener un plan y procedimiento para el muestreo cuando efectúe el muestreo de sustancias, materiales o productos que luego ensayé o calibre. El plan y el procedimiento para el muestreo deben estar disponibles en el lugar donde se realiza el muestreo. Los planes de muestreo deben, siempre que sean razonable, estar basados en métodos estadísticos apropiados. El proceso de muestreo debe tener en cuenta los factores que deben ser controlados para asegurar la validez de los resultados de ensayo y de calibración. (p. 2)

Cuando el cliente requiera desviaciones, adiciones o exclusiones del procedimiento de muestreo documentado, estas deben ser registradas en detalle junto con los datos del muestreo

correspondiente e incluidas en todos los documentos que contengan los resultados de los ensayos o de las calibraciones deben ser comunicadas al personal concerniente.

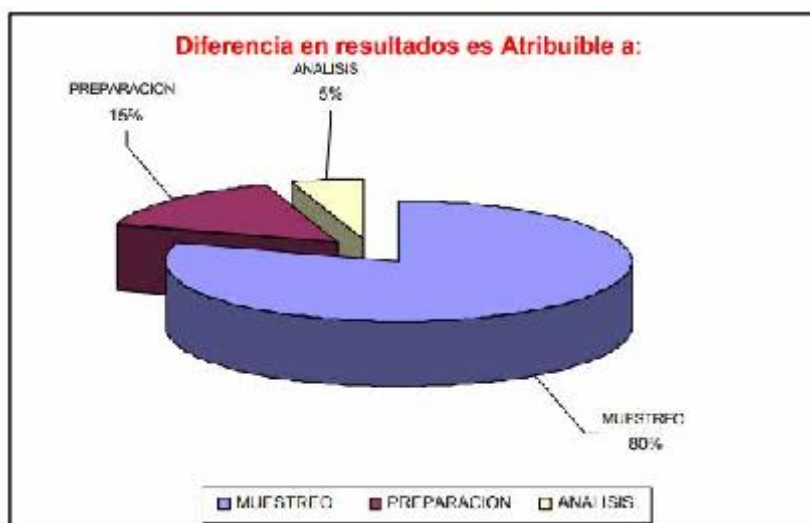


Figura 1. Porcentaje y Diferencia en las Etapas de Obtener Malos Resultados

Proceso de selección de una porción de material que represente o proporcione información sobre el sistema en estudio (población).

Uno de los aspectos más importantes para obtener resultados de calidad en un análisis es disponer de una muestra que represente el lote que se va analizar. Es fundamental conocer e identificar los errores que se pueden cometer en el proceso y durante la manipulación de la muestra hasta que llega al laboratorio. La mayoría de las técnicas analíticas requieren disponer de la muestra en disolución, por lo que abordaremos el tratamiento químico más importantes y los posibles errores que se pueden cometer para obtener una disolución que represente a la muestra. Tratamiento de la muestra. (Anticon, 2011)

2.2.2. Plan de Muestreo

2.2.2.1. Requisitos

- Información sobre la naturaleza de la muestra

- Informar sobre la instrumentación a utilizar en el muestreo
- Conocer el grado de homogenización de la muestra
- Indicar el número de submuestras necesarias para una exactitud determinada
- Presenta un esquema sobre las precauciones a seguir en la preparación de la muestra.

2.2.2.2. Plan

Para Valcarcel & Rios (1992) “*Procedimiento para seleccionar, extraer, conservar, transportar y preparar las porciones a separar de la población en calidad de muestras*”. El proceso de muestreo debe estar planificado detallado y escrito y el plan de muestras debe incluir:

- Donde realizar la toma de la muestra
- Quien tiene que realizar la toma de muestras
- Que procedimiento debe seguir en la toma de la muestra
- Sistema informativo en el laboratorio.



Figura 2. Muestreo de cabezas

2.2.2.3. Selección de los puntos y tiempos de muestreo.

Se toman incrementos de muestra en puntos preseleccionados al azar, siguiendo un programa de muestreo en el cual se incluyen estos puntos. La concentración de los analitos en

la muestra obtenida debe ser idéntica la concentración en la muestra real en la posición y tiempo en la que se ha realizado el muestreo que esta no varíe hasta la ejecución de los análisis. (Valcarcel y Rios, 1992)

2.2.3. Preparación de Muestras

En esta área se preparan las muestras que serán procesadas en el laboratorio, consisten un tratamiento físico que puede ser la trituración y/o pulverización de las muestras solidas (minerales de rocas, sedimento, concentrados de minerales) con la finalidad de adecuarlas a los requerimientos mínimos de los análisis químicos y analíticos posteriores. Se tienen establecido un flujo de trabajo que contempla las diferentes etapas del proceso de preparación mecánica, estas etapas no son rígidas ya que dependen de sus particularidades de la muestra y procesos aplicados, influyen en las características finales que deben presentar la muestra. (Valcarcel y Rios, 1992)

Las muestras procesadas llegan del departamento de geología las cuales pueden ser provenientes de perforaciones de diamantinas, perforaciones de minas o comunes, adicionalmente también llegan las muestras de planta las cuales provienen desde planta concentradora y además de despacho de concentrado.

Las principales actividades de la sección de preparación de muestras son:

- Chancado de muestras de geología
- Cuarteo y homogenizado de las muestras
- Pulverizado y homogenizado
- Pruebas granulométricas

2.2.4. Cuarteo y Homogenizado

2.2.4.1. Cono y cuarteo

Uno de los métodos más antiguos, limitándose en la actualidad en su uso en lotes de menos de una tonelada con tamaños de partículas máximo de 50mm. La homogenización ya sea por roleo en caso de muestras pequeñas y por medio de una pala en caso que la cantidad de material de muestreo es muy grande se apila en forma cónica, esta operación se repite de 2 a 3 veces con la finalidad de homogenizar, de ello se forma un cono y después una torta circular plana para luego dividirlos en cuatro partes a lo largo de las dos diagonales perpendiculares entre sí. Los dos cuartos se separan como muestras y el par restante representara, este proceso se repite varias veces hasta obtener el tamaño apropiado de muestra. (Maldonado, 2019)

2.2.4.2. Cuarteador de Rifles

También conocido como cuarteador de Jones, que consiste en ensamble de un número par de chutes idénticos y adyacentes comúnmente entre 12 y 20. Los mismos que forman un ángulo de 45° o más con el plano horizontal y se colocan alternadamente opuestos para que dirijan el material a dos recipientes ubicados en la parte inferior. El material se alimenta por medio de bandeja rectangular después de haberlo distribuido uniformemente, previo al cuarteo debemos de homogenizarlo hasta en 4 ocasiones antes de iniciar la división. Se distribuye la muestra homogenizada uniformemente a lo largo del cortador, de los dos recipientes que reciben la muestra se descarta uno de ellos. El contenido del recipiente que no ha sido descartado, se vuelve a verter sobre el cortador y se repite el proceso hasta obtener la muestra de tamaño deseado. (pp. 23-25)



Figura 3. Cuarteo y Homogenizado de Muestras

2.2.5. Granulometría

La granulometría es una secuencia de tamaños de los materiales para nuestro caso de minerales, Dominguez (2018) afirma que: “La granulometría es la medición de los granos de una formación sedimentaria y el cálculo de la abundancia de los correspondientes a cada uno de los tamaños previstos por una escala granulométrica con fines de análisis” (p. 33).

El método para determinar la granulometría es pasar el mineral por una sucesión de mallas de distintos tamaños, que actúan como filtros de los granos que se llaman columna de tamices. Pero para una medición más rápida y exacta se podría utilizar un granulometro laser, cuyo rayo difracta en las partículas para poder determinar su tamaño. (Dominguez, 2018)



Figura 4. Ensayo de Granulometría

2.2.5.1. Pruebas Granulométricas

Durante las pruebas realizadas hasta en 55 chequeos para malla ASTM -10 (chancado) y 55 chequeos para malla ASTM-140 (pulverizado) se prepararon gráficos de recuperación de

porcentajes pasante. Los límites aceptables son de 90% y 95% respectivamente, los resultados obtenidos están por encima de estos valores siendo considerados aceptables.

Durante las evaluaciones de certeza mediante la inserción de materiales de referencia en los lotes regulares analizados en el laboratorio químico.

Los elementos analizados muestran buenos valores de exactitud, sesgo general $<5.0\%$. En base a estos resultados se concluye que durante las pruebas realizadas de exactitud de laboratorio químico.



Figura 5. Pruebas Granulométricas de Minerales

2.2.6. Secado de Muestras

Los hornos eléctricos o a gas son usados para remover la humedad de las muestras antes de su trituración y pulverización. Dentro del horno se mantiene un flujo de aire para eliminar el vapor de agua liberado por las muestras. El secado es necesario para evitar que las muestras se peguen al molino durante la trituración y pulverizado. También es útil porque permite que las medidas y ensayos subsecuentes puedan ser remitidos a una base de peso en seco. (Mendoza, 2015)

En el caso de las muestras que son dispuestas en una bandeja porque los metales pueden ser transferidos a las muestras en su estado líquido no húmedo. Algunos laboratorios analíticos con alto volumen de trabajo usan técnicas de secado de alto horno para mejorar su tiempo de respuesta. Sin embargo, existe un riesgo considerable a la integridad de las muestras, porque algunas muestras se oxidan de manera considerable a temperaturas muy altas, y algunos elementos potencialmente volátiles se pueden perder en temperaturas de secado muy altas. Incluso si estos elementos no son de un interés inmediato, la muestra inútil para cualquier análisis futuro. (Mendoza, 2015)

Estudios independientes en estas clases de muestras han probado que los elementos potencialmente volátiles no se pierden estas temperaturas. Las muestras recepcionadas son ordenadas de acuerdo a la codificación de ingreso y luego son secadas en los hornos, en la operación de secado la temperatura es controlada. (Mendoza, 2015)

2.2.6.1. **Determinación de porcentaje de humedad.**

Se determina de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\% \text{ H}_2\text{O} = \left(\frac{\text{Peso de la muestra} - \text{Peso de la muestra seca}}{\text{Peso de la muestra}} \right) \cdot 100$$

2.2.6.2. **Procedimiento de Secado**

La muestra ordenada es ingresada, en bandejas de acero, a la estufa de secado.

La temperatura de secado es de $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$, dependiendo del elemento químico por el cual será analizada la muestra (S, Hg., Sb, As requieren una temperatura de secado de 50°C aproximadamente para evitar su evaporación en la muestra durante el proceso de secado).

El tiempo de secado varía de 2 a 3 horas, dependiendo principalmente del tipo de muestra y humedad. Posteriormente se procede a retirar la muestra del horno y enfriarla a condiciones normales, durante 15 minutos aproximadamente.



Figura 6. Secado de Minerales

2.2.7. Pulverizado de Muestras

Pulverizadoras vibratorias o pulverizadoras de anillos o de discos, son referidos por sus tres nombres comerciales. Este equipo usa un sistema, en el cual la olla o contenedor de la muestra está totalmente sellado durante la operación de pulverizado y por lo tanto minimiza cualquier probabilidad de contaminación de la muestra con polvo de otras muestras en el aire. (Maldonado, 2019)

La acción de la molienda producida en la pulverizadora provoca la introducción de metales desgastados en las muestras al ser molidas. Los elementos que se introducirán dependen de la composición de la superficie de molienda. En general, el nivel de contaminación introducido por los aparatos de molienda depende de la dureza o fragilidad de la muestra y de la duración del contacto con el aparato. Relativamente hablando, la cantidad de contaminantes introducidos durante la trituración es menor que la cantidad introducida durante la pulverización. (Maldonado, 2019)

2.2.7.1. Procedimiento de Pulverizado

Antes de iniciar el pulverizado de muestras, el preparador de muestras verifica el buen funcionamiento del colector de polvos para ello pone en funcionamiento el colector de polvos, realiza la limpieza de la olla de pulverizado y sus anillos con cuarzo estéril y con aire comprimido una vez terminado el lavado.

Colocar las muestras en zona donde no se expongan los concentrados al hacer el proceso de pulverizado de las muestras, agregar la muestra a la olla con los anillos y tapara la olla, luego colocar la olla en el soporte de la pulverizadora y cerrar la compuerta del equipo, proceder a encender la pulverizadora programando el tiempo de pulverizado aproximado entre 1 a 2 minutos hasta obtener 95% malla 140 mesh, terminado el pulverizado abrir la compuerta para luego retirar la olla del equipo.

Vaciar la muestra pulverizada a una lona o papel Kraft y procede a colocarlo en su respectiva bolsa codificada, lavar la olla con sílice o cuarzo y limpiar la olla con aire a presión, para pasar a la siguiente muestra.



Figura 7. Pulverizadora con funcionamiento de presión de aire

2.2.8. Chancado

Para EducarChile (2012) En minería, para la reducción del tamaño del mineral extraído desde la mina, se utilizan equipos, los cuales están diseñados para imprimir la fuerza necesaria

para lograr la propagación de las grietas en el mineral. Estos equipos se llaman chancadoras, los cuales se caracterizan por tratar el mineral proveniente desde la mina. El proceso de chancado se lleva a cabo por etapas sucesivas (chancado primario, chancado secundario, etc.), de manera de ir paulatinamente reduciendo de tamaño las partículas del mineral, hasta lograr el tamaño óptimo para el proceso posterior de tratamiento.

Al introducirse el trozo de mineral entre las mandíbulas del equipo, el mineral se quiebra y con la separación de la mandíbula móvil de la fija, el mineral va descendiendo por la cavidad hacia la abertura de la descarga, en el siguiente acercamiento sufre una nueva fragmentación y así sucesivamente hasta alcanzar las dimensiones que le permitan salir por la descarga. (EducarChile, 2012)



Figura 8. Chacadora de Quijadas Primaria

2.2.8.1.Reducción de Tamaño

Para EducarChile (2012) Los minerales, poseen la tendencia a romperse en innumerables formas y tamaños toda vez que son sometidos a algún tipo de energía. En el proceso chancado, es esencial poder controlar adecuadamente tanto el sobre tamaño (gruesos) como el bajo tamaño (finos), producidos durante la reducción. Sin un control adecuado, el mineral seguirá el patrón de su naturaleza cristalina, originándose finalmente un exceso de finos. La clave para una reducción de tamaño exitosa consiste en mantener las curvas

granulométricas tan cortas o empinadas como sea posible. En general, los productos son mucho más apropiados mientras más estrecha es su curva granulométrica.

Para lograr este objetivo es necesario seleccionar adecuadamente el o los equipos correctos, desde una amplia gama de equipos disponibles para la reducción de tamaño. La diferencia entre los distintos equipos se establece según: el principio de operación del equipo, la técnica aplicada para la reducción, el tamaño de la alimentación, etc. Los equipos pueden adecuarse de forma adecuada para lograr o aproximarse al intervalo de tamaño requerido para el producto final. (EducarChile, 2012)

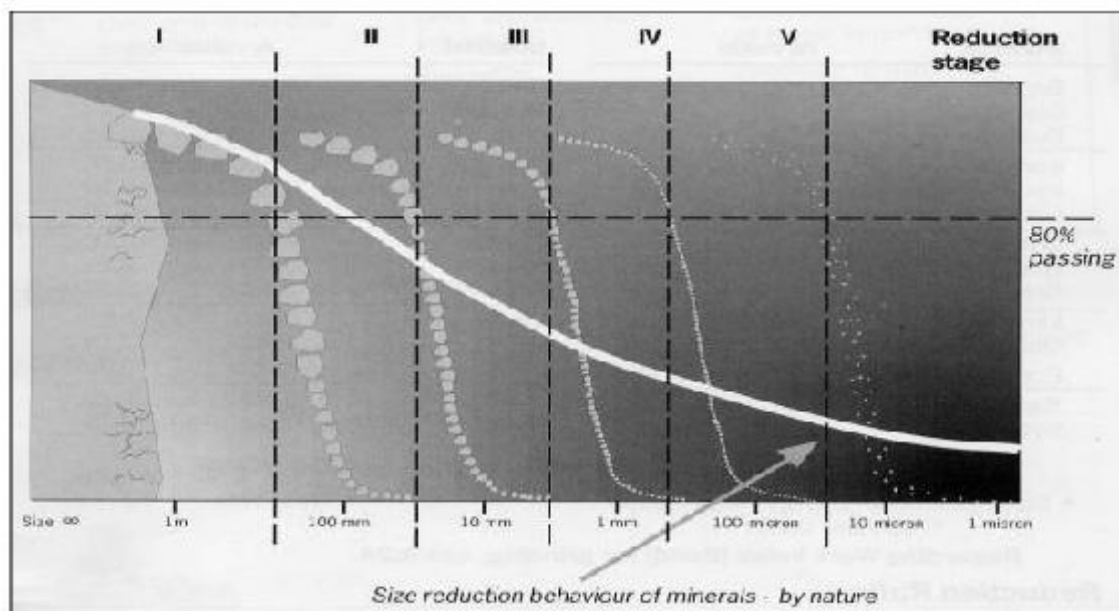


Figura 9. Diagrama de Granulometría mayor a 80% pasante

2.2.9. Análisis Cualitativo y Cuantitativo.

El analista puede enfrentarse fundamentalmente a dos cuestiones de cual es la composición química y en que cantidad se encuentran las sustancias que constituyen un sistema material. En ocasiones solo es necesario responder a la primera cuestión, el análisis cualitativo revela la identidad de las sustancias presentes en una muestra, mientras que el análisis cuantitativo nos aporta información numérica de su cantidad relativa. Los análisis

cuantitativos se fundamentan en reacciones químicas o en la medida de alguna propiedad física característica de la sustancia. (Maldonado, 2019)



Figura 10. Diagrama de Proceso Analítico de Muestras

2.2.10. Balanza Analítica

En el análisis de los materiales se emplea para pesar la balanza analítica, que nos permite medir cantidades necesarias de masas, en un rango menor del miligramo, llegan a un rango de (0,0001g a 0,1 g)

Para medir la masa de una sustancia se emplea la balanza como instrumento de medición, utilizando como medio de comparación la fuerza de la gravedad que actúa sobre el cuerpo, dependiendo del trabajo que se quisiera realizar, se selecciona el tipo de balanza más adecuada en cuanto a sensibilidad y rapidez en la pesada, la sensibilidad de

una balanza depende de su capacidad, una balanza diseñada para pesar kilogramos difícilmente tendrá la sensibilidad necesaria para tener reproducibilidad en pesadas de miligramos. En el laboratorio se utiliza la balanza para efectuar actividades de control de calidad. (Maldonado, 2019)

Una de las exigencias que se plantean a la Química analítica cuantitativa es la Exactitud, es decir, que los resultados sean lo más próximos a la realidad posible. Desde luego, esta exactitud deberá ser alcanzada generalmente con masas de Muestras muy pequeñas, ya que el trabajo con grandes masas de Matrices resulta engorroso y lleva mucho tiempo, por lo tanto la exactitud deseada solo podrá alcanzarse con un instrumento capaz de lograr altos niveles de exactitud en pesadas de masas pequeñas. Estos objetivos son alcanzables en la práctica con el empleo de la balanza analítica.



Figura 11. Balanza Metler Toledo

2.2.11. Almacenamiento de Rechazos

Los Rechazos gruesos producto del proceso de preparación de las muestras, serán almacenados en bolsas o costales plásticos numeradas y con un código de identificación durante un periodo de 07 días sin costo alguno, las muestras de diamantinas serán devueltas al 100% al cliente, en caso de las muestras de mina se devolverá solo lo solicitado por el cliente, al término de este periodo se comunicara para decidir su desecho o cobro adicional por mantener la custodia de los rechazos.

Las Pulpas finas analizadas serán almacenadas en bolsas de plásticos numeradas, y con un código de identificación durante un periodo de 1 mes sin costo alguno, serán devueltas al cliente al 100% en bolsas plásticas previamente identificadas de su orden de trabajo.



Figura 12. Almacenamiento de Pulpas en Laboratorio.

2.2.12. Desionizador de Agua

Nos permite la purificación de agua de calidaad, empleando como medio de separación de las impurezas, las resinas de intercambio ionico, tiene una fabricación especial para la retención de las sales ionizadas en el agua. De acuerdo los fabricantes estas pueden eliminar teoricamente casi el 100% de las sales presentes. (Lenntech, 2019)

Que la osmosis inversa cumple con la mayoría de los estándares de agua con un sistema de un solo paso y los estándares más altos con un sistema de doble paso. Este proceso alcanza rechazos de hasta más de un 99.9% de virus, bacterias y pirogenos. La fuerza promotora del proceso de purificación por osmosis inversa es una presión del rango de 3,4 a 69 bares. Es mucho más eficiente energéticamente que los procesos de cambio de fase (destilación) y más eficiente que los productos químicos fuertes requeridos para la regeneración de los procesos de intercambio iónico. La separación de iones con osmosis inversa es asistida por partículas cargadas. Esto significa que los iones disueltos que portan una carga, tales como sales, es más probable que sean rechazados por la membrana que aquellos que no están cargados tales como los compuestos orgánicos. Cuanto más grande sean la carga y la partícula, mayor probabilidad habrá de que sea rechazada. (Lenntech, 2019)



Figura 13. Proceso Tecnológico de Producción del Agua.

2.2.12.1. Componentes del Equipo Osmosis

- **Manómetro:** Instrumento que mide la presión del agua, lo que permite acondicionar el equipo y conocer el momento de cambio de los medios filtrantes.
- **Filtro de Sedimentos:** Descarta sólidos sedimentables e impurezas presentes en el agua de entrada.

- **Filtro de Carbón Activado:** Reduce el cloro y la materia orgánica en el agua para mejorar el desempeño de las resinas.
- **Filtro de Resina Catiónica:** Retira los cationes presentes en el agua tales como: Calcio, Magnesio, Sodio, Potasio, Hierro.
- **Filtro de Resina Aniónica:** Retira los aniones presentes en el agua como: Cloruros, Sulfatos, Bicarbonatos, Sílice.
- **Sistema de Regeneración:** Mediante bombeo o por gravedad se aplican productos químicos (ácido y soda) que permiten restablecer la capacidad de retención iónica en las resinas.
- **Medidor de Conductividad en línea:** Permite conocer y hacer control sobre la calidad del agua y el momento de regenerar las resinas.
- **Contador de Agua:** Por medio del cual se conoce la cantidad de agua producida (Opcional).
- **Filtro de Resina Mixta:** Refina la conductividad del agua, retirando cationes y aniones remanentes de las anteriores resinas.
- **Medidor de Conductividad en línea (Final):** Permite conocer y hacer control sobre la calidad del agua y el momento de reemplazar la resina mixta.

2.2.13. Análisis al Fuego.

“*La Granulometria*” este método se basa en la fusión de la muestra con un fundente a altas temperaturas, el fundente está constituido por los siguientes reactivos: Litargio, Carbonato de sodio, Bórax, los cuales se mezclan en proporciones diferentes. El método se basa en disminuir el punto de fusión de los metales y oxidar las impurezas para formar la escoria. Además de Nitrato de Potasio, Harina y Nitrato de plata, etc. Los metales nobles

son colectados por el plomo del litargirio, formando el régulo que permanece en la parte inferior de la escoria debido al elevado peso específico. Este régulo luego de ser separado de la escoria, es copelado a alta temperatura, en copelas de ceniza de hueso; las cuales absorben el plomo liberando así el oro y la plata. El botón de oro y plata es comúnmente llamado doré. (Dominguez, 2018)

El analisis al fuego se define como el analisis quimico cuantitativo, principalmente de metales preciosos, en las menas, aleaciones y materiales relacionados con la mineria. Debido al valor intrinseco de estos metales, el analisis de los materiales que contienen estos metales requiere un alto grado de precision y exactitud. Mientras que el analisis quimico clasico consta de determinaciones cuantitativas en un medio liquido (soluciones), en el analisis al fuego solo se utilizan reactivos secos. (Dominguez, 2018)



Figura 14. Extracción del crisol del horno de fundición.

Sin embargo, ambos miden la cantidad exacta de analitos buscados. El analisis al fuego es un proceso donde las principales son tres etapas:

- Fundición
- Copelación
- Particion

2.2.13.1. Fundición

El crisol conteniendo los 25g de muestras, se le agrega 70 a 100g de fundente a la misma, adicionando una pequeña porcion de plata (incuartacion), nitrato de plata, borax y urea en cantidades a criterio del fundidor. Despues es colocado en el horno de fundicion. Se da por terminada esta operación al cabo de 45 minutos. Se saca el crisol del horno con unas tenazas y se vacia su contenido en una lingotera, se golpea suavemente sobre la mesa de fierro con el fin de que todo el plomo se junte en el fondo. Se deja enfriar y con un martillo se golpea la escoria que ha quedado en la parte superior del molde conico. Pesteriormente el boton auro-argentifero se golpea sobre un yunque con el fin de eliminar la escoria adherida y ademas para darle una forma cubica que lo deja mas comodo para ser tomado despues con una tenaza para la copelacion. (Rivera, 2014)



Figura 15. Botones después del proceso de fundición

2.2.13.2. Copelación

El proceso de copelacion tiene por objeto la oxidacion del plomo y de las otras impurezas metalicas existentes, que mezcladas con mayor o menor cantidad de PbO , son absorbidas por la copela. El 98,5% del PbO es absorbida por la copela, el resto se volatiliza. Para

la copelación es indispensable que la copela, este bastante caliente solo en estas condiciones es colocado el boton de plomo. Se cierra la puerta del horno y cuando se ha fundido se observa la superficie brillante, se entreabre un poco la puerta y se deja que se efectue el proceso de copelacion por un espacio de 30 minutos, luego se sacan con las tenazas y de deja enfriar, se cogeara el boton de la copela con unas pinzas y sobre el yunque se le dan unos golpes a fin de laminarlo y ofrecer una mayor superficie para el ataque con acido nitrico. (Rivera, 2014)

(Boton de Pb+Au+Ag)+Impurezas Metalicas +O₂ = (Au+Ag) + (PbO+ PbO+Oxido metalico) (p. 57)

2.2.13.3. Partición

A la separación del oro y la plata se le conoce como “partición”. En el análisis del botón existen dos opciones: la primera es disolver con ácido y dejar el oro, este es método gravimétrico o “partir y pesar”. El oro es recuperado como una partícula de metal de oro que se pesa en una balanza (microbalanza) de alta sensibilidad y exactitud. (Zamudio, 2015)

Sin embargo, para muestras de baja ley, en las cuales es muy difícil manejar o pesar el botón de oro, use el otro método que consiste en disolver el oro y la plata y se debe hacer la cuantificación, sea por AAS, GF – AAS o ICP-OES. Existen diversas opciones para realizar el análisis final, por ejemplo, en algunos métodos se disuelven el oro y la plata en cianuro, sin embargo, en la mayoría de laboratorios se utiliza la disolución de agua regia. (Zamudio, 2015)

2.2.14. Análisis Químico.

En la página web Aula Virtual FCAyF (s/f) con su tema de “*Análisis Químico Clasificación*” nos indica el conjunto de técnicas que se ocupan de separar, identificar y determinar la composición elemental y molecular de una muestra. De acuerdo con este objetivo, se puede dividir el análisis químico en dos partes, se divide en inorgánica y orgánica. También se divide en Analítica Cuantitativa y Cualitativa.

2.2.14.1. **Análisis Gravimétrico**

El análisis gravimétrico consiste en determinar la cantidad proporcionada de un elemento, radical o compuesto presente en una muestra, eliminando todas las sustancias que interfieren y convirtiendo el constituyente o componente deseado en un compuesto de composición definida, que sea susceptible de pesarse. (Web QuimicoGlobal, 2011)

La gravimetría es un método analítico cuantitativo, es decir, que determina la cantidad de sustancia, midiendo el peso de la misma (por acción de la gravedad). Los cálculos se realizan con base en los pesos atómicos y moleculares, y se fundamentan en una constancia en la composición de sustancias puras y en las relaciones ponderales (estequiometría) de las reacciones químicas. (Web QuimicoGlobal, 2011)

2.2.14.2. **Análisis Volumétrico**

En un artículo de (Perez C. G., s.f.) con el tema “*Introducción al análisis volumétrico*”, nos indica que el análisis volumétrico se utiliza extensamente para la determinación precisa de cantidades de analito del orden de las milimoles. Asimismo, puede aplicarse a cantidades más pequeñas cuando se combina con técnicas instrumentales para la detección del punto final. Por otra parte, los métodos volumétricos suelen ser rápidos y en muchas ocasiones existe la posibilidad de automatización. Los métodos volumétricos de análisis se basan en la medida de

un volumen de la disolución de un reactivó R necesario para que la reacción con el analito A se verifique cuantitativamente.

2.2.14.3. Análisis Instrumental

El análisis instrumental es un tipo de análisis químico en donde se utilizan equipos electrónicos que miden las propiedades de las moléculas. En este análisis se emplean diferentes métodos instrumentales que se basan en la interacción entre la materia y la energía usando un instrumento para evaluar la propiedad física del objeto del análisis. Los métodos instrumentales no generan datos cuantitativos; en su lugar convierten los datos en información visiblemente más fácil de entender. (Duarte, 2015)

2.2.15. Planta Concentradora

En la planta concentradora de Cerro Lindo, se lleva a cabo una operación de concentración de minerales por flotación selectiva, el cual permite obtener tres tipos de concentrados valiosos: zinc, cobre, plomo y como producto no valioso el relave, el que se deposita en los socavones de la mina por el proceso de pasta cementada, y otra parte se filtra y compactado en el depósito de relaves. Su capacidad de producción actual es de 17,988 o 22,000 TMD. (Duarte, 2015)

Tabla 1 Reporte de leyes

Elemento	Ag	Cu	Pb	Zn	Fe	Bi
Unidad	Oz/t	%	%	%	%	%
Cabeza	0,56	0,47	0,26	2,98	28,45	
Conc. Cu	10,27	26,75	1,02	3,15	29,41	
Conc. Pb	54,60	1,01	70,31	1,67	4,77	0,17
Conc. Zn	0,87	0,36	0,07	58,36	5,15	
Relave	0,16	0,06	0,04	0,15	27,03	

Nota: Ejemplo de reporte de leyes diarios

El muestreo en la planta concentradora es una de las actividades donde se realizan hasta cinco veces por guardia, donde los puntos de muestreo varían de acuerdo a las muestras a recoger, traslado y proceso de tratamiento.

Se cuenta con un muestreador con sus IPERC y una orden de trabajo de acuerdo a la actividad a realizar y debe inspeccionar su área de trabajo a realizar debido a que el área cuenta con mayores peligros a los habituales a los de laboratorio, en los cuales se cuenta con izaje de cargas, caída de material, Ppcaída de diferente nivel, caída al mismo nivel, pisos mojados, sustancias químicas incluso en mayor proporción, entre otros peligros y riesgos.

Los puntos de muestreo son en molinos Metso 1 (faja 11) I, Marcy (faja 10), Intermedios los cuales se cuentan con OK-30, M-Bulk, M-zinc, Over, y por último el curries donde sacamos la guardia de las muestras de Relave, plomo, cobre, y zinc.

Estas últimas muestras mencionadas por la cantidad de concentrado procesado son realizadas en doble horario.

Tabla 2 Reporte de espumas

UNDER SIZE SAF	Ag	Cu	Pb	Zn	Fe	Bi
Espuma OK-30	16,33	22,79	7,71	3,73	28,14	
Medios Bulk	2,94	3,18	0,59	8,33	24,91	
relave Bulk						
Over Comesa	0,53	0,41	0,19	2,80	28,21	
Medios Zinc	1,12	1,39	0,15	37,02	16,42	

Nota: Ejemplo de reporte de espumas

2.2.16. Muestras Metalúrgicas.

Son aquellas muestras que son traídas del Laboratorio Metalúrgico las cuales han sido realizadas principalmente para dar resultados eficaces de los estudios realizados con la implementación de nuevos reactivos a los procesos que se irán implementando en planta, para mejorar la recuperación de los elementos de los minerales que llegan de mina para ser tratados, de acuerdo a cada campaña de mineral nuevo que entra se realizan pruebas para su recuperación antes de llegar a planta.

Antes de iniciar el análisis químico nos envían correos indicando el estudio realizado y los resultados que serán entregados de parte del laboratorio químico.

2.2.16.1. Aguas

Son las que no tienen necesidad de ningún proceso, antes de llegar a pasar lectura por la máquina de absorción, y sus resultados son en ppm.

Las muestras de aguas son traídas de un análisis del laboratorio Metalúrgico y no son necesarios recipientes específicos, pero sus resultados si pueden variar y pueden pasar a disoluciones de acuerdo a las leyes obtenidas en el EAA.

2.2.16.2. Pruebas de Flotación

Luego de haber hecho pruebas y hacer uso de reactivos y ácidos en los minerales estas muestras no son traídas en sobres luego de ser pulverizadas, son dejadas en la sala de balanza para poder recibir sus resultados en 12 horas entregados los resultados.

Estas muestras dependiendo el mineral concentrado (calidad) es pesada, atacada y digerida para saber sus resultados luego el resultado pasa por la lectura para sus resultados correspondientes.

En el caso de los concentrados serán realizados con volumetría para determinar la calidad de la prueba realizada y con un costo adicional de por muestra.

2.2.16.3. Porcentaje de Sólidos

En el proceso de porcentaje de sólidos es para poder determinar la cantidad de plomo que están quedando en los recipientes.

El porcentaje sólido para poder controlar los reboses de los espesadores, la turbidez, las aguas que se utilizan en los esperadores no deben estar turbias sino más bien claras, debido a falta de equipo para medir el estado de las aguas se utiliza el porcentaje de sólidos. El control de aguas de rebose es por la falta de capacidad de espesadores o también el rebose.

Formulas:

$$A = (W \text{ muestra} + W \text{ filtro}) - (W \text{ filtro})$$

$$B = (W \text{ H}_2\text{O} + \text{Recipiente}) - (\text{Recipiente})$$

$$\% \text{. Sólidos} = a * 100 / b$$

2.2.16.4. Puntuales

Las puntuales son las muestras que son pedidas por el cliente para poder ver en el estado que están sus procesos, las puntuales suelen ser de todos los elementos, Cu, Pb, Zn, Rve.

Variar de resultados de acuerdo a las horas sus resultados y variar entre sus calidades y sus contaminantes. Las puntuales son entregadas en un periodo no mayor de 1 hora. Estos resultados y la aplicación de sus reactivos varíen de acuerdo a los resultados brindados por el laboratorio.

2.2.17. Despacho de Concentrados

Los concentrados despues de su procesamiento en planta concentradora se almacenan en el deposito o cancha de concentrado de cobre, plomo y zinc respectivamente cada uno es su propio patio.

Dependiendo de su stock en el SAP, su programa de ventas y disposicion de unidades de transporte por parte de la empresa transaltisla se hacen las ventas diarias de los concentrados El muestrero recolecta una porcion del material que finalmente sera la muestra que sera para determinar las leyes del concentrados y los diferentes elementos que estan presentes en los concentrados, la humedad el cual determinara del peso neto seco recibido.

Luego los respectivos analisis quimicos los cuales se utilizaran para efectos de comercializacion.

Para el transporte se utilizan cargadores frontales que depositan el concentrado en la tolva de la unidad de transporte, la cual es llenada con una carga entre los 35 a 36 toneladas Para el control de calidad, se determina la humedad y el peso de la unidad de transporte.



Figura 16. Canchas de concentrados

2.2.18. Muestreo de despachos

Los despachos en cerro lindo se realizan todas las noches. Donde debemos evidenciar la presencia de lluvias y/o neblinas la verificación de zona y su resguardo antes de iniciar las tareas.

Debemos tener una buena ubicación de la mesa de trabajo alejados de la línea de fuego donde nos exponemos al cargador frontal principalmente y la iluminación adecuada del patio de concentrados.

La mesa de trabajo será señalizada por conos de tránsito y varas luminosas para una mejor delimitación de la posición de dicha mesa. Al iniciar el muestreo el operador llena el cucharón con el concentrado a despachar, retrocede y se posiciona a una distancia donde el muestrero podrá realizar la toma de muestras, las muestras de cada cucharón de concentrado del cargador frontal son de tres a cinco incrementos por cucharón hasta completar el tonelaje del camión el cual es un aproximado de cuatro cucharones aproximadamente.

Los incrementos tomados serán depositados en un balde codificado y una vez completado el muestreo del camión la muestra es trasladada a la mesa metálica de trabajo el procedimiento de depositar las muestras en una manta la cual estará encima de una mesa metálica de acero inoxidable para reducir las muestras por intermedio del cuarteo y homogenizado y la reducción de las partículas gruesas hasta obtener muestras representativas, la muestra será reducida hasta una cantidad de dos kilogramos.



Figura 17. Muestreo en los cargadores Frontales

Una vez reducida la muestra debemos codificar la bolsa de polietileno donde se coloca la muestra tomada de acuerdo al producto y en orden correlativo una vez termina la cual sera cerrada para no perder humedad una vez terminado el proceso del muestrero debe trasladar las muestras al area de preparacion de muestras de despacho.

2.2.18.1. Restricciones

No realizar el muestreo de lotes de concentrados en la noche si no se tiene el protector con lampara minero.

No realizar el trabajo sin las herramientas de gestion (IPERC,orden de trabajo) y no realizar el trabajo si no se cuenta con los EPPs adecuados.

2.2.18.2. Recepción de Muestras de despacho

La recepción de muestras de despacho es cada diez muestras, se llevan al laboratorio para el inicio de sus análisis, el preparador que recepciona las muestras recibe las muestras e inicia con el correcto conteo, concentrado y número de placa, e inicia el proceso de homogenizado por manto de cada muestra.

El preparador debe colocar las muestras de despacho en bandejas metálicas debidamente codificadas dos por muestras y cada bandeja con papel Kraft las cuales serán

pesadas correlativamente y apuntadas en las hojas de humedad de despacho para determinar la humedad. El tiempo de secado varía entre 3 a 4 horas con un peso aproximado de un kilogramo por bandeja y la estufa a una temperatura de $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.

Terminado el tiempo de secado el operador saca el coche del horno y deja enfriar para proceder con el pesado de las muestras secas cada muestra seca es separada de acuerdo a la muestra de concentrado y los pesos son apuntados en las hojas de humedad.

Una vez terminado el pesado debemos de codificar las bolsas de polietileno con el concentrado, numero del orden de concentrado despachado y día y mes despachado de muestras.

2.2.19. Ataque Químico de Muestras

Una vez pesadas las muestras que son traídas de las salas de preparación y son pesadas en la sala de balanza, ingresan a sala de disgregación para poder iniciar el ataque químico, de las muestras dependiendo de la finalidad pueden ser para absorción y pruebas de volumetría las muestras de concentrados.

Las muestras que son atacadas por el método con agua regia, las cuales se les agrega cinco ml de ácido clorhídrico y diez ml de ácido nítrico, hasta llevar a pastoso las muestras, una vez pastosos agregar su media o 25 ml de ácido clorhídrico, los ácidos están separados en carritos independientes con dispensadores los cuales que llevan un control máximo de salida de los ácidos de 25 ml.

Una vez terminado el proceso de ataque químico y agregado su medio los vasos con contenido de las muestras son sacadas de las planchas (250°) y lavar las paredes del vaso con agua desionizada hasta 50ml aproximadamente y dejar enfriar las muestras, manteniendo el orden y la limpieza del área de la plancha.

Una vez fría las muestras tendremos que transvasar a la fiola de 100 ml, antes de transvasar inspeccionar las fiolas a usarse, en caso de encontrar fiolas rajadas o quiñadas, no usar las fiolas, enrasar con agua desionizada y las soluciones al 25% HCL, colocar la tapa a las fiolas haciendo un pequeño ajuste y homogenizar.

Realizar la dilución respectiva con un medio 10% y dilución por 10 con la pipeta de 5ml. Los elementos son cuantificados en el espectrofotómetro de Absorción Atómica.

Tabla 3 Tabla de ataque químico

Muestras	Ataque
Cu Absorción	Regia +Clorato +Medio
Pb Absorción	Regia + Agua Desionizada + Medio
ZN Absorción	Regia +Medio
CU Volumetría	Perclórico
Pb Volumetría	Ac. Sulfurico + Nitrico
ZN Volumetría	Regia +Clorato

Nota: En ocasiones es necesario el perclórico en el Pb

2.2.20. Espectroscopia de Absorción Atómica en Flama

El espectro de plasma de la absorción atómica su identificación de los elementos es a nivel atómico, como detallan los autores, para Castro (2000) en el “*Principios básicos de espectroscopia*” indica:

La espectroscopia de absorción atómica (EAA), tiene como fundamento la absorción de radiación de una longitud de onda determinada. Esta radiación es absorbida selectivamente por átomos que tengan niveles energéticos cuya diferencia en energía corresponda en valor a la energía de los fotones incidentes. La cantidad de fotones absorbidos, está determinada por la ley de Beer, que relaciona esta pérdida de poder radiante, con la concentración de la especie

absorbente y con el espesor de la celda o recipiente que contiene los átomos absorbentes. Los componentes instrumentales de un equipo de espectrofotometría de absorción atómica son los similares a los de un fotómetro o espectrofotómetro de flama, excepto que en EAA se requiere una fuente de radiación necesaria para excitar a los átomos del analito. Estos componentes se representan en la figura siguiente. La técnica de absorción atómica en flama en una forma concisa consta de lo siguiente :a) La muestra en forma líquida es aspirada a través de un tubo capilar y conducida a un nebulizador donde esta se desintegra y forma un rocío o pequeñas gotas de líquido. b). Las gotas formadas son conducidas a una flama, donde se produce una serie de eventos que originan la formación de átomos absorben cuantitativamente la radiación emitida por la lámpara y la cantidad de radiación absorbida esta en función de su concentración. La señal de la lámpara una vez que pasa por la flama llega a un monocromador, que tiene como finalidad el discriminar todas las señales que acompañan la línea de interés. Esta señal de radiación electromagnética llega a un detector o transductor y pasa a un amplificador y por último a un sistema de lectura. (pp. 9,10)

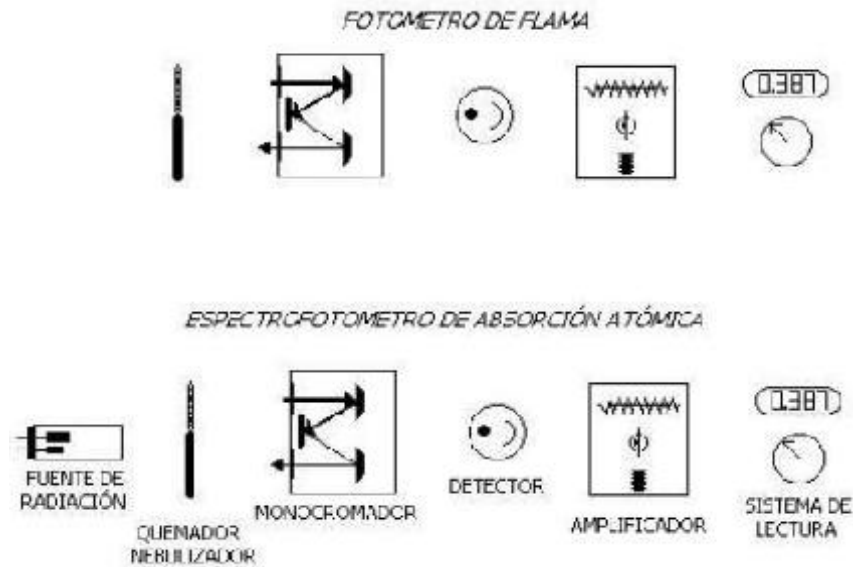


Figura 18. Componentes de un fotómetro de emisión de flama y absorción atómica



Figura 19. Equipo de absorción atómica

2.2.20.1. Niveles Cuánticos en Átomos

Para Castro (2000) en su libro *“Principios basicos de espectroscopia”* nos indica que:

como anteriormente se menciona los atomos de los diferentes elementos tienen bien definidas que corresponden a transiciones entre diferente niveles atomicos. Estas transiciones tienen anchos espectrales de decimas o hasta centesimas de nanometro. Cada elemento va responder a la excitación de una radiacion de longitus de onda muy especifica ya que solo este elemento absorbe o emite tal

tipo de radiación porque esta corresponde a la diferencia en energía entre dos niveles particulares de ese átomo

La idea de Alan Walsh, el creador de la espectroscopia de Absorción Atómica fue la siguiente: los átomos absorben y emiten la radiación de exactamente la misma frecuencia o longitud de onda, ya que absorben radiación al pasar de estado basal a un estado excitado y teóricamente emiten la misma frecuencia de radiación en el proceso inverso, por lo tanto si se tienen una fuente de excitación en donde el elemento excitado es el mismo que se va a analizar, la radiación emitida va a ser captada únicamente por el del elemento que es idéntico de la fuente luminosa. (p.12)

2.2.20.2. Lámpara de Cátodo Hueco

Respecto a las lámparas es un cilindro hueco cerrado vacío que permite su identificación de los átomos, por lo que para La Rosa (2015) en *“Análisis Químico de minerales en laboratorio de la Cia minera Huarón SAC”* afirma:

Este tipo de fuente de radiación es de las ampliamente difundidas en la EAA. Las lámparas de cátodo hueco (LCH O HCL) (Hollow cathode lamp) consisten de un cilindro de vidrio sellado al vacío y con un gas inerte en su interior. Dentro de este mismo cilindro se encuentran dos filamentos, en uno de ellos es el cátodo y el otro el ánodo. El ánodo generalmente es un alambre grueso hecho de níquel o tungsteno, el cátodo es en forma de un cilindro hueco, en el interior del cual se encuentra depositado en forma de una capa el elemento metálico que va a excitar. También regularmente y cuando esto es posible el cátodo está enteramente hecho del metal a analizar. (p. 14)

Tabla 4 Ganancia en el EAA

Símbolo Elemento	% Ganancia	EHT Voltios
Ag	26	231
Au	39	285
As	51	284
Fe	66	365
Pb	46	296
Zn	34	270
Cu	35	255
Sb	64	382
Bi	61	376

Nota: Las ganancias pueden variar

2.2.20.3. Programa Global Lims

Es el programa que utiliza la empresa Inspectorate para los trabajos de cálculo de resultados de las muestras en absorción y volumetría, creación de órdenes, toma de lotes, reporte de resultados, distribución de las muestras, secuencia de muestras, creación de CSV para Nexa entre otros.

Uno de los formatos más recurrentes del Global Lims es la creación de órdenes, todo lote que llega al Laboratorio Químico pasada de 3 muestras debe tener una orden, inicia desde la apertura de la orden, distribución de muestras y finaliza con la secuencia donde se le colocan controles entre ellas tenemos los patrones estándar, patrón del cliente, Bk, BPC, BPV, duplicados y replicados.

Una vez creadas las órdenes podemos enviarlas para la máquina de absorción atómica para así poder lecturar las muestras de cada lote que llega, guardia, DDH, comunes, lodos, despachos entre otros

Teniendo los resultados de la máquina de absorción y los resultados llegan al programa Spectra, son mandados al programa Global Lims para poder ser calculados y dar los resultados, estos resultados varían de acuerdo a las muestras, diluciones y si el resultado es en onzas, ppm y porcentajes.

Los resultados que envía el programa Global Lims puede ser en Excel, pdf o dar formato para CSV Nexa

Tabla 5 Resultados de reporte por Lims

PARA CARGAR AL SAP						
Elemento	Unidad	Cabeza	Conc. Cu	Conc. Pb	Conc. Zn	Relave
Ag	Oz/TM	0,56	10,27	54,60	0,87	0,16
Pb	%	0,26	1,02	70,31	0,07	0,04
Cu	%	0,47	26,75	1,01	0,36	0,06
Zn	%	2,98	3,15	1,67	58,36	0,15
Fe	%	28,45	29,41	4,77	5,15	27,03
Bi	%			0,17		
+m 70		6,7				
+m 200		7,9				
-m 200		54,5				
H2O	%	1,03				

Nota: Datos en amarillo relevantes en planta

2.3. Definiciones Conceptuales.

- a. **Agitar:** Revolver un líquido con cierta intensidad, para disolverlo o para mezclar sus componentes.
- b. **Bandejas:** Pieza plana o algo cóncava para servir, presentar o depositar cosas.
- c. **Chancado Primario:** Triturar, moler especialmente el mineral a una granulometría Aprox. ¼.
- d. **Chancado Secundario:** Triturar, moler especialmente el mineral a una granulometría de bajo malla # 10

- e. **Chancado:** Es la operación de fragmentación del mineral para obtener un producto dócil para el pulverizado.
- f. **Copela:** Pequeño crisol hecho con cenizas de huesos calcinados, para analizar y purificar los minerales de oro y plata.
- g. **Crisol:** Vaso fabricado con material refractario que se emplea para fundir metales.
- h. **Cuarteo:** Es la reducción del volumen de un mineral o concentrado a una cantidad requerida para los ensayos químicos.
- i. **Digestión:** transformación de sustancias moléculas en otras más sencillas.
- j. **Divisor tipo Cascada:** está diseñado para efectuar una división representativa de Forma manual de materiales secos, pulverizados o granulados.
- k. **Doré:** Mezcla impura y sin refinar de oro metálico y plata (aleación de plata y oro).
- l. **Escoria:** Masa vítrea de baja densidad resultante de los procesos de fusión y refinación de metales, que contiene la mayor parte de las impurezas de la materia prima.
- m. **Estandarización:** Preparación de una muestra referencial con contenido de cobre puro.
- n. **Filtrado:** Consiste en la extracción de la mayor cantidad de agua contenida en la muestra, utilizando los filtros a presión de aire.
- o. **Flujo:** Variable que representa el proceso, responsable del cambio de nivel.
- p. **Fundir:** Convertir una sustancia sólida en líquida por la acción del calor.
- q. **Homogenización:** Es la operación de mezclar uniformemente la muestra antes de cuartear.
- r. **Iperc:** herramienta de gestión, de obligatorio cumplimiento y auditable, que permite Identificar los Peligros y Evaluar los Riesgos asociados a los procesos y actividades de cualquier organización, así como determinar los controles a implementarse para evitar daños a la integridad y/o salud de nuestros trabajadores.

- s. **Monitorear:** Se le define con el proceso de vigilar, controlar, revisar, verificar, inspeccionar frecuentemente un determinado fenómeno.
- t. **Muestra Representativa:** Es aquella muestra que representa las características generales del total de la muestra.
- u. **Preparacion de Muestras:** Los procedimientos correctos de muestreo y preparación producirán una submuestra homogénea que es representativa de la muestra total presentada al laboratorio, haciendo posible la obtención de datos.
- v. **Muestreo:** Es la toma de varios incrementos o fragmentos de una porción de muestra tomados de un punto específico
- w. **Muestrero:** Personal encargado de realizar la toma de muestra sistemáticamente.
- x. **Pulverizado:** Es la liberación óptima de las partículas de la muestra que permite el ataque rápido y completo durante el análisis químico.
- y. **Pulverizar:** Transformación en polvo una muestra de mineral a una granulometría de 95% bajo malla # 140.
- z. **QA/QC:** Aseguramiento y control de calidad (Quality Assurance/Quality Control)
- aa. **Rechazo de Muestra:** Resto producido al preparar una muestra.
- bb. **Régulo:** Parte metálica constituida por plomo, el cual colecta los metales de interés (Plata y Oro)
- cc. **Secado:** Consiste en la eliminación del agua contenida en la muestra, utilizando una estufa.
- dd. **Estándar:** un estándar es una preparación que contiene una concentración conocida de un elemento específico o sustancia. Un estándar simple será la dilución del elemento o sustancia en un disolvente neutro

- ee. **Titulación:** La titulación es un método en el cual se agrega un volumen de solución estandarizada a una solución desconocida, para determinar el título de algún componente de la solución desconocida.
- ff. **Volumetría:** Proceso de medición de la capacidad de combinación de una sustancia, por medio de la medición cuantitativa del volumen necesario para reaccionar estequiométricamente con otra sustancia.

CAPITULO III

METODOLOGÍA

3.1. Ubicación del Estudio.

Empresa Minera NEXA – Unidad minera Cerro Lindo se encuentra ubicada en el distrito de Chavín, provincia de Chincha, departamento de Ica.

Al SE de la capital de Lima, a una altitud de 1820 metros sobre el nivel del mar.

Como datos geográficos de ubicación se puede citar los siguientes:

Departamento: Ica

Provincia: Chincha

Distrito: Chavin

Altitud: 1820 a 2200 msnm

3.2. Tipo de investigación.

Para Hernández, Fernández, & Baptista (1997) se realizó una investigación correlacional aplicada y tecnológica, ya que es una descripción de secuencias de los métodos y procedimientos para el análisis de los de acuerdo, a los objetivos de la investigación.

Teniendo en cuenta los objetivos de la investigación y la naturaleza del problema planteado, para el desarrollo del presente estudio también se empleó una investigación aplicada, porque permite responder a los problemas de acuerdo a la caracterización sobre la optimización de los procedimientos en el laboratorio.

3.3. Diseño de la Investigación.

El diseño empleado en la presente investigación es el de carácter Causa – Efecto, metodología que permite establecer la relación existente entre la aplicación de la variable independiente en el proceso y el resultado obtenido, considerando como variable dependiente teniendo en cuenta

para ello el problema principal planteado y que será desarrollado dentro del contexto de la investigación como experimental.

Para cumplir con la metodología, diseño y tipo de investigación al control de las pruebas experimentales se llevó a cabo mediante una observación controlada de las variables independientes y de aquellos que intervinieron circunstancialmente y que han afectado o favorecido en los resultados de la variable dependiente, de la siguiente manera:

Muestreo de una cantidad determinada en planta metalurgia del ingreso de las muestras a los molinos, necesariamente en la entrada de los molinos.

Después se hizo el homogenizado, este proceso se realizó en varias ocasiones por la cantidad de muestras traídas y se realizó el cuarteo o reducción de la misma.

Posteriormente se hizo el secado de las muestras a una temperatura de 105 °C en los hornos de secado de las salas de preparación de muestras.

Se realizó todo el proceso de preparación de muestras, desde chancado primario, chancado secundario, chancado RockLabs. Y finalmente el pulverizado hasta tener una muestra de 200g Finalmente se realizó pesado, digestión, disolución y lectura de las muestras para poder determinar los valores de cada muestra.

3.4. Operacionalización de variables.

Tabla 6: Operacionalización de Variables en estudio.

Variable	Concepto	Dimensión	Indicador
Independiente			
Procedimientos y análisis	Secuencia de marchas para la preparación de muestras, ataque químico, titulación, lectura de muestras.	Control	- Estandarizar procedimientos. - Parámetros
Dependiente			
Muestras geológicas y de planta	Es la una parte de la población muestral que involucra al universo, que se extraen con fines de realizar pruebas de análisis químico para ver la presencia de los elementos.	Método	Volumetría. Espectrofotómetro - Absorción Atómica
Intervinientes.			
Invariantes	Son aquellas condiciones que no se modifica en el proceso de estudio	Procedimientos	- Pulverización. - Ataque químico. - Tiempo ataque. - pH.

3.5. Población y muestra.

3.5.1. Población.

Estará constituido por todos los métodos aplicados en el proceso de preparación de muestras de minerales de las diferentes empresas, grandes y pequeñas.

3.5.2. Muestra.

La muestra para el trabajo de investigación está constituida por los procedimientos establecidos, por la empresa Inspectorate.

3.5.3. Tamaño de muestra.

El tamaño de muestra consta del laboratorio de que sirve servicio a la unidad Cerro Lindo.

3.6. Técnica de recolección y procesamiento de datos.

3.6.1. Análisis de documentos.

La información se recopilará de una fuente primaria respecto a los procedimientos y métodos para detallar las marchas y procedimiento. Respecto a la información para darle validez se obtendrá de las bibliografías que son fuentes secundarias.

3.6.2. Análisis de datos.

Esta técnica nos permite contrastar datos de los reportes obtenidos del laboratorio, para el desarrollo de la investigación, especialmente en la discusión de resultados.

3.6.3. Observación Directa.

Mediante esta técnica se podrá analizar y estudiar los diversos documentos que contiene información sobre el tema de investigación.

3.6.4. Observación no experimental.

Con esta técnica será posible conocer la forma como se desarrollan las actividades en el desarrollo para construir los métodos y procedimientos el fin de procesar posteriormente.

3.6.5. Instrumentos.

- a. Ficha de observación.
- b. Lista de cotejo.
- c. Escalas libreta de notas.
- d. Filmadora, cámara fotográfica y grabadora.

3.7. Técnica de procesamiento de datos y análisis de datos

Para el procesamiento de datos de la investigación se realizó haciendo uso de software Excel, Global Lims, Espectra, SAP. Se aplicó en los cálculos del análisis granulométrico, pesado de muestras, digestión de las muestras, lectura de muestras y resultado de datos de las muestras a reportar, los resultados se dan por vía instrumental y vía volumétrica.

CAPITULO IV

DESCRIPCION DE RESULTADOS

4.1. INTRODUCCION

Los procesos que se dan a conocer en este informe de experiencia profesional se desarrollaron en el laboratorio quimimico en la compañía minera MILPO, proyecto minero CERRO LINDO. concesion por INSPECTORATE S.A.C.

Debemos de recordar que la dependencia a la que pertenece laboratorio quimico es a geologia y laboratorio metalurgico es Planta Metalurgica

INSPECTORATE S.A.C. empresa especializada en resultados en laboratorio quimico dedicado al sector minero brinda resultados a la empresa MILPO de sus muestras GEOLOGIA (DDH, COMUNES, LODOS, entre otros), PLANTA (GUARDIA, PUNTUALES y METALURGIA) y DESPACHO PLANTA (concentrados).

Las muestras realizadas diariamente en CERRO LINDO tienen procesos y metodos especificados en los PETS que se realizan diariamente, teniendo en cuenta un IPERC de trabajo diario, otra tarea o rutina se realiza con el conocimiento de la supervision a cargo.

Laboratorio Quimico en su totalidad debe de cumplir una meta basica mensual de muestras tratadas y trabajadas para GEOLOGIA (4500 muestrtras) y PLANTA METALURGICA(2500 muetras) las cuales se dividen diariamente en un aproximado de 200 muestras entre Geologia y Planta, el personal completo de Laboratorio es de 15 empleados, 5 por guardia, en cada guardia un jefe de laborartorio, un supervisor de seguridad, un analista y dos preparadores de muestras.

Los trabajos realizados son diarios en dos turnos (dia y noche), con una guardia semanal de descanso (sistema 14x7)

4.2. Muestreo y Preparación de Muestras de Planta Concentradora

a. Objetivo

Establecer un procedimiento para el muestreo y preparación de muestras solidas de Planta Concentradora para análisis químico desde la recepción o toma de las muestras hasta el etiquetado de las muestras, considerando básicamente la seguridad y salud del personal, material y equipos, así como la protección al medio ambiente y asegurar la calidad y representatividad de las muestras.

b. Alcance

Este Procedimiento es aplicable durante la preparación de las muestras por guardia o especiales del proceso de flotación de la Planta Concentradora.

c. Responsabilidad

El jefe de laboratorio, el asistente de laboratorio químico y el supervisor son los responsables de implementar, mantener y hacer cumplir el presente procedimiento.

El Preparador de Muestras es responsable de realizar las labores de muestreo en planta concentradora siguiendo los lineamientos establecidos en el presente procedimiento.

d. Equipos y Materiales

- Bandejas de acero inoxidable para la recepción de la muestra.
- Baldes de 10 litros con Tapa para recepción de la muestra cuarteada.
- Espátulas en acero inoxidable o metal.
- Bolsas plásticas nuevas en diferentes medidas
- Lonas para cada tipo de concentrado.

- Cortadores de rifle
- Horno de secado Marca Nacional
- Pulverizador de anillos
- Balanza de precisión Mettler Toledo
- Rodillos
- Papel Kraft
- Cabezales de molienda
- Brocha de limpieza
- Sílice
- Trapo industrial
- Equipo RO TAP y tamices
- Divisor de pulpa

e. **Registros**

Los registros usados en toda la etapa de preparación de muestras, son los siguientes:

- Control Granulométrico de Chancado secundario
- Control Granulométrico de Pulverizado de Muestras
- Determinación de Humedades y Granulometría Planta Concentradora

f. **Controles**

- Clasificación, manipulación, evacuación y disposición de residuos.
- Identificación de los Aspectos Ambientales Significativos
- IPERC continuo
- Secado de muestras
- Filtrado de muestras
- Chancado de muestras

- Cuarteado y homogenizado
- Pulverizado de muestras
- Habla Fácil

4.2.1. Muestreo y Preparacion de Muestras Sólidas de Planta.

Las muestras de cabeza 1 se realizan de forma manual y cabeza 2 es obtenidas mediante cuarteadores automáticos, las cuales cortan cada 45 minutos y son depositadas en un balde.

El muestreo de turno sube cada dos horas a Planta Concentradora, realiza su corte manual de 3 a 4 Kg en la cabeza 1, luego se procede realizar un cuarteo la cual una parte de la muestra (1.5 a 2 kg) será para la determinación de humedad, la otra parte será acumulada para la determinación de ley en la cabeza. El muestreo de turno sube cada dos horas en la cabeza 2; se aplica mediante el muestreado automático acumulando en un balde con muestra. Se retira el balde y se realiza el cuarteo mediante el cuarteador de rifle hasta la reducción de 3 a 4Kg de muestra luego se procede realizar un cuarteo la cual una parte de la muestra (1.5 a 2 kg) será para la determinación de humedad, la otra parte será acumulada para la determinación de ley en la cabeza.

Tabla 7 Horarios de muestreo en planta

Muestreo	Horario de muestreo
Primer Ana / Hum	8:00 am/pm
Segundo Ana / Hum	10:00 am/pm
Tercer Ana / Hum	12:00 am/pm
Cuarto Ana / Hum	2:00 am/pm
Quinto Análisis	4:00 am/pm

Nota: Los horarios pueden variar.

Esta operación se realiza cada dos horas, las muestras para determinación de humedad son vaciadas a una bolsa de polietileno y sellada o amarrada para evitar pérdida de humedad durante el traslado al laboratorio químico.

En dicha sala se pesa el total de la muestra obtenida durante la guardia para la determinación de humedad de cabeza, se registra el peso húmedo en el Registro de Determinación de Humedades y Granulometría Planta Concentradora FO-007, después se coloca en la estufa para su secado.

Luego del secado, se pesa nuevamente, se registra el peso seco y se determina el porcentaje de humedad. La muestra obtenida para análisis químico es vaciada en su totalidad a una bandeja metálica para su posterior secado

Se coloca la muestra a la estufa de secado a una temperatura de $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ durante 2 a 3 horas, el tiempo de secado depende del porcentaje de humedad de la muestra. La muestra ya seca es retirada de la estufa de secado y enfriada para proceder al chancado del mismo.

Antes de iniciar el chancado de la muestra, se verifica el normal funcionamiento de la chancadora y se realiza el limpiado de las quijadas mediante aire a presión, para luego lavar las quijadas usando sílice gruesa, lo cual será desechado.

Para asegurar que el tamaño de muestra obtenida en esta etapa es el adecuado se realiza la prueba de granulometría o control granulométrico utilizando el tamiz correspondiente. En pruebas granulométricas las muestras deben alcanzar un porcentaje pasante igual o mayor del 85% a malla 10. El número de controles se podrá incrementar de acuerdo a las necesidades.

El control granulométrico es registrado en el formato Control Granulométrico de Chancado secundario con homogeneizador y cuarteador automático RockLabs.

Posteriormente la muestra es reducida de 150 a 200gr en la chancadora secundaria con cuarteador automático previamente regulado. Según instrucción del cliente.

Antes de iniciar el pulverizado de la muestra, se realiza el soplado de la olla de pulverizado con aire y sílice.

Se pulveriza la muestra con el pulverizador de anillos durante 60 a 120 segundos. Para luego se homogenizado en una lona o papel Kraf previamente identificado se deposita en bolsa de polietileno y es llevado al área de Análisis químico. Las muestras deben alcanzar un porcentaje pasante igual o mayor o igual 95% a malla 140. El control granulométrico es registrado en el formato FGEO-007-1 Control Granulométrico de Pulverizado de Muestras.

Tabla 8 Resultados de Mallas del hidrociclón

MALLAS	PESO	%
+m 50	40,8	13,66
+m70	20,1	6,73
+m 100	44,5	14,90
+m 140	39,5	13,23
+m 200	23,5	7,87
-m 200		56.39
PESO	298,6	

Nota: la -m200 no debe bajar del 50%

4.2.2. Muestreo y Preparación de Muestras en Pulpa de Planta

La toma de las muestras de: conc Pb, conc Zn, conc Cu, relave Zn, son muestreados por muestreadores automáticos, cuyo volumen concentrado es: ZN de 6L a 8L, CU de 4L a 6L, Pb de 3L a 5 L y Relave de 4 a 6L; este volumen va depender del porcentaje de ley en la cabeza. En caso de las muestras especiales tales como Ok-30 y M-bulk, etc. son muestreados

manualmente cada tres horas. Que son entregadas cada termino de guardia al preparador de muestras.

Los recipientes que se utilizan para las muestras de pulpa o liquidas deben contar cada una con su tapa respectiva y deben estar previamente identificadas. Luego, de terminada la guardia el muestrero sube a Planta Concentradora y recoge los baldes, para luego ser trasladados al área de preparación de muestras de Planta. Cada muestra es filtrada en su respectivo filtro a presión previamente lavada.

Terminado el filtrado, el preparador de muestras obtiene una torta, la cual es vaciada a una bandeja metálica con papel Kraff, para luego ser introducida a la estufa para su secado; el tiempo de secado será de 2.5 a 3.5 horas. Una vez secado se deja enfriar la muestra, y se descarga en una lona, se pasa a través de ella un rodillo para eliminar los grumos que se forma. Homogenizar correctamente la muestra y proceder a cuartear tantas veces como sea necesario hasta obtener un peso de 150 a 200 gr. aprox.

Se pulveriza en el pulverizador de anillos por un tiempo de 30 segundos para (Conc. Cu, y Conc. Zn). En caso de Conc. Pb 20 segundos, luego la muestra se homogeniza nuevamente y es vaciada en una bolsa de polietileno para análisis químico.

Para asegurar que el tamaño de muestra obtenido en esta etapa es adecuado se realiza el tamiz correspondiente. Las muestras deben alcanzar un porcentaje pasante igual o mayor del 95% malla 140. El control granulométrico es registrado en el formato FGEO-007-Control granulométrico de Pulverizado de Muestras.



Figura 20. Planta Concentradora

4.2.3. Cuidados en el Área de Trabajo

a. En el filtrado

- Los recipientes de los filtros y sus respectivas tapas deben estar totalmente limpias para evitar contaminación.
- Deben descargar totalmente la pulpa contenida en los baldes al filtro para evitar pérdidas de los finos o gruesos que van a alterar los resultados.

b. En el secado

El tiempo de secado debe estar en función de: cantidad de muestra, temperatura de la plancha de secado y de la cantidad de agua contenida en el queque. Para ello debe retirarse la muestra de la estufa cada cierto intervalo de tiempo y moverla con una espátula.

Cada bandeja de las muestras debe ser cubierta con sus respectivas tapas de papel kraf en forma obligatoria. y evitar no originar salpicaduras, derrames, mezclado y contacto entre muestras. Cada bandeja que contiene la muestra debe estar correctamente identificada.

c. En el cuarteo

- El mezclado y el cuarteo deben realizarse tantas veces como sea necesario hasta obtener el peso de la muestra requerido.
- Las lonas donde se realiza en cuarteo deben encontrarse limpias, para ello sería necesario lavarlas después de ser utilizadas.
- Cada producto debe tener su lona claramente identificada.
- Para cada producto diferente debe utilizarse espátulas diferentes, para evitar posible contaminación.

d. En el chancado y pulverizado

- Deben utilizarse correctamente los equipos respectivos para cada tipo de muestra: Anillos, Espátulas, Recipiente.
- Se debe chequear el estado de los anillos.
- Antes de utilizar la chancadora y el pulverizador se debe soplar con aire obligatoriamente, para evitar cualquier contaminación con residuos de la muestra anterior.

e. En el etiquetado

- Las bolsas que contienen las muestras deben estar correctamente identificadas.
- Se deben doblar la boca de las bolsas que contienen las muestras a manera de sello para evitar posibles contaminaciones durante el traslado en el Laboratorio Químico.

4.2.4. Determinación de Análisis Granulométrico de Muestras de Planta

a. Objetivo

Establecer un procedimiento para determinación de los análisis granulométricos de muestras del Over Flow, considerando básicamente la seguridad y salud del personal, material y equipos, así como la protección al medio ambiente y asegurar la calidad y representatividad de las muestras.

b. Alcance

Este Procedimiento es aplicable durante la determinación de los análisis granulométricos de muestras del Over Flow.

c. Responsabilidad

El Jefe de laboratorio, el asistente de laboratorio químico y el supervisor son los responsables de implementar, mantener y hacer cumplir el presente procedimiento.

El Preparador de Muestras es responsable de realizar las labores de muestreo en planta concentradora siguiendo los lineamientos establecidos en el presente procedimiento.

d. Equipos y materiales

- Bandejas de acero inoxidable para la recepción de la muestra.
- Baldes de 10 litros con Tapa para recepción de la muestra
- Espátulas en acero inoxidable o metal.
- Bolsas plásticas nuevas en diferentes medidas
- Lonas para homogenizado.
- Horno de secado Marca Nacional

- Balanza de precisión Mettler Toledo
- Rodillos
- Papel Kraft
- Brocha de limpieza
- Trapo industrial
- Malla 70 y malla 200

e. Registros

Los registros usados en toda la etapa de preparación de muestras, son los siguientes:

FO-007 Determinación de Humedades y Granulometría Planta Concentradora.

f. Controles

- Clasificación, manipulación, evacuación y disposición de residuos.
- Identificación de los Aspectos Ambientales Significativos
- Habla Fácil
- IPERC continuo
- Secado de muestras
- Cuarteado y homogenizado

4.2.5. Determinación de los análisis granulométricos muestras del Over Flow

El muestrero realizara la toma de la muestra en los flujos de descarga del Over Flow 1 y 2, la cual se realiza mediante muestreo automático con un cortador de flujos a pistones.

Al final de la guardia se traslada la muestra colectada en baldes al área de preparación de muestras de planta concentradora.

Filtrar la muestra colectada en su totalidad en un filtro prensa, Colocar la muestra a filtrar en el cilindro del filtro prensa, colocar la tapa del filtro y la manguera de alimentación de aire. Abrir lentamente la válvula de aire a presión, si hubiera algún escape de aire, cerrar la válvula de aire y volver a colocar nuevamente la tapa del filtro a presión; si ya no hubiera ningún escape de aire, abrir la válvula de aire lentamente hasta alcanzar los 60psi de presión. Llevar la torta obtenida a la estufa de secado previamente identificada.

La muestra se envía para el secado a la estufa con rango de temperatura a $105\text{ C} \pm 5\text{ C}$, por un tiempo de 04 horas o hasta lograr pesos secos constantes. Una vez seca la muestra, dejar enfriar.

Vaciar la muestra en una lona de jebe, con el fin de proceder a desmenuzar mediante el uso de un rodillo metálico y luego homogenizar la muestra. La muestra ya homogenizada, proceder a cuartear hasta la obtención de un peso aprox. De 300gr, esto se realiza mediante cuarteos sucesivos hasta obtener la muestra deseada. Pesar la muestra obtenida en el cuarteo y registrar el peso en Registro de Determinación de Humedades y Granulometría Planta Concentradora FO-007.

Verter la muestra en un tamiz malla 200 ASTM y deslamar con chorros de agua sobre la muestra. Es decir, realizar el tamizado húmedo al 100%. Terminado el deslamado, verter la muestra a una bandeja metálica con papel Kraff con ayuda de una piceta.

La muestra es colocada en una estufa de secado a una temperatura de 105 grados centígrados por dos horas. La muestra seca se retira de la estufa de secado y se deja enfriar. Verter la muestra en el nido de mallas (70 y 200), usando para ello brochas, con la finalidad de vaciar todo el contenido de muestra en el tamiz.

Colocar el nido de mallas en el Rop Tap por un tiempo de 10 a 15 minutos aprox. Pesar las muestras retenidas de las mallas 70 y 200. Registrar los pesos en el Registro de Determinación de Humedades y Granulometría. FO-007

4.3. Muestreo y Preparación de Lotes de Concentrados

a. Objetivo

Establecer un procedimiento para el muestreo y la preparación de muestras de Lotes de Concentrados para análisis químico desde la recepción o toma de muestras hasta el etiquetado del mismo, considerando básicamente la seguridad y salud del personal, material y equipos, así como la protección al medio ambiente y asegurar la calidad y representatividad de las muestras.

b. Alcance

Este Procedimiento es aplicable durante el muestreo y la preparación de muestras de lotes de concentrados

c. Responsabilidad

El jefe de laboratorio, el asistente de laboratorio químico y el supervisor son los responsables de implementar, mantener y hacer cumplir el presente procedimiento.

El Muestrero de Despachos de Concentrados es responsable de realizar las labores de muestreo en los despachos de concentrados siguiendo los lineamientos establecidos en el presente procedimiento.

d. Equipos y Materiales

- Muestrador tipo pluma (sonda de muestreo manual) en acero inoxidable ASTM A-240 Calidad SS-304 acabado en mate 2B con tubo de 1-7/8" diámetro x 1.10
- Bandejas de acero inoxidable para la recepción de la muestra.
- Baldes de 10 litros con Tapa para recepción de la muestra cuarteada.
- Espátulas en acero inoxidable o metal.
- Cuchara JIS para cuarteo

- Bolsas plásticas nuevas en diferentes medidas
- Lonas para cada tipo de concentrado.
- Horno de secado Marca Nacional
- Pulverizador de anillos
- Balanza de precisión Mettler Toledo
- Rodillos
- Papel Kraft
- Brocha de limpieza
- Sílice
- Trapo industrial

e. **Registros**

Los registros usados en toda la etapa de preparación de muestras, son los siguientes:

- FGEO-007 Control Granulométrico de Pulverizado de Muestras
- FO-006 Rev. 01-06 Registro Control de Humedades

f. **Controles**

- Clasificación, manipulación, evacuación y disposición de residuos.
- Identificación de los Aspectos Ambientales Significativos
- IPERC CONTINUO
- Secado de muestras
- Cuarteado y homogenizado
- Pulverizado de muestras
- Habla Fácil

4.3.1. Codificación para el despacho

El muestrero realiza la codificación de las muestras teniendo en cuenta el: tipo de concentrado, el número de carros y Placas del Tractor del Vehículo.

El muestrero dispondrá de los materiales como baldes, bolsas de polietileno previsto para la extracción de concentrados antes de iniciar los respectivos despachos.

4.3.2. Toma de muestra de concentrados

Las muestras son extraídas del área de despacho de concentrados, el muestrero deberá introducir la pluma (muestreador manual) dentro de cada cuchara del cargador frontal con la siguiente relación;

Por cada cuchara del cargador frontal al vehículo, el muestrero debe introducir la sonda y tomar la muestra (con un incremento de 3 a 5 sondeada por cuchara); esto se realiza para los concentrados de Cu, Pb y Zn. Cada camión es llenado por un promedio de 4 cucharas del cargador frontal.

La cantidad de muestras total de muestra a tomar por despacho de cada camión debe ser como mínimo de 16 Kg, las muestras son depositadas a un balde y vaciado a la mesa de trabajo, luego de realizar el muestreo por camión.

4.3.3. Preparación de muestras

En el cuarteo de concentrados, la técnica a aplicar es la toma por incrementos, cuarteo en húmedo. El muestrero tiende su lona correspondiente de acuerdo al tipo de Concentrado de 100 x 100 cm en el carrito metálico. Posteriormente se echa la muestra recolectada. Se procede a desmenuzar los grumos con una espátula o paleta.

Homogenizar la muestra colectada con una espátula mezclando y realizando el manteado de la muestra, para asegurar la buena distribución de la humedad en todo el producto colectado. Realizar esta operación lo más rápido posible para evitar pérdida de humedad.

Extender la muestra con la espátula a un nivel plano en la mesa de trabajo sobre lonas identificadas para cada concentrado.

Proceder a cuartear la muestra por la técnica del cuarteo por cuadrículas toma de incrementos: consiste en cuartear o dividir la extensión de la muestra colectada en cuadrados tomando alternadamente unos (cuadrados blancos) y desechar otros (cuadrados negros), tal como se indica en la figura, realizar esta operación sucesivamente hasta reducir el volumen de muestra hasta 1 a 1.5 kilos de concentrado.

Luego de reducir la muestra hasta 1 a 1.5 kilos es embolsada y amarrada y se traslada al laboratorio Químico.

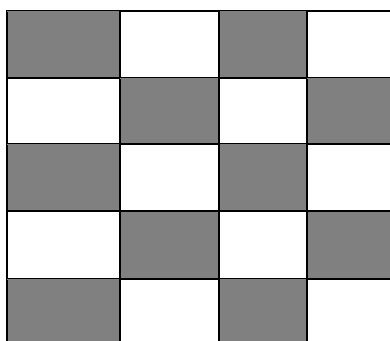


Figura 21. Extendido y cuarteo en cuadrículas

Se limpia los restos adheridos de muestra sobre la lona, dejándola limpia. Las muestras sobrantes o de rechazo se devuelven a la ruma correspondiente.

4.3.4. cuarteo y homogenizado

Después de realizar el % H se ordena las muestras para realizar la siguiente etapa:

- Homogenizado: Se ubica la lona correspondiente, se vierte la muestra y se pasa el rodillo para desmenuzar los grumos y luego se homogeniza.

- Cuarteo: De la muestra homogenizada proceder a cuartear la muestra por la técnica del cuarteo en cruz hasta reducir el volumen de muestra hasta 150 a 200 gr. aprox.

4.3.5. pulverizado

Colocar la muestra uniforme y repartida entre los anillos del pulverizador por un tiempo de 30 segundos para (Conc. Cu, y Conc. Zn). En caso de Conc Pb 20 segundos. Realizar verificación de granulometría de muestras pasante mayor igual a 95% malla 140. Formato pegeoope-7.6

4.3.6. Etiquetado y embolsado

La muestra ya pulverizada será llenada en bolsa de plásticos previamente identificados, una para análisis químico. En las codificaciones se deben incluir el elemento, fecha de procesamiento o muestreo y tipo de elemento.

Tabla 9 Humedad de despachos

PLACAS DEL	TIPO DE	TARA	PESO	PESO	
VEHICULO	MUESTRA		HUMEDO	SECO	
F8V-829	PB-01	320,30	830,40	796,30	6,68
		319,20	797,00	765,30	6,63
ADK-768	PB-03	321,30	826,50	795,50	6,14
		323,00	897,00	861,70	6,15
F8V-832	CU-01	321,70	912,40	860,70	8,75
		318,60	883,60	834,50	8,69

4.4. Determinación del Porcentaje de Humedades

a. Objetivo

Establecer un procedimiento para la determinación de porcentaje de humedad de las muestras, considerando básicamente la seguridad y salud del personal, material y equipos, así como la protección al medio ambiente y asegurar la calidad y representatividad de las muestras.

b. Alcance

Este Procedimiento es aplicable para la determinación de humedades de muestras

c. Responsabilidad

El Jefe de laboratorio, el asistente de laboratorio químico y el supervisor son los responsables de implementar, mantener y hacer cumplir el presente procedimiento.

El Muestrero de Despachos de Concentrados es responsable de realizar las labores de muestreo en los despachos de concentrados siguiendo los lineamientos establecidos en el presente procedimiento.

d. Equipos y Materiales

- Bandejas de acero inoxidable para la recepción de la muestra.
- Baldes de 20 litros con Tapa para recepción de la muestra
- Espátulas en acero inoxidable o metal.
- Bolsas plásticas nuevas en diferentes medidas
- Lonas para homogenizado.
- Horno de secado Marca Nacional
- Balanza de precisión Mettler Toledo
- Rodillos

- Papel Kraft
- Brocha de limpieza
- Trapo industrial
- Malla mayor o igual 95 y malla 140

e. Registros

Los registros usados en toda la etapa de preparación de muestras, son los siguientes:

- FGEO-007 Control Granulométrico de Pulverizado de Muestras
- FO-006 Rev. 01-06 Registro Control de Humedades

f. Controles

- Clasificación, manipulación, evacuación y disposición de residuos.
- Identificación de los Aspectos Ambientales Significativos
- IPERC CONTINUO
- Secado de muestras
- Cuarteado y homogenizado
- Pulverizado de muestras
- Habla Fácil

4.4.1. Determinación de % humedad de las muestras para despacho de concentrados

Una vez terminado el muestreo en despachos y las muestras recepcionadas en el área de preparación de muestras de planta, son verificadas por el preparador por tipo de muestras, numero de codificación y placa de tracto, se colocan en orden, para la determinación de % de humedad se procede de la siguiente forma:

4.4.2. Pesaje de la muestra humedad

Con la muestra contenida ya en la bandeja, se anota el tipo de muestra y el peso correspondiente en el Registro de determinación de humedades PELABMM-7.5.

Las bandejas de peso húmedo se tienen codificados y con taras actualizadas cada tres meses, con una hoja de papel Kraft por muestra y muestras por duplicado, para finalmente poder ingresar a las estufas de secado.

4.4.3. Secado de la muestra y pesado final

Antes de colocar las muestras en la estufa se realiza la verificación de temperatura que indica la termocupla, luego las bandejas contenidas con muestras son ubicadas en los niveles del equipo por un tiempo de 3 a 4 horas aproximadamente, a una temperatura de 105°C +- 5°C.

Luego las muestras ya secas son retiradas de la estufa de secado, se deja enfriar las muestras a temperatura ambiente, y se llevan a pesar, registrándose el Peso en seco en el Registro de determinación de humedades pelabmm-7,5.

Determinación de porcentaje de humedad: Se determina de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\% \text{ H}_2\text{O} = \frac{(\text{Peso húmedo} - \text{Peso seco})}{\text{Peso húmedo}} \cdot 100$$

4.5. Preparación de Muestras Geoquímicas

a. Objetivo

Establecer un procedimiento para la preparación de muestras de mina o geología, para análisis químico desde la recepción de la muestra hasta el etiquetado de las muestras, considerando básicamente la seguridad y salud del personal, material y equipos como la protección al medio ambiente y asegurar la calidad y representatividad de las muestras.

b. Alcance

Este Procedimiento es aplicable durante la preparación de las muestras enviadas por el área de geología y mina.

c. Responsabilidad

El Jefe de Laboratorio Químico, el asistente y el supervisor son los responsables de implementar, mantener y supervisar del cumplimiento del presente procedimiento y de verificar las labores de preparación de muestras realizadas por los Preparadores de Muestras.

El Preparador de Muestras es responsable de realizar las labores de preparación de Muestras de Geología siguiendo los lineamientos establecidos en el presente procedimiento.

d. Equipos y Materiales

- Chancadora de quijadas
- Chancadora ROCK LAB
- Bandejas de acero inoxidable para la recepción de la muestra.
- Bolsas plásticas nuevas en diferentes medidas
- Lonas para homogenizado de muestras.
- Cortadores de rifle
- Horno de secado
- Pulverizador de anillos
- Rodillos
- Papel Kraft
- Brocha de limpieza
- Sílice
- Trapo industrial

e. Registros

Los registros usados en toda la etapa de preparación de muestras, son los siguientes:

- Formato de Almacenamiento de Muestras
- Control Granulométrico de Chancado de muestras
- Control Granulométrico de Pulverizado de muestras

f. Controles

- Clasificación, manipulación, evacuación y disposición de residuos.
- Identificación de Aspectos Ambientales Significativos
- Habla Fácil
- IPERC continuo
- Secado de muestras
- Chancado de muestras
- Cuarteado y homogenizado
- Pulverizado de muestras

4.5.1. Recepción de Muestras

Una vez recibido las muestras, se verifican las muestras, y son registradas en el formato F-TSMM-CL-123 Formato de muestras, indicando la fecha de recepción de muestras, la cantidad de muestras recibidas, la procedencia de las muestras (mina o diamantina), lugar de almacenamiento, persona que recibe y algunas observaciones.

En cada etapa del proceso se revisa la codificación establecida para cada muestra, verificándose que sigue un orden ascendente y consecutivo. Luego las muestras son ordenadas y colocadas en las bandejas numeradas previamente lavadas y secadas por el turno anterior, manteniendo el orden inicial para ser posteriormente ingresadas dentro del Horno.

4.5.2. Secado.

La muestra ordenada es ingresada, en bandejas de acero, a la estufa de secado. La temperatura de secado es de $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$. El tiempo de secado de muestras DDH varía de 1 a 2 horas con un peso de 3.5 a 6.5kg de muestra, dependiendo principalmente del tipo de muestra y humedad. El tiempo de secado de muestras COMUNES varía de 2 a 3 horas con un peso de 4 a 7kg de muestra, dependiendo principalmente del tipo de muestra y humedad.

El tiempo de secado de muestras LODOS varía de 8 a 10 horas con un peso de 6 a 9kg de muestra, dependiendo principalmente del tipo de muestra y humedad. Posteriormente se procede a retirar la muestra del horno y enfriarla a condiciones normales, durante 15 minutos aproximadamente.

4.5.3. Proceso de Chancado

El procedimiento de limpieza de las mandíbulas entre muestra y muestra, es realizada mediante aire comprimido y cada diez muestras con cuarzo estéril.

4.5.3.1. Chancado Primario

El proceso de chancado primario, es la primera etapa de la reducción de tamaño de la muestra, para este fin contamos una chancadora de quijada, previo al chancado de las muestras se realiza la limpieza de las mandíbulas por medio de cuarzo estéril.

Para garantizar la preparación de muestras libre de contaminación la inserción de blancos antes de iniciar el chancado del lote y al 3% antes de finalizar el lote restante, asimismo se insertarán blancos de acuerdo al criterio del supervisor.

Las muestras deben alcanzar una reducción de aproximadamente $\frac{1}{4}$ ". El número de controles se podrá incrementar de acuerdo a las necesidades. El procedimiento de limpieza de

las mandíbulas es cada diez muestras mediante cuarzo estéril (el cual será desechado), y entre muestra y muestra con aire comprimido.

4.5.3.2. Chancado secundario

La muestra proveniente del chancado primario recudido 1/4” aproximado pasará por la chancadora secundaria con homogeneizador y cuarteador automático marca ROCK LABS, previo al chancado de las muestras se realiza la limpieza de las quijadas por medio de cuarzo estéril la cual será desechada.

Para garantizar la preparación de muestras libre de contaminación la inserción de blancos se realizará antes de iniciar el chancado del lote y al 3% antes de finalizar el lote restante, asimismo se insertarán blancos de acuerdo al criterio del supervisor, siguiendo el mismo patrón del chancado primario. Para asegurar que el tamaño de muestra obtenido en esta etapa es el adecuado se realiza la prueba de granulometría o control granulométrico utilizando el tamiz correspondiente.

Dicho control granulométrico se realiza a la primera muestra y al 3% antes de finalizar el lote restante, pues debido al uso las quijadas se pueden desajustar, pero este porcentaje puede variar de acuerdo a las instrucciones del cliente. En pruebas granulométricas las muestras deben alcanzar un porcentaje pasante igual o mayor del 85% a malla 10. El número de controles se podrá incrementar de acuerdo a las necesidades.

El control granulométrico es registrado en el formato PGEOOPE-7.6 Control Granulométrico en el Chancado de Muestras. El procedimiento de limpieza de las quijadas es cada diez muestras con cuarzo estéril y de muestra a muestra con aire comprimido en quijadas y todo el sistema del equipo ROCK LAB, la cantidad de muestra en la etapa final del chancado es de 150 a 200 gr según instrucción del cliente.

Los 150 gramos o 200 gramos de muestra pasaran a la siguiente etapa del proceso de preparación (pulverizado) en sus respectivas envolturas plásticas. El material restante pasa a formar parte del Rechazo, el cual será colocado en su envoltura plástica la cual será sellada y debidamente identificada, y almacenado por un periodo, hasta que el departamento de geología realiza el recojo de los mismos. Nota:

El Equipo ROCK LAB cuenta con un dispositivo para regular la cantidad de muestra que se desee obtener. Omitiendo el punto 6.4 Homogenizado de muestras. La inserción de las muestras de control interno será coordinada desde la etapa de secado.

Si en el proceso de chancado secundario contara con una chancadora de quijada en vez de la chancadora ROCKLABS por mantenimiento de equipo. Se repite el paso del chancado primario y agregando el control granulométrico correspondiente al chancado secundario. Dicho control granulométrico se realiza a la primera muestra y al 3% antes de finalizar el lote restante, pues debido al uso las quijadas se pueden desajustar, pero este porcentaje puede variar de acuerdo a las instrucciones del cliente. En pruebas granulométricas las muestras deben alcanzar un porcentaje pasante igual o mayor del 85% a malla 10. El número de controles se podrá incrementar de acuerdo a las necesidades. El control granulométrico es registrado en el formato PGEOOPE-7.6 Control Granulométrico en el Chancado de Muestras. Siguiendo con el paso.

4.5.4. Homogenizado y Cuarteado.

4.5.4.1. Homogenizado:

La muestra reducida al 85% proveniente del proceso de chancado, es ingresada al cuarteador Jones Riffle, donde se obtienen dos partes iguales.

Estas son vertidas simultáneamente por encima de la canaleta del cuarteador. Las mitades obtenidas son nuevamente vertidas, esta operación se repite 3 veces para garantizar un total homogenizado y evitar el fenómeno de segregación. Posteriormente es cuarteada.

4.5.4.2. Cuarteo:

Se utiliza también el equipo Jones Riffle. El cuarteo se procede vertiendo la muestra sobre las canaletas obteniendo dos mitades, una mitad es nuevamente dividida, esta operación se repite hasta reducir la muestra a un peso de 150 o 200 gr según instrucción del cliente.

Los 150 gramos o 200 gramos de muestra pasaran a la siguiente etapa del proceso de preparación (pulverizado) en sus respectivas envolturas plásticas.

El equipo es limpiado entre muestra y muestra por flujos aire comprimido y brocha.

El material restante pasa a formar parte del Rechazo, el cual será colocado en su envoltura plástica la cual será sellada y debidamente identificada, y almacenado por un periodo, hasta que el departamento de geología realiza el recojo de los mismos.

Nota: esta etapa el 6.4 se realizará en caso que no se cuente con la chancadora secundaria ROCK LAB.

4.5.5. Pulverizado.

Antes de iniciar con el pulverizado de la primera muestra (150 – 200 g), se realiza el pulverizado de una muestra de limpieza (arena sílice) la cual será desechada, para garantizar la preparación de muestras libre de contaminación la inserción de blancos se realizará antes de iniciar el pulverizado del lote y al 3% antes de finalizar el lote restante, asimismo se insertarán blancos de acuerdo al criterio del supervisor. Para asegurar que el tamaño de muestra obtenido en esta etapa es el adecuado se realiza la prueba de granulometría o control granulométrico utilizando el tamiz correspondiente.

Dicho control granulométrico se realiza a la primera muestra y al 3% antes de finalizar el lote restante, pero este porcentaje puede variar de acuerdo a las instrucciones del cliente. Las muestras deben alcanzar un porcentaje pasante igual o mayor del 95% a malla 140 ASTM. El número de controles se podrá incrementar de acuerdo a las necesidades.

El control granulométrico es registrado en el formato PGEOOPE-7.6 Control Granulométrico de Pulverizado de Muestras. El procedimiento de limpieza del plato y anillos, entre muestra y muestra es realizada mediante flujos de aire comprimido, se utilizará arena sílice (la cual será desechada).

4.5.6. Homogenizado, Pesado y etiquetado.

En esta etapa la pulpa fina (a 105 μm aprox.) fracción pulverizada (150 - 200 g) es homogenizada por el método de roleo en una manta de papel Kraff de 40cm x 30cm aprox. (el papel será desechado luego del uso por cada muestra).

Una vez que la muestra ha sido homogenizada se procede a separar de la misma muestra, cada una es ensobrada respectivamente en bolsas de polietileno previamente codificadas.

Las muestras que serán enviadas para los respectivos ensayos, son ordenadas de menor a mayor y en cada sobre es adherida su respectivo código que proporciona el cliente. Finalmente son enviadas al área de pesado de muestras del laboratorio donde las bolsas de muestras serán abiertas y listas para el análisis respectivo.

4.5.7. Instrucciones de Almacenamiento

4.5.7.1. Almacenamiento de Muestras

Las muestras que ingresan al laboratorio, después de ser chancadas, son almacenadas en bolsas plásticas con su respectiva codificación interna (las muestras que solicite el cliente), las bolsas serán engrampadas y/o selladas con cinta de embalaje.

Si las muestras son pulverizadas o llegan ya en pulpa éstas también serán almacenadas en bolsas plásticas con su respectivo código interno y luego colocados en sobres de papel también codificados. Dichos sobres se almacenarán en cajas especialmente diseñadas para tal

efecto. Dependiendo del número de muestras, en una caja pueden existir más de una orden, pero debidamente identificadas.

4.6. Pesado de Muestras

a. Objetivos

Obtener una muestra representativa de los sondajes y los muestreos de las diferentes áreas muestreadas.

b. Alcance

El procedimiento es aplicable a todas las muestras que llegan al laboratorio, luego de sus etapas de preparación de muestras y con una granulometría >140 las muestras llegan a su respectivo pesado.

c. Responsabilidad.

El Jefe de laboratorio, el asistente de laboratorio químico y el supervisor son los responsables de implementar, mantener y hacer cumplir el presente procedimiento.

El analista y volante es responsable de realizar las labores de pesado de las muestras siguiendo los lineamientos establecidos en el presente procedimiento

d. Equipos y Materiales

- Balanza Analítica.
- Pesas Patrones.
- Platillo para pesado
- Espátula para pesado.
- Vasos de precipitación.

- Pincel
- Franela.

4.6.1. Procedimiento de pesado

Luego de los procesos que han tenido las muestras de geología, planta, despachos, muestras de metalurgia entre otros, en las salas de preparación de muestras de planta y geología y antes de iniciar el ataque químico de las muestras, las muestras llegan a sala de balanza donde se selección una pequeña porción de su bolsa que la contiene y procedemos a pesar.

Tener en cuenta la verificación de los vasos antes de iniciar el pesado, para geología y despachos de forma ascendente y guardia de acuerdo a orden creada. Las muestras son pesadas en una balanza analítica de cuatro decimales la cual nos da un pesado eficaz y los pesos son ingresados al programa global lims

Las muestras pesadas tienen un rango de tolerancia de -0.0010 y $+0.0020$ las cuales se aplica en todas las muestras tanto de despacho, guardia y geología. Equilibrar las balanzas con el nivel (burbuja), pulsar brevemente On/Off de la barra de control de la balanza para el encendido del mismo, una vez encendido de la balanza, verificar que el platillo este descargado y limpio. Pulsar barra de control de balanza, el indicador cambiara a 0.0000 indicando proceso de tara terminado, se verificará las condiciones de la balanza usando una pesa patrón 0.2000 (± 0.0002) registrando diariamente en el formato ftsmm-cl-019. Una vez pesada las muestras en cada uno de los vasos serán trasladadas hacia el área de ataque químico.

Tabla 10 Pesos para absorción atómica

Geología	Peso en g.
DDH	0,25
Comunes	0,25
Lodos	0,25
Guardia	
Cabeza 1 y 2	0,5
Relave	0,5
Cu	0,2
Pb	0,2
Zn	0,2
Intermedios	
Ok-30	0,2
Over	0,2
M.Bulk	0,2
M.Zinc	0,2
Relave-Bulk	0,2
Despacho	
Cu	0,2
Pb	0,2
Zn	0,2

Nota: Pesos de volumetría varían

Tabla 11 Cuadro de pesos de muestras para volumetría

Concentrados	Pesos en g
Pb	0,2500
Zn	0,2500
Cu	0,2000

Nota: En otras unidades el peso del Cu también es 0,25

Tabla 12 Cuadro de pesos para correr metálicos

Metálicos	Pesos en g
Met. Zinc	0,1500
Met. Pb	0,1500
Met. Cu	0,0500

Nota: los pesos tienen tolerancias de 0,0010

Empaquetar las muestras analizadas en cajas resistentes y llevar a la sala de almacenamiento de muestras según la orden generada y la fecha de ingreso previamente codificado en la parte visible de la caja. Después de utilizar el ambiente de pesado dejar el área limpia y en orden.

4.7. Análisis de Elementos en Concentrados y Minerales Polimetálicos por Espectroscopia de Absorción Atómica

a. Objetivo

Establecer un método de ensayo para determinación de: Plata, Plomo, Zinc, Cobre, Hierro, y Bismuto por Espectroscopia de Absorción Atómica.

b. Alcance

Este método es aplicable para la determinación de: Plata, Plomo, Zinc, Cobre, Fierro, Bismuto, en concentrados, minerales polimetálicos (cabeza, relave) y muestras exploratorias

c. Responsabilidad

El Jefe de laboratorio, el asistente de laboratorio químico y el supervisor son los responsables de implementar, mantener y hacer cumplir el presente método de ensayo.

El analista es responsable de realizar las labores de análisis de Muestras de geoquímicos siguiendo los lineamientos establecidos en el presente procedimiento.

d. Equipos y Materiales

- Espectrofotómetro de Absorción Atómica
- Campana de ataque con calentamiento.
- Embudo de polipropileno o vidrio.
- Vasos de 150 ml.
- Pipeta volumétrica de 2 ml
- Espátula, pincel, frasco lavador, varilla de vidrio con punta de goma.
- Lámparas del espectrofotómetro de absorción atómica
- Lunas de reloj.
- Pinza para vasos.
- Fiolas de 100 ml y 50 ml
- Probeta o dosificador de ácidos.

e. Inspección de trabajo

Realizar una inspección sobre el estado en que se encuentran los vasos de precipitación a usarse; en caso de conseguirse vasos de precipitaciones rajadas o quiñadas informar al supervisor a cargo. No usar vasos de precipitación rajados o quiñados.

4.7.1. Disgregación

El operador se coloca los EPPs respectivos para sala de vía húmeda, recepción las muestras del área de pesado, adicionar 10ml de ácido nítrico (4.1), esperar el desprendimiento de los gases nitroso y añadir una pizca de clorato de potasio (4.3), cubrir con luna de reloj y digestar en la plancha a temperatura moderada. Bajar los vasos con muestras de la plancha de ataque químico, agregar 5 ml de ácido clorhídrico (4.2), hasta que la muestra quede pastosa.

Retirar, enfriar. Lavar la luna de reloj y las paredes de los vasos de 150ml, retomar la muestra con ácido clorhídrico (4,2), al 25% de la capacidad de la fiola de trasvase, (medio final de la muestra), llevar a la plancha y calentar hasta disgregar las sales.

Enfriar, enjuagar la luna de reloj, el interior del vaso (paredes del vaso de precipitación) y luego trasvasar a la fiola de 100 ml. (Antes de trasvasar inspeccionar las fiolas a usarse, en caso de encontrar fiolas rajados o quiñados, informar al supervisor a cargo. No usar fiolas en ese estado (rajadas o quiñadas)

Enrasar con agua desionizada y homogenizar. (Antes de realizar la homogenización de las soluciones al 25% HCL colocar las tapas a las fiolas, haciendo un pequeño ajuste del mismo con la finalidad de que no haya proyección de muestras en solución).

Realizar la dilución respectiva con un medio de 25% de la capacidad de la fiola, los estándares de calibración deben tener el mismo medio final que la muestra, al igual que los patrones y diluciones. Los elementos son cuantificados en el Espectrofotómetro de Absorción Atómica.

4.7.2. Adicionales en el área de vía húmeda



Figura 22. Muestras en fiolas después de disgregación

4.7.2.1. Para el caso de muestras de Geología.

Concentraciones mayores del 20% deben de realizarse por volumetría, este requerimiento será a según solicitud del cliente.

4.7.2.2. Para el caso de muestras de Concentrados, cabeza y relave.

Origen de la alícuota

- 1ra dilución solución matriz 2 ml en fiola de 50 ml en 25% de HCL
- 2da dilución solución matriz 2 ml en fiola de 100 ml en 25% de HCL

Luego de realizar las diluciones homogenizar

4.7.2.3. En caso de muestras con alto contenido de plomo, después del paso 5.

Enfajar la luna de reloj y las paredes del vaso con agua destilada y agregar 10 ml de ácido clorhídrico y llevar a la plancha hasta la disolución de Pb precipitado, bajar de la plancha y llevar a un volumen igual al 25 % de la capacidad de la fiola, enfriar.

4.7.2.4. *Expresión de Resultados*

$$\text{ppm} = \frac{\text{Lectura (mg/L)} * \text{volumen(m l)} * \text{factor de dilución}}{\text{Peso de la muestra (g)}}$$

$$\% = \frac{\text{Lectura (mg/L)} * \text{volumen(m l)} * \text{factor de dilución}}{\text{Peso de la muestra (g)} * 10000}$$

4.7.2.5. *Para Cálculo de Ag*

$$\text{Oz/tm} = \frac{[\text{Volumen Final (lectura A.A. - Lectura BK)}] * \mathbf{0.03215}}{\text{Peso de muestra}}$$

4.8. Manejo de Equipo de Absorción Atómica

a. Objetivo

Establecer un procedimiento para el manejo del equipo de absorción atómica Varían 280 y 240 Series AA.

b. Alcance

Este procedimiento es aplicable para el personal de análisis instrumental.

c. Responsabilidades

El jefe de laboratorio, el asistente de laboratorio químico y el supervisor son los responsables de implementar, mantener y hacer cumplir el presente procedimiento.

El analista es responsable de realizar la verificación diaria del correcto funcionamiento del equipo de absorción atómica establecido en el presente procedimiento.

d. Equipos y Materiales

- Aparatos y materiales
- Equipo de Absorción atómica Varían.
- Tarjeta de alineación
- Quemador de 5 cm 10 cm
- Lámparas de cátodo Hueco
- Neutralizador - Extractos de Gases.
- Compresora de Aire.
- Balones de Acetileno.
- Materiales de Vidrio.
- Estándares preparados.

e. Registros

Los registros usados son los siguientes:

- FL-011 Registro de control de entrada de acetileno.
- FL- 015 Registro de absorbancia de CU de 5ppm

f. Controles

- Clasificación, manipulación, evacuación y disposición de residuos.
- Identificación de los Aspectos Ambientales Significativos
- IPERC continuo
- Habla Fácil
- Manejo de gases comprimidos
- Lectura por Absorción Atómica

4.8.1. Instrucciones para el encendido del equipo de AA.

Para Agilent Technologies (2017) en su publicación nos indica “*Espectrómetro AA Agilent 55B*” nos indica:

como encender el Espectrofotómetro de Absorción Atómica y el computador e instalar lámparas de cátodo hueco, para instalar una lámpara de cátodo hueco el analista deberá de abrir la puerta del compartimiento de las lámparas.

Comprobar que la posición de la lámpara requerida esté apagada sujetar la lámpara por su base, alineándola de forma que la arista de la clavija de guiado coincida con la ranura practicada en el portalámparas.

Pulsar y mantener pulsado el botón blanco situado en el extremo del portalámparas, y empujar la lámpara dentro del portalámparas, soltando el botón cuando la lámpara esté instalada a fondo.

Nota. Sujete la lámpara por su base. No toque la ventana de cuarzo situada en el extremo de la lámpara. (p. 82)

4.8.2. Extraer las lámparas de cátodo hueco

Para Agilent Technologies (2017) en su publicación nos indica “*Espectrometro AA Agilent 55B*” nos indica:

Para extraer una lámpara de cátodo hueco el analista deberá de abrir la puerta del compartimiento de las lámparas comprobar que la lámpara esté apagada. En caso contrario, abrir la página de Parámetros del instrumento y ajustar el campo ‘Active current’ en cero.

Sujetar la lámpara por su base y pulsar el botón blanco situado en el extremo del portalámparas para liberar la lámpara y extraer cuidadosamente la lámpara del portalámparas y suelte. El analista deberá de abrir los gases necesarios para

el tipo de llama que se debe usar, verificando visualmente que las presiones seleccionadas en el manómetro corresponden son las correctas de acuerdo con las especificaciones del fabricante. (p. 88)

Tabla 13 Condiciones de uso del EAA

	Recomendado		Permitido	
	kPa	psi	kPa	psi
Acetileno	75	11	65–100	9,5–14,5
Aire	350	50	245–455	35–65

Nota: Si los niveles del acetileno bajan de 60 en las válvulas en el EAA puede ingresar acetona la cual es perjudicial al equipo.

Nota. Comprobar que la presión de la botella de acetileno está por encima de 700 kPa (aproximadamente 100 psi) con el objeto de asegurarse de que la acetona no sea arrastrada hacia el instrumento.

4.8.3. Alinear el Quemador

Para Agilent Technologies (2017) en su publicación nos indica “Espectrometro AA Agilent 55B” nos indica:

El analista deberá utilizar una de las regletas de limpieza y alineación del quemador suministradas por Varían (o una tarjeta de visita) para localizar el camino óptico.

El analista deberá girar el quemador apretando las garras del asidero de rotación, hasta que la ranura esté paralela al camino óptico. El analista deberá situar la tarjeta a la mitad de la ranura del quemador de forma que la línea vertical quede perpendicular a la ranura, y ajuste la altura del quemador hasta que el haz luminoso caiga en el área del blanco.

El analista deberá comprobar que la ranura quede paralela al camino óptico, situando la tarjeta en el extremo de la ranura del quemador. Si fuera necesario, vuelva a efectuar el ajuste.

Figura 3 Alineación con tarjeta de quemador.



El analista deberá asegurarse que el aparato este totalmente operativo (nebulizador instalado, quemador instalado, cámara de mezcla llena de agua, lámpara de cátodo hueco colocada, tapón de liberación de presión instalado).

Para encender la llama el analista deberá pulsar el botón 'Flame on' (botón negro situado a la izquierda del instrumento) y mantenerlo pulsado hasta que se encienda la llama. Si transcurre el tiempo de espera de la secuencia de encendido antes de que se encienda la llama, suelte el botón, espere unos cinco segundos y vuelva a iniciar la secuencia. (p. 90)

4.8.4. Procedimiento de Lectura

Asegurarse que el área de trabajo se encuentra dentro de las condiciones estándares necesarios para poder laborar con normalidad.

Verificar el buen funcionamiento del Equipo de Absorción Atómica, Compresora de aire, Sistema de extracción de gases y neutralizado, esto se verifica rellenando el formato del registro de Check List.

Desarmar con el kit de limpieza el sistema de nebulizado y quemador, Limpiar y lavar todo el sistema con cuidado de no dañar las piezas y volver a ensamblar el sistema de nebulizado y quemador con mucho cuidado, encender la compresora de aire, el extractor de gases y abrir la llave de acetileno encender el equipo de absorción atómica y colocar la lámpara de Cu abrir el programa de lectura (ESPECTRAA) y verificar la longitud de onda y Amperaje.

Alinear el cabezal con el haz de luz de la lámpara y encender la llama (aire-acetileno) introducir el capilar en la solución estándar de 5,00 ppm de Cu y optimizar el flujo del nebulizador hasta obtener la mayor absorbancia y ajustar la perilla > 0.500 ppm.

Si se tiene una absorbancia aceptable para 5,00 ppm, (la absorbancia teórica de 5,00 ppm es 0.6667 Absorbancia y el mínimo aceptable es 0,600 Abs que es el 90%) el equipo esta calibrado y listo para lectura. Al final del proceso de trabajo todos los equipos usados deben ser limpiados y dejados en buenas condiciones de lo contrario comunicar a la jefatura de las deficiencias que exista.

4.9. Determinación de Plata y Oro por Fire Assay/Absorción Atómica

a. Objetivo

El presente procedimiento es aplicado para la determinación de Ag y Au en muestras de concentrados de Pb, Cu, Zn, Cabeza, relave y geoquímicas; realizadas por analistas y preparadores en las instalaciones del laboratorio químico

b. Alcance

El presente procedimiento será utilizado para la Determinación de Plata y Oro en Muestras de concentrados Pb, Cu, Zn, Cabeza, relave y geoquímicas.

c. Responsabilidad

El jefe del Laboratorio del Laboratorio MINLAB S.R.L. es responsable de la supervisión del cumplimiento de este procedimiento.

El Personal de Minlab, es responsable de seguir los lineamientos del presente documento.

d. Equipos y materiales

- Horno de fusión
- Horno de copelación
- Plancha de ataque
- Crisoles de arcilla de 40g
- Copelas # 9
- Bosa de Polietileno de 10*5
- Lingotera de Hierro
- Parafilm
- Materiales complementarios
- Piceta
- Balanza electrónica +/- 0,1g
- Gradillas para tubos

e. Reactivos

- Fundente (FLUX)
- Bórax ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$)
- Harina.
- Nitrato de Potasio (KNO_3)
- Ácido nítrico cc (HNO_3)

- Ácido Clorhídrico cc (HCl)
- Nitrato de Plata (AgNO₃)
- Agua Desionizada (H₂O)
- Hidróxido de Amonio (NH₄OH)
- Granalla de plata electrolítico.

4.9.1. Preparación de Soluciones

- **Ácido Nítrico (HNO₃) al 10%:** Medir 100 ml. de ácido nítrico cc, aforar a 1000 ml. con agua desionizada y agitar.
- **Ácido Nítrico (HNO₃) al 25%:** Medir 250 ml. de ácido nítrico cc, aforar a 1000 ml. con agua desionizada y agitar.
- **Ácido Nítrico (HNO₃) al 50%:** Medir 500 ml. de ácido nítrico cc, aforar a 1000 ml. con agua desionizada y agitar.
- **Solución de Nitrato de Plata (AgNO₃) al 3%:** Pesar 3 gr. de Nitrato de Plata, y diluir en 100 ml. de agua desionizada.
- **Mezcla Fundente (Flux):**

Tabla 14 Porcentajes de reactivos

Porcentaje (%)	Reactivo	Cantidad (50Kg.)
69	Litargirio (PbO)	34,5 Kg.
20	Carbonato de Sodio (Na ₂ CO ₃)	10,0 Kg.

5	Sílice (SiO ₂)	2,5 Kg.
6	Bórax (Na ₂ B ₄ O ₇ ·10 H ₂ O)	3,0 Kg.

Nota: Evitar la variación de reactivos.

4.9.2. Principio del Método

El método consiste en fundir una determinada cantidad de muestra con mezcla fundente (FLUX), agregando harina ó Nitrato de Potasio, para ajustar el peso del régulo de plomo. Luego el régulo se copela para eliminar todo el plomo por oxidación, así obtener un doré que es pesado y luego se ataca con ácido nítrico al 20 % y HCl (cc) para obtener Oro en solución.

4.9.2.1. Controles

Las muestras serán trabajadas por lotes de 40 muestras como máximo, con 10 % de duplicados y 5 % de MR y BK.

4.9.2.2. Pesado

- Se pesa 15 g de muestra en bolsas de polietileno de 10*5. (el peso puede variar de 15g a 30g dependiendo de la naturaleza propia de la muestra)
- Dosificación: según el siguiente cuadro N°1:

Tabla 15 Pesos de muestras para fundición

Tipo Muestra	Peso de muestra (gr.)	Dosificación		
		KNO ₃	Harina	Flux
Cu/Zn	15	20 a 22	-	170
Pb	15	9	-	170
Cabeza	30	3	1,0	170
Relave	30	3	1,5	170
Geoquímicas*	30	3	1,0	170

Bk	-	-	3,0	170
----	---	---	-----	-----

Nota: Se deben respetar la naturaleza de los pesos

- Homogenizar la muestra en la bolsa de polietileno agitando fuertemente.
- Se coloca la muestra en su respectivo crisol de 40, se cubre con una capa de bórax, y se lleva a fundición.

***Nota:** La dosificación de nitrato de potasio en muestras geoquímicas es en función al brillo metálico, a mayor contenido de sulfuro (brillo) será mayor la dosificación.

4.9.3. Fundición

Los crisoles se colocan en el horno a una temperatura de $850^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ por un tiempo entre 20 minutos luego se eleva la temperatura a $950^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ y se funde por un periodo de 20 minutos aprox.

Por último, se eleva la temperatura a $1050^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ y se funde por 30 minutos, para eliminar las impurezas, pasado este tiempo se retiran los crisoles uno por uno con una pinza, dando un movimiento circular y se golpea levemente en una superficie dura para que se colecte mejor el plomo, lo cual permitirá que por efecto de la gravedad, al realizar el vaciado a la lingotera, el regulo de plomo se deposite en el fondo de la misma. Se deja enfriar por unos 10 minutos.

Seguidamente separamos el régulo de plomo de la escoria golpeando con un martillo. Procedemos a limpiar el régulo de plomo para eliminar todos los residuos de escoria con el martillo, dándole la forma de un cubo, estos deberán tener forma de cubo para desprender toda la escoria y tener una fácil manipulación con la tenaza.

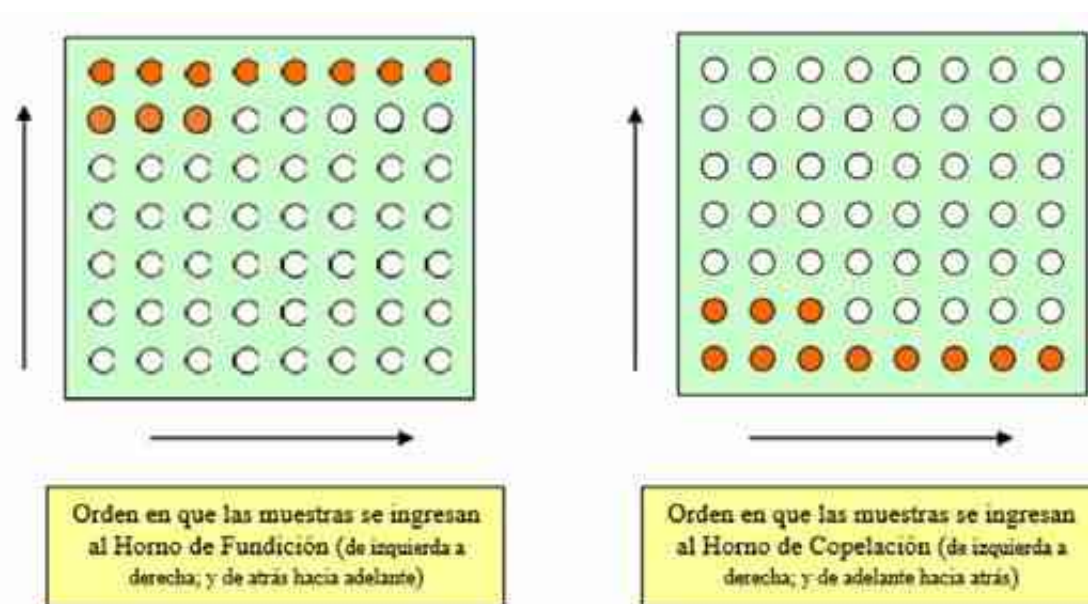
4.9.4. Copelación

Se colocan las copelas en el horno y se dejan calentar por aprox. 10 minutos a una temperatura de $960^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$. Luego se depositan los régulos en sus respectivas cópelas.

Durante la copelación, el 98,5% del plomo es impregnado y el resto se evaporará; con lo cual obtendremos el doré, este paso es importante para el analista ya que deberá de tener presente el punto de destello (relámpago) para poder retirar la copela del horno, además se deberá de tener presente un cambio brusco de temperatura para evitar la erosión del doré.

Utilizar una pinza quirúrgica, para limpiar el doré de las posibles escorias adheridas, pesar el doré en la balanza semi – mico ultra en mg y registrar en el formato: MI-RAU-LAB-RAFA-FOR-104.

Figura 4 Orden de ingreso en fundición y copelación.



4.9.5. Digestión

Codificar los tubos de ensayos e introducir al tubo de ensayo el botón de plata (doré). Agregar 0,5ml de HNO_3 al 25% más una gota de HNO_3CC y llevar a la plancha de ataque a una temperatura de 120°C (hasta que desaparezca el dore). agregar 1,5ml de ácido clorhídrico

concentrado a una temperatura de 100 a 120°C (hasta que cambie a una coloración casi clara). Aforar a 5ml con agua desionizada, sellar con parafina y agitar el tubo de ensayo se lleva al área de equipos instrumentales para ser leída en la Absorción Atómica.

4.9.6. Lectura en el Equipo de Espectrofotómetro de Absorción Atómica

Seleccionar la lámpara de Au y calentar la lámpara por espacio de 10 minutos, optimizar la energía en unidad de absorbancia y realizar la calibración con los estándares de 1, 2, 5 y 10 ppm. (De acuerdo al tipo de muestra a trabajar) no olvidar el registrar las lecturas en el formato MI-RAU-LAB-RAFA-FOR-104

4.9.7. Partición Gravimétrica

Esta técnica se empleará cuando las muestras tengan leyes mayores a 10 g/Tm, antes enumerar los crisoles de porcelana en el mismo orden de las copelas, limpiar con la escobilla la escoria adherida al doré para luego pesar el doré y colocar en los crisoles de porcelana adicionar a cada crisol 20 mL de HNO₃ 10%, llevar a ataque entre 100 a 120°C por aproximadamente 1 hora (hasta terminar la reacción – desaparición de burbujas).

Vaciar con mucho cuidado e contenido, y lavar 3 veces con agua destilada. (tener cuidado de no perder la pepita de oro) y agrega 20 mL HNO₃ 25%, y llevamos a la plancha a una temperatura de 120 °C por una hora aproximadamente

Agregar agua destilada hasta $\frac{3}{4}$ partes del crisol y luego 10 gotas de hidróxido de amonio y llevar a la plancha a una temperatura de 120°C por 10 minutos.

Vaciar el contenido con mucho cuidado, lavar con agua destilada y luego dejar secar en la plancha una vez seco, se calcina con copelas previamente calentadas en el horno a una temperatura de 960 °C, Se observará un brillo dorado característico del metal (Au), dejar

enfriar. Pesar el oro obtenido en la ultramicrobalanza y anotar en el formato MI-RAU-LAB-RAFA-FOR-104

Nota: si la partición no es suficiente adicionar 15 mL de HNO₃ al 50% a una temperatura de 120°C y continuar con el ítem 8 a 13.

4.9.7.1. Cálculos

Para muestras por AAS

$$\left(\frac{\text{---}}{\text{---}} \right) = \left(\frac{\text{---}}{\text{---}} - \frac{\text{---}}{\text{---}} \right) \frac{\text{---}}{\text{---}}$$

Para muestras Gravimétricas

$$\left(\frac{\text{---}}{\text{---}} \right) = \left(\frac{\text{---}}{\text{---}} - \frac{\text{---}}{\text{---}} \right) \frac{1000}{0.03215}$$

$$= \left(\frac{\text{---}}{\text{---}} \right)$$

$$\left(\frac{\text{---}}{\text{---}} \right) = \frac{\text{---}}{\text{---}} \times 1000000$$

Donde:

Wdore: Peso del dore (mg)

Wm: Peso de la muestra en g.

WAu: Peso del Oro.

Volumen: 5 mL

BK_{AU}: Ley de oro contenido en el FLUX

Tit: Factor Titulo (adimensional)

4.10. Determinación de Cobre en Concentrado

a. Objetivo

Establecer un método de ensayo para realizar la determinación de Cobre (por método volumétrico) en concentrado de Cobre.

b. Alcance

El presente procedimiento es aplicado para muestras de mineral con contenido de Cu mayor al 10%. Y los concentrados de Cu.

c. Responsabilidad

El Jefe de laboratorio, el asistente de laboratorio químico y el supervisor son los responsables de implementar, mantener y hacer cumplir el presente método de ensayo.

El analista es responsable de conocer y aplicar el método.

d. Equipos y Materiales

- Agitador magnético
- Balanza Analítica de 0.1mg de precisión
- Espátula
- Probeta de 25ml y 10ml
- Bureta / Bureta Digital de 50ml
- Magneto y varilla magnética
- Matraz de 250 ml
- Pinza para matraz
- Fiola de 1000ml
- Piceta

- Cobre metálico, pureza Aprox. 99.999 %

e. Reactivos

- Agua destilada o desionizada
- Ácido perclórico (HClO₄) (aprox. 70% de pureza)
- Fluoruro de Amonio (NH₄F q.p)
- Ácido Acético glacial (CH₃COOH q.p)
- Hidróxido de Amonio (NH₄OH, 28-30% de pureza))
- Yoduro de Potasio (KI) (99-100% P.A)
- Almidón
- Tiosulfato de Sódio (Na₂S₂O₃.5H₂O)
- KSCN

4.10.1. Preparación de Soluciones

- Fluoruro de amonio al 25%: Pesar 250gr de fluoruro de amonio y disolver en 1000ml con agua desionizada.
- Ácido acético glacial al 25%: Medir 250ml de ácido acético y disolver en 1000ml con agua desionizada.
- Yoduro de Potasio al 25%: Pesar 250gr de Yoduro de Potasio y disolver en 1000ml con agua desionizada.

Almidón al 2%: Pesar 10gr de Almidón Puro y diluir en agua destilada caliente, aforar a medio Litro (500ml) y sobre una plancha eléctrica agitar constantemente hasta que se disuelva y homogenice, y estará listo cuando se llega a obtener solución cristalina, utilizar cuando la solución se encuentra a una temperatura del medio ambiente. (Disolver en caliente).

KSCN al 10 %: Pesar 10 gr de KSCN puro y diluir en agua destilada, aforar a 100 ml.

Tiosulfato de sodio, 0,025 N, $\text{Na}_2\text{O}_3\text{S}_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$: Pesar 7gr de Tiosulfato de Sodio en sal y diluir en agua destilada tibia, aforar a un Litro y agitar para que se homogenice, utilizar cuando la solución se encuentra a una temperatura del medio ambiente.

4.10.2. Principio del Método

El cobre es determinado volumétricamente por yodometría ión ácido, el cual rebasa en la medición del yodo liberando por la reacción del cobre II y el yoduro, usando como reductor una solución de Tiosulfato de sodio.

4.10.3. Procedimientos

Pesar 0.25g de muestra y transferir a un matraz de 250ml adicionar 5 ml de Acido Perclórico y llevar a la plancha a una Temperatura Aprox. 200°C , hasta pastosa, bajar y enfriar.

Adicionar aprox. 100 ml de agua destilada, hervir aprox. 5 minutos y enfriar, adicionar el hidróxido de amonio gota a gota, hasta formar un precipitado ligero de hidróxido de hierro (III). Agitar un poco para ayudar a que se forme completamente el precipitado.

Acondicionar la muestra, adicionando:

- 10ml de ácido acético al 25% y homogenizar
- 10ml de fluoruro de amonio al 25% y homogenizar
- 10ml de yoduro de potasio al 25% y homogenizar

Titular hasta que la solución se torne amarillo pálido, luego agregar 5 ml de solución de almidón en el matraz a titular y titular con la solución estandarizada de Tiosulfato de sodio, hasta que el color azul- violeta comience a desaparecer, se agrega 10 ml de KSCN al 10 % para notar el viraje.

En el punto final de la titulación desaparece el color azul de la solución y aparece el precipitado blanco lechoso o amarillento cuando se deja sedimentar luego se determinará el grado de concentración del cobre de acuerdo a la siguiente fórmula matemática.

$$\% = 100 \frac{G \cdot F}{W}$$

Donde:

G: Gasto de solución titulante, (tiosulfato de sodio en, ml)

F: (Factor de la solución $\text{Na}_2\text{O}_3\text{S}_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) = peso Cobre metálico/Gasto solución

$\text{Na}_2\text{O}_3\text{S}_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$

W: peso de la muestra, g

4.10.4. Estandarización del tiosulfato de sodio

Pesar aprox. Por duplicado entre 0,0500 a 0,0600gr de cobre metálico en matraz de 250ml. Digestar con 5 ml de ácido perclórico a temperatura Aprox. 200 ° C, hasta que el cobre metálico se disuelva. Adicionar aproximadamente 100 ml de agua, hervir por 5 minutos. Enfriar, acondicionar y empezar a titular según procedimiento de las muestras de mineral.

4.10.5. Método lavado del metálico de cobre

Cortar un pedazo de cobre metálico y trasvasarlo en un vaso de 150 ml adicionar solución de ácido acético (1:1) y dejarlo reposar por 5 minutos proceder a limpiar con papel toalla la parte superficial, proceder con esta actividad hasta que el papel toalla salga limpio

Calcular el factor usando la siguiente:

e relación:

F (Factor de la solución $\text{Na}_2\text{O}_3\text{S}_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) = peso Cobre metálico/Gasto solución

$$= \frac{\text{---}}{\text{---}}$$

Donde:

F: Factor de Cobre metálico ó equivalente gramo de Cobre por mL de solución estándar de EDTA

W°: Peso de cobre metálico

Gs: Gasto de solución titulante tiosulfato de sodio

P: Porcentaje de pureza

4.11. Determinación de Zinc en Concentrado

a. Objetivo

Determinar volumétricamente el contenido de Zinc por Complexometría con EDTA.

b. Alcance

El presente método es utilizado para la determinación de Zn en Concentrados Polimetálicos (Zn, Pb, Cu, Bulk de Zn, etc.) y Minerales afines.

c. Responsabilidad

El Jefe de laboratorio, el asistente de laboratorio químico y el supervisor son los responsables de implementar, mantener y hacer cumplir el presente método de ensayo.

El analista es responsable de conocer y aplicar el método.

d. Equipos y Materiales

- Agitador magnético
- Balanza Analítica de 0.1mg de precisión
- Espátula

- Probeta de 50 ml y 10ml
- Bureta / Bureta Digital de 50ml
- Magneto y varilla magnética
- Vaso de precipitación de 400 y 600 ml
- Pinza para vaso
- Pinza para matraz
- Piceta
- Lunas de reloj
- Baguetas
- Embudos, diámetro 8 cm
- Porta embudos
- Papel filtro Ahlstrom 631
- Papel filtro Ahlstrom 610
- Dispensador o dosificador de ácidos
- Gotero
- Potenciómetro

e. Reactivos

- Agua destilada o desionizada
- Ácido Nítrico (HNO_3)CC
- Ácido Clorhídrico (HCl)CC
- Ácido Sulfúrico (H_2SO_4)CC
- Ácido Acético (CH_3COOH q.p)
- Hidróxido de Amonio (NH_4OH , 28 –30 % q.p)
- Cloruro de Amonio (NH_4Cl p.a)
- Clorato de Potasio KClO_3

- Zinc metálico, pureza Aprox. 99.999 %
- Acetato de Amonio ($\text{NH}_4\text{COOHCH}_3$)
- Fluoruro de Sodio (NaF)
- Persulfato de Amonio ($(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$) al 10%
- Tiosulfato de Sodio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$)
- EDTA Sal disódica ($\text{C}_{10}\text{H}_{14}\text{N}_2\text{Na}_2\text{O}_8 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), ácido etilendinitrilotetracético, dihidratado
- Ácido Acético (CH_3COOH)
- Ácido ascórbico.

4.11.1. Preparación de Soluciones

Solución extractiva de Zinc: Disolver 4 Kg. De Cloruro de Amonio (NH_4Cl) en 8 L. de Hidróxido de Amonio (NH_4OH) y completar con agua hasta un volumen de 20 L. en un depósito con capacidad suficiente; agitar hasta que se encuentre totalmente diluido para dar uso

Solución de Persulfato de Amonio al 10% y/o Peróxido de Hidrogeno al 10% vol: Pesar 100gr de Persulfato de Amonio ($(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$) en sal y diluir con agua tibia y aforar a un litro, agitar hasta que se encuentre totalmente diluido y dejar que se enfríe para dar uso.

Solución de ácido Clorhídrico (1:1): Mezclar 100 ml de ácido clorhídrico con 100 ml de agua destilada y homogenizar. Solución de lavado 10%: Mezclar 50 ml de extractiva de Zinc para 500 ml de agua destilada caliente. Solución de Ácido Acético glacial (98-100% P.A) (1:1): Diluir 250ml de Ácido Acético con agua y aforar a 500 ml, agitar hasta que se encuentre totalmente diluido.

Solución de Ácido Ascórbico al 10%: Pesar 100gr de Ácido Ascórbico ($\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$) en sal y diluir en agua destilada tibia hasta aforar a un litro de Solución, dejar enfriar para dar uso.

Solución Tampón: Pesar 200gr de Acetato de Amonio ($\text{NH}_4\text{COOHCH}_3$) en sal, agregar 100gr de Tiosulfato de sodio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) en sal, agregar 5gr de Fluoruro de Sodio (NaF) en sal, diluir con agua destilada por separado, luego homogenizar bien y aforar a un litro de solución.

Solución de EDTA: Pesar 575 gr de EDTA Sal Di Sódica ($\text{C}_{10}\text{H}_{14}\text{N}_2\text{Na}_2\text{O}_8 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), diluir en 3 L. de agua caliente y aforar a 25 L. de solución y agitar hasta que se encuentre totalmente diluido.

Solución de Indicador Anaranjado de Xilenol al 0,5%: Pesar 0,5gr de Xilenol en polvo puro y diluir con agua caliente y aforar a 100ml, agitar hasta que se encuentre totalmente diluido y dejar que se enfríe para dar uso.

Solución de indicador Bromothymol Blue al 0,5%: Pesar 0,5gr de Bromothymol en polvo puro y diluir con agua caliente y aforar a 100ml, agitar hasta que se encuentre totalmente diluido y dejar que se enfríe para dar uso.

4.11.2. Principio del Método

El Zinc es determinado por titulación complejo métrica con solución de EDTA a un pH de 5,3 - 5.35 usando el indicador Xylenol-Orange.

4.11.3. Procedimiento

Pesar 0,2500 gr. de muestra y transferir a un vaso de precipitado de 400ml, añadir 10 ml de ácido nítrico y una pizca de clorato de potasio, llevar a la plancha a una temperatura aprox. de 200°C , hasta eliminación de vapores nitrosos (color rojizo).

Añadir 5 ml ácido Clorhídrico (HCl), llevar hasta pastoso, bajar de la plancha y enfriar.

Retomar con 5 ml de ácido Clorhídrico (HCl) para disolver las sales solubles, dejar en plancha por 3 minutos y luego bajar, lavar las paredes y la luna de reloj con agua destilada

hasta aprox. 100 ml y agregar 10 ml de Persulfato de amonio ((NH₄)₂S₂O₈), más 40 ml de solución extractiva de Zinc llevar a la plancha y hervir hasta formar el anillo con el precipitado de fierro, bajar y lavar la luna de reloj y las paredes del vaso con la solución de lavado.

Filtrar en caliente usando papel filtro Ahlstrom N° 631, recibiendo lo filtrado en vasos de 600 ml; lavar el vaso y el precipitado retenido en el papel filtro con la solución de lavado hasta llegar a un volumen de 300 ml aprox.

Retirar los vasos de 600 ml conteniendo la solución y enfriar. Adicionar 10 ml. de solución de Ácido Ascórbico al 10% y agregar 2 gotas de la solución de Bromothymol blue, no se considera este punto en caso se use un potenciómetro. Luego regular la solución filtrada fría a un PH de 5.3 a 5.35 usando el potenciómetro (si necesita bajar el pH agregar la solución ácido acético de 1:1 y si necesita incrementar el pH agregar Hidróxido de Amonio).

Una vez regulada el pH, agregar 10ml de la solución tampón para estabilizarlo el pH de la solución Filtrada y agregar de 1 a 2 gotas de indicador Xilenol Orange para luego proceder a titular con EDTA siendo el viraje de titulación de grosella a amarillo champán luego se determinará el grado de concentración del Zinc de acuerdo a la siguiente fórmula matemática.

$$\text{Zn (\%)} = f * V * 100 / w$$

Donde:

f= cantidad de zinc equivalente a 1 mL de solución estándar de EDTA

V=cantidad usada (mL) de solución estándar de EDTA

Nota 1:

- La digestión multiácida ayuda a oxidar los interferentes de As, Sb y Bi.
- La adición de solución de Persulfato de amonio al 10% nos ayuda para evitar la precipitación del Mn, y la adición de ácido ascórbico es para el interferente de Cu.

- Se recomienda llevar a pH 5,3- 5,35 exacto ya que en ese pH se realiza la barrida completa del Zn con el EDTA.

Nota 2:

En caso de que la muestra presente plomo, el gasto se verá incrementado debido a que el EDTA también reacciona con el plomo; por lo tanto, se necesitara realizar otro método tal como indica a continuación:

Pesar 0,25gr +/- 0,0001 de muestra y transferir a un vaso de 400 ml. Adicionar 10 ml de ácido Nítrico, una pisco de clorato de potasio y subir a la plancha de digestión a una temperatura aprox. de 280 °C hasta eliminación de vapores nitrosos (color rojizo), adicionar 5 ml de ácido Clorhídrico y mantener por 2 minutos aproximadamente, luego sacar y enfriar por unos minutos.

Agregar 3 ml de ácido Sulfúrico y subir a la plancha, cuando comience a sulfatar (presencia de humos blancos por todo el vaso) abrir las 3/4 partes del diámetro del vaso hasta un estado pastoso, bajar y enfriar.

Lavar con agua destilada la luna de reloj y las paredes hasta 50 ml y subir a plancha para disolver las sales solubles, bajar y enfriar.

Filtrar en papel filtro Ahlstrom N°610 (así poder retener el plomo presente en la muestra) y recepcionar lo filtrado en un vaso de 400 y lavar el papel filtro con agua fría hasta un volumen de 150 ml, luego desechar el papel filtro con el precipitado.

Adicionar a la solución filtrada 5 ml de ácido Clorhídrico y 10 ml de Persulfato de amonio para oxidar completamente (color amarillo intenso) y hervir por 10 minutos, bajar y enfriar (no adicionar la solución de extractiva de Zinc en caliente porque reacciona violentamente, saltando).

Adicionar 40 ml de solución extractiva de Zinc llevar a la plancha y hervir hasta formar un anillo con el precipitado de fierro, bajar y filtrar.

Filtrar en caliente usando papel filtro Ahlstrom N° 631, recibiendo lo filtrado en vasos de 600 ml; lavar el vaso y el precipitado retenido en el papel filtro con la solución de lavado hasta llegar a un volumen de 300 ml.

- Retirar los vasos de 600 ml conteniendo la solución y enfriar.
- Adicionar 10 ml. de solución de Ácido Ascórbico al 10%.
- Adicionar 2 gotas de la solución de Bromothymol blue. , no se considera este punto en caso se use un potenciómetro.

Luego regular la solución filtrada fría a un PH de 5,3 a 5,35 usando el potenciómetro (si necesita bajar el pH agregar la solución ácido acético de 1:1 y si necesita incrementar el pH agregar Hidróxido de Amonio).

Una vez regulada el pH, agregar la solución tampón para estabilizarlo el pH de la solución Filtrada. Agregar de 1 a 2 gotas de indicador Xilenol Orange.

Proceder a titular con EDTA siendo el viraje de titulación de grosella a amarillo champán.

Figura 5 Volumetría de muestras en Zinc.



4.11.4. Estandarización De La Solución EDTA

Pesar por Duplicado entre 0,10g – 0,15g de zinc metálico (99.99%) en vaso de 400 ml, adicionar 20 ml de ácido clorhídrico 1:1, tapar y disgregar en frio hasta disolución del zinc metálico, luego colocar a la plancha de digestión a una temperatura aprox. de 200° C hasta un volumen de 3 ml aproximadamente.

Bajar y lavar las paredes hasta aprox. 150 ml de agua, adicionar aprox. 40 ml de Extractiva de Zinc, colocar en la plancha y llevar a ebullición durante 4 min, bajar y lavar las paredes del vaso de precipitación hasta aprox. 200 ml de agua.

Enfriar y adicionar 1 a 2 gotas de azul de bromotimol. No se considera este punto en caso se use un potenciómetro, ajustar a un PH de 5,30 a 5,35 (si necesita bajar el pH agregar la solución ácido acético de 1:1 y si necesita incrementar el pH agregar Hidróxido de Amonio). Adicionar 10 ml de sol. Tampón, agregar de 1 a 2 gotas de Xilenol Orange, luego titular con solución de EDTA.

El resultado de la titulación conlleva a determinar el valor del factor de zinc metálico o equivalente gramo de zinc por ml de solución de EDTA:

$$= \frac{W^{\circ}}{G_s \cdot P}$$

Donde:

F: Factor de Zinc metálico o equivalente gramo de Zinc por ml de solución estándar de EDTA

W°: Peso del Zinc metálico

Gs: Gasto de solución titulante tiosulfato de sodio

P: Porcentaje de pureza.

4.12. Determinación de Plomo en Concentrado

a. Objetivo

Determinar volumétricamente el contenido de Plomo por Complejometría con EDTA

b. Alcance

El presente método es utilizado para la determinación volumétrica de Pb principalmente en Concentrados polimetálicos (Pb, Bulk Pb/Ag,); así como también en minerales afines.

c. Responsabilidad

El Jefe de laboratorio, el asistente de laboratorio químico y el supervisor son los responsables de implementar, mantener y hacer cumplir el presente método de ensayo. El analista es responsable de conocer y aplicar el método.

d. Equipos y Materiales

- Agitador magnético
- Balanza Analítica de 0.1mg de precisión
- Espátula
- Probeta de 50ml y 10ml
- Bureta / Bureta Digital de 50ml
- Magneto y varilla magnética
- Vaso de precipitación de 400 o 600 ml
- Matraz de 500 ml
- Pinza para vaso
- Pinza para matraz
- Piceta
- Lunas de reloj

- Baguetas
- Embudos, diámetro 8 cm
- Porta embudos
- Papel filtro Ahlstrom N° 610
- Dispensador o dosificador de ácidos
- Gotero
- Fiola de 200 ml

e. Reactivos

- Agua destilada o desionizada
- Ácido Nítrico (HNO_3 aprox. 65% de pureza) cc
- Ácido Ácido clorhídrico concentrado (HCl , densidad 1.19 gr/lit.)
- Ácido Sulfúrico (H_2SO_4 , concentrado)
- Ácido Clorhídrico (HCl) cc
- Acetato de Amonio (CH_3COOH_4 p.a.)
- Ácido Acético (CH_3COOH p.a.)
- Plomo metálico, pureza Aprox. 99.999 %
- Ácido etilendinitrilotetracético, Sal di Sódica dihidratado EDTA ($\text{H}_{14}\text{O}_8\text{C}_{10}\text{N}_2\text{Na}_{22}\text{H}_2\text{O}$).
- Xylenol-Orange

4.12.1. Preparación de Soluciones

Solución Extractiva de Plomo: Disolver 4 kg de Acetato de Amonio (CH_3COOH_4 p.a.) y 320 ml de Ácido Acético Ácido Acético (CH_3COOH p.a.) y aforar con agua para 20 litros de solución, agitar hasta que se encuentre totalmente disuelto.

Solución Titulante de EDTA (0,025 M): Pesar 187,5 gr de EDTA en sal y diluir en 3 litros de agua caliente y aforar a 25 litros de solución, agitar hasta que se encuentre totalmente disuelto para dar uso.

Solución 0,5% del Indicador Xilenol-Orange: Pesar 0,5gr de Xilenol en polvo puro y diluir con agua caliente y aforar a 100ml, agitar hasta que se encuentre totalmente diluido y dejar enfriar para dar uso.

Solución de Ácido Ascórbico (10% w/v): Pesar 100g de ácido ascórbico disolver en un litro de agua y aforar.

4.12.2. Procedimiento

Pesar 0,25 gr de muestra y transferir a un vaso de 400 o 600 ml. Adicionar 10ml de ácido nítrico, llevar a la plancha de disgregación a una temperatura apróx. de 280 °C hasta la eliminación de vapores nitrosos (rojizos o pardos); adicionar 5 ml de ácido Clorhídrico y mantener por 2 minutos aproximadamente, luego bajar de la plancha y dejar enfriar por unos minutos, adicionar 3 ml de Ácido sulfúrico, esperar unos minutos hasta desprendimiento de humos blancos (inicio de la sulfatación), tapan con una luna de reloj las tres cuartas partes del diámetro del vaso de precipitación por un tiempo de 30 a 45 minutos aprox. (sulfatación).

Bajar de la plancha y dejar enfriar por Aprox. 5 minutos, lavar con agua destilada sin retirar la luna de reloj hasta 50 ml Aprox, llevar a la plancha para hervir de 3 a 4 minutos y retirar de la plancha y dejar enfriar, hasta que se forme los cristales de plomo, lavar las paredes del vaso y luna de reloj hasta tener Aprox. 50 ml.

Filtrar en papel de filtro Ahlstrom N° 610 luego lavar el papel de filtro con agua fría, hasta eliminar el ácido del papel por 8 sesiones consecutivas, desmenuzar el papel conteniendo el precipitado, sin perder muestra dentro del vaso, y adicionar 40ml de solución extractiva de plomo más 250 ml de agua y llevar a la plancha y hervir por 5 minutos aprox. y cuidar la

proyección de la muestra para evitar pérdidas en la etapa de hervido, bajar de la plancha y enfriar. Titular con la solución EDTA y usar Xylenol Orange como indicador, el viraje es de grosella a amarillo champán.

Nota: Para la mejor observación del punto de viraje se le puede adicionar 3-5 ml de ácido ascórbico al 10% antes de empezar a titular, luego se determinará el grado de concentración del plomo de acuerdo a la siguiente fórmula matemática:

$$\% = \frac{\quad}{\quad} \cdot 100$$

Donde:

%Pb= porcentaje de plomo.

V= Volumen de EDTA gastado, ml.

f= factor de EDTA

W= peso de la muestra, g.



Figura 26. Muestras listas para titulación de plomo.

4.12.3. Estandarización de Solución.

Pesar por Duplicado entre 0,10 g – 0,15 g de plomo metálico, con precisión de 0,1 mg en un matraz de 500 ml. Agregar 10 ml de ácido nítrico 1:2 (HNO₃: H₂O), llevar a plancha de digestión, hasta una temperatura aprox. de 200 ° C, hasta sequedad completa.

Dejar enfriar y enrazar hasta 200 ml de agua destilada y adicionar 40 ml de solución extractiva y en la plancha hacer hervir Aprox. 10 minutos, bajar de la plancha y lavar las paredes del matraz y enrazar hasta 300 ml

Adicionar de 1 a 2 gotas de Xilenol Orange y titular con solución de EDTA, el resultado de la titulación conlleva a determinar el valor del factor de plomo metálico o equivalente gramo de plomo por ml de solución de EDTA:

$$F = \frac{\text{Peso de plomo metálico patrón (gr)}}{\text{Volumen de solución de EDTA gastado (ml)}}$$

Donde:

F: Factor de Plomo metálico o equivalente gramo de Plomo por ml de solución estándar de EDTA

W°: Peso del plomo metálico

Gs: Gasto de solución titulante tiosulfato de sodio

P: Porcentaje de pureza.

CAPITULO V

DISCUSION, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Discusión.

En el trabajo realizado sobre procesamiento y análisis en laboratorio químico de muestras de geología y planta metalúrgica en proyecto minero Cerro Lindo, se realizó procedimientos para el análisis de elementos que como cobre, plomo, zinc, oro, plata, etc.

Dentro de la elaboración de procedimientos y marchas se tiene muestreo y preparación de muestras de planta de concentrado, muestreo y preparación de lotes de concentrados, determinación del porcentaje de humedad, preparación de muestras geoquímicas, pesado de muestras, Análisis de elementos en concentrados y minerales polimetálicos por espectroscopia de absorción atómica, Manejo de equipo de absorción atómica, determinación de plata y oro por fire assay/absorción atómica, el contenido del cobre, zinc, plomo en concentrado. Con ello se tendrá un procedimiento adecuado para el análisis de los elementos que uno desea realizar con un control optimo y adecuado.

En “Aplicando método estadístico, basado en las pruebas Sk y Ku, para establecer la concentración más probable de lantánidos en un grupo de veinticuatro MIRG de tipo rocas ígneas” (Velasco).

“MS es la técnica de mayor precisión, con límites de detección más bajos, seguida por NM y ES. La precisión de la determinación, excelente. Los límites de detección del método mostraron valores del orden < 0.05 % peso" (Velasco).

“La Parte más importante de la operación de laboratorio químico es la operación de toma y preparación de muestras ya que esta influye directamente en los reportes de leyes de dichas muestras” (Perez, 2015).

El análisis de oro entre los métodos vía seca y vía húmeda en minerales concentrados de sulfuros polimetálicos permitió cuantificar la ley final de oro para cada método. En la digestión por Agua Regia, la presencia de ácido perclórico permitió elevar la ley en aproximadamente 200 por ciento respecto al mismo método (Mercado).

La preparación de muestras geoquímicas, es importante la reducción de tamaño verificando el control granulométrico, subdivisión para obtención de muestras representativas. En ensayo al fuego es importante tener cuidado la dosificación de fundentes para las muestras sulfurados y oxidados (Mendoza).

En base la experiencia, en el futuro será controlar niveles de elementos residuales cada vez más bajos, con rangos de tolerancias menores con una trazabilidad garantizada. Y la automatización del conjunto de los procesos analíticos operativos en un determinado laboratorio (Coedo, Dorad, & Padilla, 1998).

5.2. Conclusiones

Se hizo un informe en el cual se detalla los cambios y resultados obtenidos, estos detalles nos dan una lista de los ensayos que se aplicaran a partir de los siguientes meses para una estandarización de los procesos en cada uno de las muestras que llegan al laboratorio.

En los puntos de muestreo y preparación de muestras de geología y planta se hizo un seguimiento más minucioso ya que se encontraron mayores errores en el inicio de los estudios. Se observa que los errores o faltas en el muestreo o preparación de muestras elevan el porcentaje de error de los resultados del laboratorio, teniendo un margen máximo de error del 5%.

Se realizaron la renovación de los PETS (Procedimiento Escrito de Trabajo Seguro), la revisión y el estudio de tales direccionados de forma obligatoria al personal de cada área.

Se viene regulando y haciendo la inspección del personal del laboratorio para una eficiente y adecuado uso de los reactivos en el ataque químico de las muestras, estandarizando el uso, aplicación y digestión en las muestras a analizar.

En los EAA se iniciaron capacitaciones al personal para concientizar acerca del cuidado del equipo y de la correcta optimización, absorbancia, ganancia del equipo para la lectura de los elementos.

5.3. Recomendaciones.

En el trabajo realizado sobre procesamiento y análisis en laboratorio químico de muestras de geología y planta metalúrgica en proyecto minero Cerro Lindo en función a la experiencia obtenido se podría llegar a las siguientes recomendaciones:

Las corridas realizadas estandarizar mediante una regresión, para encontrar los parámetros de corrección.

Los procedimientos y las marchas se deben cumplir al pie de la letra para obtener un análisis corrector de lo contrario volver a correr la prueba.

Una preparación adecuada de las muestras garantiza un análisis adecuado y por ende un resultado óptimo.

CAPÍTULO VI

BIBLIOGRAFÍA

- Almañana, V. D. (2014). *Muestreo y Preparacion de la Muestra*. Editorial Sintesis.
- Barrios, L. (2015). *Estudio del Laboratorio Metalurgico Chapi SAC para el control de calidad y procesos de minerales*. Universidad Nacional del Centro del Peru, Huancayo.
- Campos, J. R. (2017). *Mejoramiento del Analisis Quimico para Minerales de Oro*. Universidad Nacional de San Angustin de Arequipa, Arequipa.
- Carrasco, S. (2005). *Metodologia de la investigación científica*. Lima: San marcos.
- Coedo, A., Dorad, M., & Padilla, E. (1998). *El análisis químico en el control de procesos metalúrgicos*. Obtenido de revistademetalurgia: <http://revistademetalurgia.revistas.csic.es/index.php/revistademetalurgia/article/viewFile/700/712>
- Espinoza, E. (2017). Planta Concentradora Cerro Lindo. *Revista Nexa*, 41.
- Guerrero, N. (s/f). Manual de Instrucciones Equipo de Osmosis. *Aquacif*, 9.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (1997). *Metodología de la investigación*. México: MCGRAW-HILL.
- Hernandez, R., Fernandez, C., & Baptista, P. (2014). *Metodologia de la investigación*. Mexico D.F: Mc Gram Hill.
- Huaman, M. A., & Calderon Daviran, I. (2014). *Validacion de un Metodo de Analisis por Espectroscopia de Absorcion Atomica del GrupoGlencore*. Universidad Nacional del Centro del Peru, Huancayo.
- Jhoany, R. C. (2017). *Mejoramiento del Analisis Quimico para minerales de Oro*. Universidad Nacional de San Martin de Arequipa, Arequipa.
- Leon, F. (2001). *Global Lims*, 20.

- Mendoza, U. (2015). Método para la determinación de oro y plata en muestras concentradas de minerales. *Ingeniero Químico*. Universidad Nacional del Callao, Callao. Obtenido de http://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/UNAC/1718/Ulises_Informe_T%c3%adtuloprofesional_2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Mercado, J. (2013). Estudio comparativo' de análisis de oro entre los métodos vía seca y vía húmeda en minerales concentrados. *Ingeniero Químico*. Universidad Nacional del Callao, Callao. Obtenido de http://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/UNAC/392/Jorge_Tesis_t%C3%ADtuloprofesional_2013.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Perez, J. (2015). Laboratorio químico. *Licenciada en química*. Univesidad Nacional San Agustin, Arequipa. Obtenido de <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/3272/QUpequjv.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Rosa, I. A. (2015). *Analisis Químico de MInerales en Laboratorio*. Universidad Nacional de San Cristobal de Huamanga, Ayacucho.
- Ulises, M. R. (2015). *Metodo para determinacion de oro y plata en muestras concentradas de minerales*. Universida Nacional San Cristobal de Huamanga.
- Velasco, F. (1996). Aspectos básicos del análisis químico de materiales geológicos. *Maestro en ciencias químicas*. Universidad Autonoma de Nuevo León, Monterrey. Obtenido de <http://eprints.uanl.mx/7105/1/1080074508.PDF>

ANEXO

Anexo 1 Matriz de consistencia general

Titulo	General				
	Problema	Objetivos	Hipótesis	Variable	Indicadores
<p>“ PROCESAMIENTO Y ANALISIS EN LABORATORIO QUIMICO DE MUESTRAS DE GEOLOGIA Y PLANTA METALURGICA EN PROYECTO MINERO CERRO LINDO”</p>	<p>¿Sera posible realizar los procesamientos y análisis en laboratorio químico de muestras de geología y planta metalúrgica, para determinar las leyes de los elementos que contiene en el proyecto minero cerro lindo?</p>	<p>Evaluar los procesamientos y análisis en laboratorio químico de muestras de geología y planta metalúrgica, para determinar las leyes de los elementos que contiene en el proyecto minero cerro lindo.</p>		<p>Procedimientos y análisis</p>	<p>- Estandarizar procedimientos. - Parámetros</p>

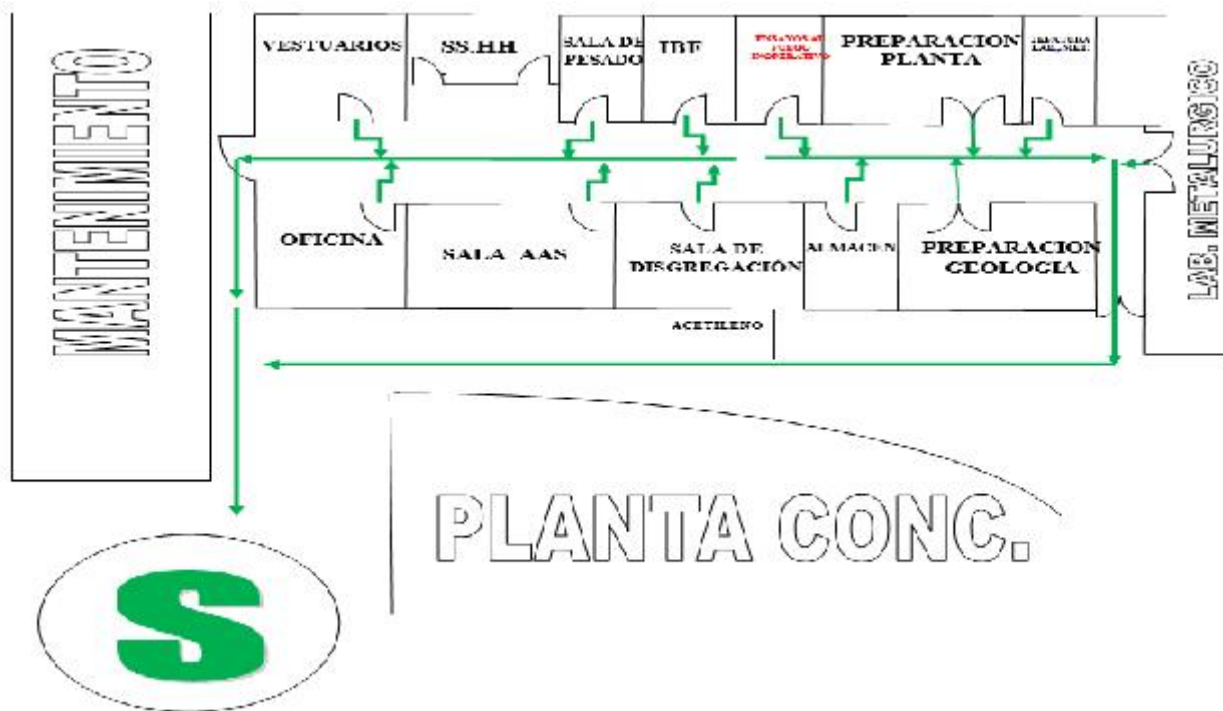
Anexo 2 Matriz de consistencia específico

Titulo	Problema Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicos	Variable Dependiente	Indicadores
<p>“ PROCESAMIENTO Y ANALISIS EN LABORATORIO QUIMICO DE MUESTRAS DE GEOLOGIA Y PLANTA METALURGICA EN PROYECTO MINERO CERRO LINDO”</p>	<p>¿Se podría plasmar cada uno de procedimientos en las muestras tomadas en el laboratorio para así el personal de laboratorio tenga PETS de realizar el trabajo? ¿En qué medida se identificar y regular la cantidad de reactivos y los ácidos utilizados para el estudio de las muestras? ¿Será posible estandarizar los diferentes procesos de ataque a muestras y en diferentes métodos de volumetría y absorción de muestras? ¿Será posible determinar los parámetros de validación del método de análisis por espectrofotómetro de Absorción Atómica?</p>	<p>Plasmar cada uno de procedimientos en las muestras tomadas en el laboratorio para así el personal de laboratorio tenga PETS de realizar el trabajo. Identificar y regular la cantidad de reactivos y los ácidos utilizados para el estudio de las muestras. Estandarizar los diferentes procesos de ataque a muestras y en diferentes métodos de volumetría y absorción de muestras. Determinar los parámetros de validación del método de análisis por espectrofotómetro de Absorción Atómica</p>		<p>Muestras geológicas y de planta</p>	<p>Volumetría. Espectrofotómetro - Absorción Atómica</p>

Anexo 3 Ubicación y Acceso Unidad Minera Cerro Lindo



Anexo 4 Plano de Distribución del Laboratorio



Anexo 5 Vista panorámica de planta, tanques verdes, relaveras y lomas de unidad Cerro Lindo





**UNIVERSIDAD NACIONAL
JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
DIRECCIÓN DE GESTIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

"AÑO DE LA UNIVERSALIZACIÓN DE LA SALUD"

CONSTANCIA

EL DIRECTOR DE LA DIRECCIÓN DE GESTIÓN DE LA INVESTIGACIÓN DEL VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN, QUIEN SUSCRIBE:

HACE CONSTAR:

Que, don(ña) **JOSE CARLOS SANTOS CARPIO**, autor(a) de la tesis denominada: **"PROCESAMIENTO Y ANALISIS EN LABORATORIO QUÍMICA DE MUESTRAS DE GEOLOGIA Y PLANTA METALÚRGICA EN PROYECTO MINERO CERROLINDO"**, para optar el Título Profesional de **INGENIERO METALÚRGICO**, asesorado por **RONALD FERNANDO RODRIGUEZ ESPINOZA**, aprobó el proceso de revisión en el Software Antiplagio, evidenciándose en el informe de originalidad un índice de similitud de **20%**.

Se otorga la presente constancia para los fines que estime conveniente.

Huacho, 24 de febrero de 2020.



Dr. José Faustino Sánchez Carrión
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
DIRECCIÓN DE GESTIÓN DE LA INVESTIGACIÓN
Walter Stalin Quiroga
Dr. Walter Stalin Quiroga
DIRECTOR

Constancia N° : 174 - 2020 PREG
Expediente N° : 070537 (03/10/19)
Recibo de Ingreso N° : 2612690
Autogenerado : 2625427

Cc: Archivo