

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CÁLLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA**



**“CONTROL DE CALIDAD EN ANÁLISIS DE ORO Y PLATA
REALIZADOS POR ENSAYOS AL FUEGO EN MINERALES”**

INFORME
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO QUÍMICO

PRESENTADO POR
ESPILCO DE LA CRUZ ALFREDO

ASESOR
ING° GLADIS REYNA MENDOZA

Alfredo Espilco

CALLAO – PERÚ

Glady Reyna

2013

PRÓLOGO DEL JURADO

El presente Informe fue Expuesto por la señorita Bachiller **ESPILCO DE LA CRUZ ALFREDO PABLO** ante el **JURADO DE EXPOSICIÓN DE INFORME** conformado por los siguientes Profesores Ordinarios :

ING°	ROBERTO LAZO CAMPOSANO	PRESIDENTE
ING°	SONIA HERRERA SÁNCHEZ	SECRETARIA
ING°	LEONARDO CARLOS PEREYRA	VOCAL
ING°	GLADIŚ REYNA MENDOZA	ASESOR

Tal como está asentado en el Libro de Actas N° 1 de Exposición de Informes Folio N° 196 y Acta N° 192 de fecha **CATORCE DE FEBRERO DE 2013**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Químico en la Modalidad de Titulación de Informe, de conformidad establecido por el Reglamento de Grados y Títulos aprobado por Resolución N° 082-2011-CU de fecha 29 de abril de 2011 y N° 221-2012-CU de fecha 19 de setiembre de 2012

AGRADECIMIENTO :

AGRADEZCO A NUESTRO SEÑOR
JESUCRISTO,

AL SAGRADO CORAZON DE JESÚS.

A MI ESPOSA MARLENY A MIS
HIJOS.

A MI PADRE Y A MI MADRE POR EL
GRAN SACRIFICIO.

DE HACERME UNA PERSONA DE
BIEN.

A MIS MAESTROS QUE
COMPLEMENTARON EN MI.

AL PROFESIONAL QUE SOY.

ÍNDICE

	Pag
I. INTRODUCCIÓN	01
II RESEÑA DE LA EMPRESA	02
2.1 POLÍTICA DE LA EMPRESA	02
III OBJETIVOS	04
3.1 OBJETIVO GENERAL	04
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	04
IV RESUMEN	05
V FUNDAMENTOS TEÓRICOS	06
5.1 ANALISIS QUIMICO	06
5.2 PROPIEDADES DEL ORO Y LA PLATA.	09
5.2.1 PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS DEL ORO.	09
5.2.2 PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS DE LA PLATA.	10
5.3 CLASIFICACION DE LOS MINERALES AURO ARGENTIFEROS	10
5.3.1 MINERALES GEOQUIMICOS	10
5.3.1.1 MINERALES OXIDADOS	11
5.3.1.2 MINERALES SULFURADOS	12
5.3.1.3 MINERALES NEUTRALES	13
5.3.2 MINERALES CONCENTRADOS	13
5.4 REACTIVOS USADOS EN ENSAYOS AL FUEGO	13
5.4.1 REACTIVOS FUNDENTES	14
5.4.1.1 LITARGIRIO	14
5.4.1.2 CARBONATO DE SODIO	15
5.4.1.3 BORAX.	15
5.4.1.4 SILICE	16
5.4.1.5 REACTIVO OXIDANTE	16
5.4.1.6 REACTIVO REDUCTOR	17

	Pag
5.4.2 REACTIVOS QUIMICOS, ELEMENTOS DE PROTECCION PERSONAL MATERIALES, EQUIPOS Y HERRAMIENTAS	17
5.4.2.1 REACTIVOS QUIMICOS	18
5.4.2.2 ELEMENTOS DE PROTECCION PERSONAL	18
5.4.2.3 MATERIALES	19
5.4.2.4 EQUIPOS	19
5.4.2.5 HERRAMIENTAS	20
5.5 DESCRIPCION DEL PROCESO DE ENSAYO AL FUEGO	20
5.5.1 TRATAMIENTO DEL MINERAL	20
5.5.2 PESADA Y PREPARACION DE LA CARGA	21
5.5.3 ETAPAS DE LA FUNDICION	22
5.5.3.1 REACCIONES EN EL PROCESO DE FUNDICION	23
5.5.3.2 ESCORIFICACION DE MUESTRAS ESPECIALES	25
5.5.4 COPELACION	26
5.5.4.1 ENCUARTACION EN LA COPELACION	27
5.5.5 SEPARACIÓN O PARTICIÓN	27
5.5.5.1 SEPARACION DE LA PLATA CON ÁCIDO NITRICOY MEDICIÓN DEL ORO POR ABSORCIONATOMICA	27
5.5.5.2 SEPARACION DE LA PLATA CON ACIDO NITRICOY MEDICIÓN DEL ORO POR GRAVIMETRIA	28
5.5.5.3 SEPARACION DE LA PLATA CON ACIDO SULFURICOY DETERMINACIÓN DEL ORO POR GRAVIMETRÍA	29
5.5.6 CALCULOS DE LAS LEYES DEL ORO Y LA PLATA	29
5.5.6.1 CALCULO DE LA LEY DEL ORO	29
5.5.6.2 CALCULO DE LEYES DE LA PLATA	31
VI ACTIVIDADES REALIZADAS EN LA EMPRESA	34
6.1 ANALISIS DE ORO Y PLATA EN LA MUESTRAS	34
6.1.1 ACONDICIONAMIENTO DE CRISOLES	34

	Pag
6.1.2 PESADO DE MUESTRA	34
6.1.2.1 PESADO DE MUESTRAS GEOQUIMICAS	37
6.1.2.2 PESADO DE MUESTRAS CONCENTRADAS	38
6.1.3 FUNDICION	40
6.1.4 COPELACION	40
6.1.4.1 COPELACION DE MUESTRAS GEOQUIMICAS	41
6.1.4.2 COPELACION DE MUESTRAS CONCENTRADAS	41
6.1.5 SEPARACION DE LA PLATA	42
6.1.5.1 SEPARACION DE LA PLATA POR ABSORCION ATOMICA	43
6.1.5.2 SEPARACION DE LA PLATA POR GRAVIMETRIA	43
6.2 REFORMULACIÓN DEL FUNDENTE Y PREPARACIÓN DE UN NUEVO PATRON INTERNO PARA MUESTRAS DE EXPLORACION	44
6.2.1 JUSTIFICACION	44
6.2.2 OBJETIVO	45
6.2.3 ANTECEDENTES	45
6.2.4 HERRAMIENTAS Y TECNICAS UTILIZADAS	45
6.2.5 DESCRIPCION DE LAS TECNICAS USADAS PARA DESARROLLAR EL PROYECTO	46
6.2.5.1 INFORMACION ADICIONAL	47
6.2.6 DESARROLLO DEL PROYECTO	48
6.2.7 IMPLEMENTACION DE LOS NUEVOS PATRONES	51
6.3 CREACION DE UNA DATA ESTADISTICA PARA EL PLOMO EN EL LABORATORIO QUIMICO DE COMARSA	51
6.3.1 JUSTIFICACION	51
6.3.2 OBJETIVO	51
6.3.3 EFECTOS SOBRE LA SALUD HUMANA Y EL MEDIO AMBIENTE	52
6.3.3.1 EFECTOS SOBRE LA SALUD HUMANA	52
6.3.3.2 EFECTOS AMBIENTALES	52
6.3.4 METODOLOGIA USADA PARA EL PROYECTO	53

6.3.4.1	IDENTIFICACION DE LAS ESTACIONES PARA MONITOREO	53
6.3.4.2	CODIFICACION DE LAS ESTACIONES DE MONITOREO	54
6.3.4.3	MATERIALES Y METODOS	55
6.3.4.4	NORMAS AMBIENTALES UTILIZADAS EN EL PROYECTO	56
6.3.5	DESARROLLO DEL PROYECTO	56
6.3.5.1	RECOLECCION Y TRATAMIENTO DE MUESTRAS	56
6.3.5.2	CUANTIFICACION Y ELABORACION DE LA DATA	58
VII	EVALUACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	60
7.1	CASO I – ANÁLISIS DEL ORO POR PESADA	61
7.2	CASO II – ANÁLISIS DEL ORO POR ABSORCIÓN ATÓMICA	61
7.3	CASO III – ANÁLISIS DE LA PLATA POR PESADA	62
7.4	CASO IV – ANÁLISIS DE LA PLATA POR ABSORCIÓN ATÓMICA	62
7.5	CASO I – FORMULACIÓN DEL FUNDENTE	64
7.6	CASO II – CREACIÓN DE LA DATA ESTADÍSTICA PARA EL PLOMO	66
VIII	CONCLUSIONES	68
IX	RECOMENDACIONES	70
X	BIBLIOGRAFÍA	72
	ANEXOS	73

I INTRODUCCIÓN

El presente informe se basa en los conocimientos y experiencia adquiridos en Laboratorios de Minerales MINLAB, así como en otros laboratorios de análisis de oro y plata.

A fin de presentar las actividades realizadas en la empresa MINLAB de una manera práctica, dinámica y con buen fundamento teórico; se describirán las técnicas usadas para el análisis de oro y plata de diferentes tipos de material geoquímico y concentrados polimetálicos, también se detallarán técnicas de control de calidad para cada etapa de los análisis, basados específicamente en ensayos al fuego.

La experiencia que se vierte en el presente informe es fruto de constante capacitación con la actividad de análisis de oro y plata y control de calidad. Debo señalar sin embargo que todo logro que se consigue pasa necesariamente por un aprendizaje consciente, una visión sistémica y proyección para la mejora continua, tanto del proceso como de la organización.

II RESEÑA DE LA EMPRESA

Minerales Of. Laboratorios S.R. Ltda. MINLAB, es una empresa creada el 23 de marzo de 1997, la oficina principal se encuentra ubicada en el Parque Torres Paz N° 272 Oficina 3 distrito de Barranco y la planta se encuentra ubicada en Jr. España N° 931 La Perla – Callao.

La base legal está dada por la ley general de Sociedades con el tipo de Sociedad de Responsabilidad Limitada. MINLAB no tiene intereses comerciales de manufactura o financiero que pudieran comprometer su independencia.

Independientemente de la actividad principal de análisis y ensayos de minerales, MINLAB también se dedica a la comercialización de equipos para vía seca, materiales para laboratorio y prestaciones de servicios de auditorías y asesoramiento.

2.1 POLÍTICA DE LA EMPRESA

La Política de Calidad de la empresa MINLAB, está basada en la siguiente frase "LA CALIDAD ES NUESTRO NEGOCIO", esto implica que la calidad de sus servicios debe ser del más alto nivel, el cual abarca todos los aspectos de nuestra operación: comercial, administrativo y técnico.

La calidad es un compromiso colectivo en MINLAB, es una responsabilidad individual y colectiva de todos los empleados; cuenta con todos los elementos que son

indispensables para garantizar la precisa y objetiva evaluación, así como el control de calidad del mineral que se analiza.

Igualmente se considera que la seguridad y su control respectivo son fundamentales para la aplicación de las diversas técnicas operacionales y procesales, es por ello que las charlas de seguridad resultan prioritarias.

III OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Certificación del control de calidad en un análisis del oro y plata, para los distintos tipos de mineral geoquímico y concentrados polimetálicos de ensayos al fuego.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 1) Dar a conocer el proceso sistemático de las etapas que componen de oro y plata como: pesado, fundición, copelación y partición y reporte de leyes.
- 2) Garantizar el buen uso, manipulación de equipos y reactivos que contribuirán a reducir la incidencia de errores en los resultados del análisis de oro y plata.
- 3) Describir la técnica de preparación para la optimización de un fundente de minerales geoquímicos.

IV RESUMEN

La determinación de oro y plata por ensayo al fuego, constituye un análisis químico cuantitativo, el cual se fundamenta en el uso de elevadas temperaturas y la presencia de óxido de plomo, donde este último por acción de agentes reductores en la etapa de fundición se oxida hasta plomo metálico el cual colecta los metales preciosos (oro, plata, platino) y algunas impurezas, formando una aleación.

La aleación es oxidada en otra etapa de fusión oxidante conocida como copelación a óxido de plomo, y de esa manera se obtiene un botón de metal precioso que es luego disgregado por un ataque ácido quedando el oro libre de la plata; dependiendo del tamaño del botón de oro se podrá seleccionar el método que cuantificará al botón de oro.

Si el botón de oro es grande, este se pesa con una balanza ultramicroanalítica y si el botón de oro es pequeño se disgrega con ayuda de ácidos en tubos para luego ser cuantificados mediante el uso del espectrofotómetro de absorción atómica.

V FUNDAMENTO TEÓRICO

5.1 ANÁLISIS QUÍMICO

El análisis químico comprende todas las operaciones que se realizan para averiguar los componentes que forman un compuesto químico o mezclas de compuestos, el análisis químico se subdividen en Química Analítica Cualitativa y Química Analítica Cuantitativa. Para nuestro interés detallaremos el Análisis Cuantitativo Inorgánico, el cual a su vez se divide en :

a) Análisis Gravimétrico.- El análisis gravimétrico es una de las principales divisiones de la química analítica, en la cual la cantidad de analito se determina por medio de una pesada. Este se separa de los demás componentes de la mezcla, así como del solvente.

El método más utilizado de separación es el de precipitación. El precipitado debe ser tan poco soluble de manera tal que el constituyente en cuestión precipite cuantitativamente y la cantidad del analito que no precipite no sea detectable analíticamente.

Existe otros métodos tales como: electrolisis, extracción por solvente, cromatografía y volatilización. (Ayres 2001)

b) Análisis Volumétrico.- La valoración o titulación es un método corriente de análisis químico cuantitativo en el laboratorio, que se utiliza para determinar la concentración desconocida de un reactivo conocido. Debido a que las medidas de volumen juegan un papel fundamental en las titulaciones, se le conoce también como análisis volumétrico.

Un reactivo llamado "valorante" o "titulador" de volumen y concentración conocida (una solución estándar o solución patrón) se utiliza para que reaccione con una solución del analito de concentración desconocida. Utilizando una bureta calibrada para añadir el valorante es posible determinar la cantidad exacta que se ha consumido cuando se alcanza el punto final.

El punto final es el punto en el que finaliza la valoración, y se determina mediante el uso de un indicador. Idealmente es el mismo volumen que en el punto de equivalencia, el número de moles de valorante añadido es igual al número de moles de analito, algún múltiplo del mismo. En la valoración clásica ácido fuerte-base fuerte, el punto final de la valoración es el punto en el que el pH del reactante es exactamente 7, y a menudo la solución cambia en este momento de color de forma permanente debido a un indicador; sin embargo, existen muchos tipos diferentes de valoraciones.

Pueden usarse muchos métodos para indicar el punto final de una reacción : a menudo se usan indicadores visuales los que cambian de color. En una titulación o valoración ácido-base simple, puede usarse un indicador de pH, como la fenolftaleína, que es normalmente incolora pero adquiere color rosa cuando el pH

es igual o mayor que 8,2 o el naranja de metilo, de color rojo en medio ácido y amarillo en disoluciones básicas. No todas las titulaciones requieren un indicador. En algunos casos, o bien los reactivos o los productos son fuertemente coloreados y pueden servir como "indicador". Por ejemplo, una titulación o valoración redox que utiliza permanganato de potasio como disolución estándar (rosa/violeta) no requiere indicador porque sufre un cambio de color fácil de detectar pues queda incolora al reducirse el permanganato. Después del punto de equivalencia, hay un exceso de la disolución titulante (permanganato) y persiste un color rosado débil que no desaparece. (Ayres 2001)

c) Análisis Instrumental.- Es el análisis químico llevado a cabo mediante equipos que miden alguna propiedad de los compuestos. Ejemplo : intensidad de radiación absorbida o emitida, número de iones, etc.; se clasifican en :

1) Métodos Ópticos.- Son métodos que implican una interacción entre la materia y la radiación electromagnética. Se basa en fenómenos ópticos clásicos como son : absorción, emisión, difracción, dispersión. En el intervalo del espectro electromagnético desde los rayos X a las microondas, el espectro de fonometría UV-visible, espectroscopia IR, absorción atómica y de rayos X

2) Métodos Electroquímicos.- Se basan en las propiedades electroquímicas de las soluciones. Entre ellos tenemos : potenciometría, polarografía, electrogravimetría, coulombimetría.

- 3) **Métodos de Separación.**- Se basa en la separación de los compuestos de las sustancias en elementos más simples. Ejemplo : la cromatografía, la cual constituye uno de los grandes grupos de los métodos instrumentales por su aportación al estudio de mezclas complejas.
- 4) **Métodos Térmicos.**- Estudian transiciones de fases por observaciones del calor absorbido o liberado. Registran las variaciones de peso mientras se calienta en un horno, siguen el curso de una reacción por observación de calor liberado. Entre ellos tenemos : Termogravimetría, Análisis Térmico diferencial, Calorimetría de barrido. (Ayres 2001)

PROPIEDADES DEL ORO Y LA PLATA.

5.1.1 PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL ORO.

TABLA N° 1

PROPIEDADES FÍSICAS QUÍMICAS DEL ORO	
PROPIEDAD	DESCRIPCIÓN DE LA PROPIEDAD
Símbolo Químico	Au
Numero atómico	79
Peso atómico	196,97 g/mol
Estados de oxidación	+1 + 3
Densidad	19,32 g/cm ³ (a 20°C)
Punto de fusión	1064,33°C
Dureza	2,5 Mohs
Ductibilidad, maleabilidad	excelente < 0,0000125 mm
Soldabilidad	excelente con Ag, Sn
Trabajabilidad en caliente	excelente a partir de 300°C

Fuente : Gilber H. Ayres "Análisis Químico Cuantitativo" Ediciones del Castillo S.A. 2001

5.2.2 PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DE LA PLATA

TABLA N° 2

PROPIEDADES FÍSICAS QUÍMICAS DE LA PLATA	
PROPIEDAD	DESCRIPCIÓN DE LA PROPIEDAD
Símbolo	Ag
Numero atómico	47
Peso atómico	107,87 g/mol
Estados de oxidación	+1
Densidad	10,49 g/cm ³ (a 20°C)
Punto de fusión	962°C
Dureza	2,5 Mohs
Ductibilidad, maleabilidad	Excelente < 0,0000125 mm
Soldabilidad	excelente con Au, Sn.
Las sales de plata	Fotosensibles

Fuente : Gilber H. Ayres "Análisis Químico Cuantitativo" Ediciones del Castillo S.A. 2001

5.3 CLASIFICACIÓN DE LOS MINERALES AURO – ARGENTÍFEROS

Previo a la aplicación de cualquier proceso de concentración del mineral, es importante conocer el estado natural de las distintas especies mineralógicas que lo componen.

5.3.1 MINERALES GEOQUÍMICOS

Para fines de Ensayos al fuego, los minerales geoquímicos se clasifican como: minerales oxidados, minerales sulfurados, minerales neutrales.

5.3.1.1 MINERALES OXIDADOS

Estos minerales tienen la capacidad de oxidar al plomo metálico a litargirio, debido a su fuerza oxidante (Ver Tabla N° 3 y N° 29 del Anexo N° 2) Su composición mineralógica es muy diversa Ver Figura N° 2 del Anexo N° 2

TABLA N° 3

FUERZA OXIDANTE DE MINERALES	
AGENTES OXIDANTES	FUERZA OXIDANTE
HEMATITA (Fe ₂ O ₃)	1,3
MAGNETITA (Fe ₃ O ₄)	0,9
NITRATO DE POTASIO (KNO ₃)	4,2
PIROLUSITA (MnO ₂)	2,4

Fuente : Procesamiento de Minerales Auríferos – Manual de Operaciones TECSUP 2007

TABLA N° 4

DETERMINACIÓN DE FUERZA OXIDANTE

$$Fuerza\ Oxidante = \frac{12 * peso\ de\ harina\ (g) \cdot peso\ de\ regulo\ (g)}{peso\ de\ muestra\ (g)}$$

$$Harina\ a\ Aumentar = \frac{peso\ de\ muestra\ (g) * Fuerza\ oxidante}{12}$$

Fuente : MÉTODO PARA DETERMINAR ORO Y PLATA JIS: M 8111

5.3.1.2 MINERALES SULFURADOS

Estos minerales contienen sulfuro en diverso grado, (Ver Tabla N° 5 y N° 30 del Anexo N° 2); debido a su fuerza reductora, estos reducen el litargirio a plomo metálico. También se cuentan entre estos, a carbones en forma libre o como hidrocarburos, en forma de grafito, o hulla; para mejor compresión de este tipo de minerales, observar las Figuras N° 3 del Anexos N° 7

TABLA N° 5

FUERZA REDUCTORA DE MINERALES	
AGENTES REDUCTORES	FUERZA REDUCTORA
ARSENOPIRITA (FeAsS)	7
CARBÓN (C)	18 – 25
CHALCOSITA (Cu ₂ S)	5
CHALCOPIRITA (CuFeS ₂)	8
GALENA (PbS)	3,4
PIRITA (FeS)	11
ESFALERITA (ZnS)	8

Fuente : Procesamiento de Minerales Auríferos – Manual de Operaciones TECSUP 2007

TABLA N° 6

DETERMINACIÓN DE FUERZA REDUCTORA

$$Fuerza\ Reductora = \frac{Peso\ de\ regulo \cdot 12 * peso\ de\ harina\ (g)}{peso\ de\ muestra\ (g)}$$

En caso de no necesitar harina, solamente usar KNO₃

$$Fuerza\ Reductora = \frac{Peso\ de\ regulo}{peso\ de\ muestra\ (g)}$$

Fuente : MÉTODO PARA DETERMINAR ORO Y PLATA JIS: M 8111

5.3.1.3 MINERALES NEUTRALES

A estos minerales se les conoce como aquellos que no son suficientemente capaces de reducir el litargirio a plomo metálico. Tenemos entre ellos al cuarzo, caliza, crisocola, malaquita, azurite, corundum, cromita, magnesita, siderita, rodocromita, wulfenite, etc.

5.3.2 MINERALES CONCENTRADOS

Los minerales concentrados vienen a ser la pulpa espesa obtenida de la etapa de flotación en el proceso productivo, su composición depende de la mineralogía de la mina. En el caso del concentrado de cobre, este se encuentra como una mezcla de sulfuro de cobre, fierro y una serie de sales de otros metales; igualmente el concentrado de zinc viene a ser una mezcla de sulfuro de zinc, sílice y sales de otros metales, lo mismo podemos decir sobre el concentrado de plomo.

5.4 REACTIVOS USADOS EN ENSAYOS AL FUEGO

Para los análisis de ensayos al fuego se hace uso de un sin número de reactivos los cuales detallaremos a continuación:

5.4.1 REACTIVOS FUNDENTES

5.4.1.1 LITARGIRIO

El litargirio PbO , es el reactivo más importante en la fundición. Este reactivo tiene varias funciones en la etapa de fundición, como:

- a) Es un fundente básico que funde a $883^{\circ}C$, formando diferentes tipos de silicatos y mezclados todos ellos con punto de fusión alrededor de $750^{\circ}C$. Estos silicatos cuando son mezclados en una escoria con otros componentes tienden a bajar su punto de fusión.
- b) Da origen al plomo metálico el cual actúa como colector de los metales preciosos.
- c) Es un agente desulfurante y oxidante.
- d) El exceso previene la reducción de otros metales tales como : Sb, Bi, Cu, Fe, Zn.

El litargirio comienza a volatilizarse a $800^{\circ}C$; cuando se encuentra con mezclas de silicio permite la formación de un punto eutéctico de fusión de aproximadamente $700^{\circ}C$

5.4.1.2 CARBONATO DE SODIO

Sus características dentro de la etapa de fundición son:

- a) Es un poderoso fundente básico que transforma los sulfuros alcalinos a sulfatos en presencia de aire fundiendo a 852°C, combinándolo con sílice dan silicatos fusibles.
- b) Cuando esta fundiendo tiene la propiedad de retener en suspensión o disolver una gran cantidad de material ganga refractaria. Actúa como agente desulfurante en otras palabras oxida al azufre.

5.4.1.3 BÓRAX

Características del bórax dentro de la etapa de fundición son:

- a) Es un fundente ácido usado para combinarse o disolver algunos componentes ácidos de la ganga formando boratos complejos fácilmente fusibles, se funde a 742°C
- b) Como fundente de baja temperatura facilita la escorificación de los minerales y al mismo tiempo baja el punto de fusión de todas las escorias, también es importante considerar que la adición de bórax a la muestra produce una fusión quieta y ordenada sin proyecciones.

- c) Un exceso de bórax debe ser evitado porque la plata tiende a perderse hacia la escoria bajo dichas condiciones. El bórax hace la escoria menos viscosa. También por su baja temperatura se usa como tapa superficial del crisol de fundición para evitar proyecciones.

5.4.1.4 SÍLICE

Es un fundente ácido, cuya temperatura de fusión es de 1755°C , se caracteriza porque:

- a) Es un fundente y escorificante que se combina con los óxidos metálicos dando silicatos fácilmente fusibles, material predominante en todas las escorias, su adición se regula en base a la cantidad de sílice que contiene la muestra.
- b) Origina una mejor fluidez a la escoria ayudando con ello a proteger el crisol en el caso de corrosión que origina el litargirio.

5.4.1.5 REACTIVO OXIDANTE

El Nitrato de Potasio KNO_3 , se utiliza como agente oxidante tanto del sulfuro como del carbón que se encuentran en el mineral. Se caracteriza porque:

- a) Tiene un punto de fusión de 333°C y a temperatura superior a 400°C comienza a descomponerse para reaccionar con los otros materiales, oxidándolos directamente o generando oxígeno disponible para la oxidación. En muestra que contiene

cloruros, estos en conjunto con los sulfatos productos de la reacción, forman una capa separada sobre la escoria cuando la fusión es vaciada en la lingotera.

- b) Se sabe en términos generales que un gramo de KNO_3 oxida 4 g de plomo metálico a litargirio. Este reactivo se utiliza principalmente en materiales sulfurados y carbonosos en donde su adición provoca una regulación del tamaño del regulo de plomo obtenido. Tampoco es conveniente adicionarlo en cantidades desmedidas debido a que provoca oxidación de la plata.

5.4.1.6 REACTIVO REDUCTOR

La harina común se utiliza como agente reductor del litargirio y su adición regula el tamaño del regulo con lo cual garantizamos una buena colecta de metales preciosos.

5.4.2 REACTIVOS QUÍMICOS, ELEMENTOS DE PROTECCIÓN PERSONAL MATERIALES, EQUIPOS Y HERRAMIENTAS.

Detallaremos a continuación la relación de reactivos y de elementos usados en el proceso de ensayos al fuego.

5.4.2.1 REACTIVOS QUÍMICOS

TABLA N° 7

REACTIVO QUÍMICO	FORMULA
Nitrato de Plata	AgNO ₃
Ácido clorhídrico	HCl
Ácido nítrico concentrado	HNO ₃
Ácido nítrico diluido	HNO ₃ al 15%
Ácido sulfúrico concentrado	H ₂ SO ₄
Ácido sulfúrico diluido	H ₂ SO ₄ al 50%
Hidróxido de amonio	NH ₄ OH al 50%

Fuente : Laboratorio de Minerales Minlab 2000

5.4.2.2 ELEMENTOS DE PROTECCIÓN PERSONAL

TABLA N° 8

ELEMENTOS DE PROTECCIÓN PERSONAL
Protector facial transparente y refractante.
Guantes de asbesto y con punto de neopreno.
Traje protector aluminizado
Lentes oscuros de seguridad.
Lentes claros contra ácidos.
Ropa impermeable contra ácidos.
Respirador con filtro para polvo químico.
Respirador con cartuchos para gases químicos.
Extintores con polvo químico seco tipos A, B, C.

Fuente : Laboratorio de Minerales – Manual de Procedimientos Minlab 2000

5.4.2.3 MATERIALES

TABLA N° 9

MATERIALES	CAPACIDAD
Crisoles refractarios	30 g
Copelas de magnetita.	N° 9
Crisol de porcelana	30 ml
Tubos de ensayo	10 mL
Tubos de ensayo	5 mL
Portatubos.	30 unidades
Bureta	200 mL
Pipeta	10 mL
Bolsas de polietileno	15*25 cm.
Brochas	2"

Fuente : Laboratorio de Minerales –
Manual de Procedimientos
2000 Minlab – Lima

5.4.2.4 EQUIPOS

TABLA N° 10

EQUIPOS
Equipo Espectrofotómetro de Absorción Atómica PERKIN ELMER 3300
Balanza ultramicroanalítica SARTORIUS S – 4 d = 0,0001 mg
Balanza electrónica PJ – 300 METTLER, d = 0,001 g
Balanza de plataforma HP AND – 40K máx. 41 Kg d = 0,5
Horno diesel. JVC INGENIEROS Rango de temperatura máx. 1 200°C
Horno eléctrico DFC 810 – B CERAMICS FURNACE.
Campana extractora de gases.
Plancha eléctrica. Thermo Scientific Rango de temperatura máx. 400°C

Fuente : Laboratorio de Minerales – Manual de Procedimientos 2000
Minlab – Lima

5.4.2.5 HERRAMIENTAS

TABLA N° 11

HERRAMIENTAS
Tenazas para crisoles y copelas.
Lingoteras de acero inoxidable.
Bandejas con cavidades numeradas para depósito de regalos.
Bandeja enumerada portadores.
Yunque y martillo.
Pinzas.
Rastrillo para emparejar pisos del horno.
Cargador portacopelas

Fuente : Laboratorio de Minerales – Manual de Procedimientos
2000 Minlab – Lima

5.5 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE ENSAYO AL FUEGO

A continuación detallaremos las diferentes etapas que se desarrollan en el proceso de ensayo al fuego, para un mejor seguimiento de este proceso **Ver Diagrama de Flujo N° 1**

5.5.1 TRATAMIENTO DEL MINERAL

El tratamiento del mineral es la etapa preliminar para cualquier tipo de análisis. La calidad de la preparación tiene influencia decisiva en el resultado final. Para ello se ha creído conveniente dar pautas de una buena preparación mecánica de la muestra (**Ver Diagramas de Flujos N° 4, N° 5, N° 6 y N° 7 de los Anexos N° 3, N° 4, N° 5 y N° 6**)

Si una muestra no fue correctamente preparada, no importa el método de análisis que se aplique, ni el más sofisticado equipo analítico que se utilice, los resultados jamás será una medida real de la muestra. Para obtener una buena preparación de muestra, se debe hacer un buen muestreo, de manera que se obtenga un lote representativo, el cual posteriormente será secado y finalmente reducido de tamaño a mallas – 200 (**Ver figuras N° 4 y N° 5 del Anexo N° 7**)

5.5.2 PESADA Y PREPARACIÓN DE LA CARGA

Para preparar la carga, debemos previamente conocer el tipo de mineral que trataremos; si fuera el caso de un mineral concentrado, para el tratamiento se debe de contar con un agente oxidante (KNO_3) el cual nos ayudará a obtener una buena carga de fusión por el grado de sulfuración de la muestra. Si fuera el caso de un mineral geoquímico oxidado, necesitaríamos de un agente reductor (harina) (**Ver tabla N° 3 y N° 4**). Si fuera una muestra geoquímica sulfurada (**Ver tabla N° 5 y N° 6**) el tratamiento sería igual al de un mineral concentrado.

Una vez reconocido el tipo de mineral, pesamos la muestra en una bolsa y luego colocados en unos crisoles de arcilla, el peso de cada muestra va a depender del tipo de mineral que estamos analizando.

Agregamos el agente reductor u oxidante según sea el caso, la cantidad depende del peso del mineral; pesar luego el fundente respectivo y homogenizar la carga, para finalmente ingresar los crisoles al horno de fundición.

5.5.3 ETAPAS DE LA FUNDICIÓN

Detallaremos a continuación las etapas que suceden en la fundición;

- a) El paso preliminar es el calentamiento de la carga, que provocara el inicio de la reducción de litargirio a plomo, así como la descomposición del nitrato, **ver las reacciones del N° 1 al N° 4**. Empieza así los primeros cambios de estado de algunos componentes.
- b) En esta segunda etapa se llevaran a cabo la mayoría de las reacciones y la fundición presentara un aspecto de agitación violenta.

El plomo reducido desde el litargirio debido al carbón o al azufre colecta las partículas de metales preciosos a través de toda la escoria debido a su peso específico.

El carbonato de sodio y bórax reaccionan con los constituyentes ácidos básicos de la fundición y produce más escoria, **ver reacciones del N° 5 al N° 14** En esta etapa se desarrolla gran cantidad de gases.

- c) La tercera etapa es conocida como un periodo de fundición quieta por solo tratarse de la formación mayoritaria de escoria con una buena fluidez, **ver reacciones del N° 15 al N° 21** y de la formación del regulo (aleación de plomo más metales preciosos) que colectó todas las trazas de metales preciosos presentes en la muestra tratada.

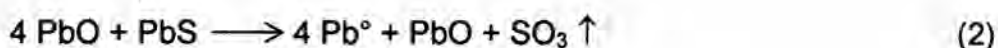
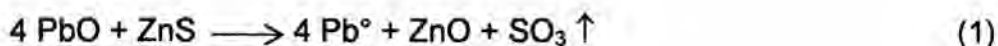
Los crisoles son luego retirados del horno y movidos suavemente con un giro circular para coleccionar todo el regulo para posteriormente ser vaciado a la lingotera (moldes de fierro). El regulo frío debe sacarse de la lingotera y posteriormente llevarlo a la etapa de Copelación.

5.5.3.1 REACCIONES EN EL PROCESO DE FUNDICIÓN

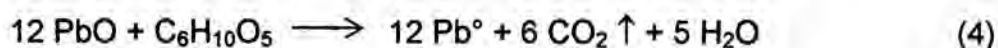
Definiremos las distintas reacciones que ocurren en esta etapa a las diferentes temperaturas de trabajo propias de la fundición:

a) Reacciones a 500°C :

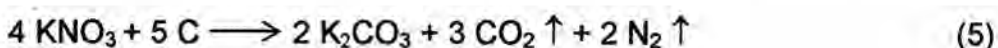
- Para muestras sulfuradas :

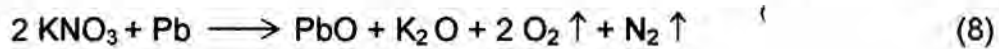
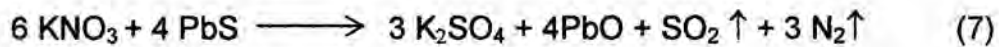
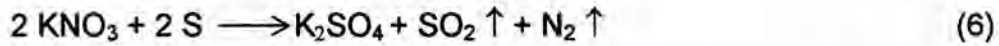


- Para muestras neutras y oxidantes agregamos harina :

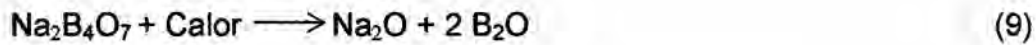


- Para minerales con contenido de sulfuro agregamos nitrato de potasio :





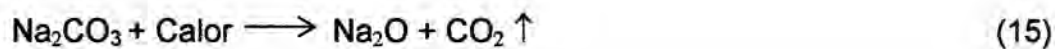
b) Reacciones a 550°C

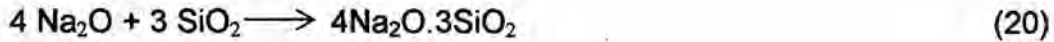


c) Reacciones a 700°C para distintos minerales ensayados :



d) Reacciones a 852°C. Aquí se podrá observar totalmente el comportamiento de cada uno de los fundentes :





- e) Reacciones de 900°C á 1 000°C, se dan formaciones de sesquisilicatos de excelente fluidez y de baja gravedad específica por lo que sobrenadará en el crisol, y el botón de regulo por su alta gravedad específica decantará en el fondo del crisol de arcilla.

5.5.3.2 ESCORIFICACIÓN DE MUESTRAS ESPECIALES

Este análisis se realiza cuando el regulo presenta una dureza o una situación difícil o de quebrantamiento al amoldamiento cúbico. La escorificación es un proceso de fusión oxidante que se efectúa en forma general en algunos de los siguientes casos.

- a) Disminución del tamaño del regulo.
- b) Reducción de más régulos en un único regulo producto de fusiones separadas.
- c) Eliminar impurezas del regulo como el fierro y el cobre muy comunes en concentrados y cementos de cobres.

La escorificación comienza agregando el regulo sucio al escorificador al cual envolvemos con una capa de bórax y un poco de sílice. Posteriormente colocamos el escorificador en el horno por un tiempo determinado, el punto final de la escorificación será cuando se note la desaparición del círculo brillante en el centro de la carga.

Retiramos el escorificador del horno, vertiendo el contenido en una lingotera en frío con la ayuda de una pinza y una comba formamos un cubo metálico.

5.5.4 COPELACIÓN

La etapa de copelación tiene por objeto la oxidación del regulo (aleación de plomo y metales preciosos) en un horno de copelación a una temperatura elevada; obteniéndose un botón que es una aleación llamada doré (metales preciosos), de acuerdo a:

- a) Para comenzar la etapa previamente calentamos las copelas limpias y enumeradas
- b) a temperatura de 950°C por 20 minutos.
- c) Colocamos los régulos en las copelas calientes y se cierra la puerta del horno a una temperatura de copelación (950°C)
- d) La temperatura elevada va a evitar que el plomo ya fundido se enfríe y con ello forme una capa de óxido infusible o comúnmente conocido como "congelado".
- e) Una vez que el regulo está fundido se entreabre la puerta para dar ingreso al oxígeno



- f) El litargirio obtenido es adsorbido por la copela por atracción capilar, y los otros metales bases son infusibles a esta temperatura y no adsorbidas por la copela.
- g) Para finalizar la copelación el relampagueo es la señal final, retiramos y dejamos enfriar para posteriormente pesar.

5.4.1.1 ADICIÓN DE PLATA PARA LA COPELACIÓN

Esta operación consiste en agregarle plata químicamente pura a los análisis de oro (muestras de exploración), porque las aleaciones de oro y plata no llegan a una relación adecuada de separación ácida (nítrica o sulfúrica) la cual debe estar dada por una relación mayor a 1:3 respectivamente. Una relación menor evitaría una separación de los metales preciosos, el agregar el exceso de plata se puede dar tanto en el fundente como en el regulo al empezar la copelación.

5.5.5 SEPARACIÓN O PARTICIÓN

En esta etapa procederemos a separar la plata del oro para ello contamos con diferentes métodos los cuales explicaremos a continuación.

5.5.5.1 SEPARACIÓN DE LA PLATA CON ÁCIDO NÍTRICO Y MEDICIÓN DEL ORO POR ABSORCIÓN ATÓMICA

Para este caso la separación de la plata se realiza, agregando ácido nítrico diluido y calentarlo a baja temperatura durante un corto tiempo hasta que la plata se disuelva completamente, (**Ver Reacción N° 24**), el oro quedará libre.

Para cuantificar el oro procedemos a realizar la disgregación del mismo en tubos aforados agregando ácido clorhídrico concentrado (**Ver Reacción N° 23**). Luego de disgregar el oro, aforamos y homogenizamos la solución, finalmente se cuantifica en el equipo de absorción atómica.

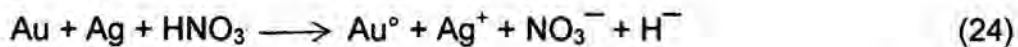
Reacción involucrada :



5.5.5.2 SEPARACIÓN DE LA PLATA CON ACIDO NÍTRICO Y MEDICIÓN DEL ORO POR GRAVIMETRÍA

Después de colocar el botón de dore (oro + plata) laminado en un crisol de porcelana. Agregamos un volumen adecuado de ácido nítrico diluido, calentamos a baja temperatura durante un tiempo. La operación continua con la decantación del oro con ayuda de una bagueta inclinamos el crisol y retiramos la solución nitrato de plata.

Agregamos luego una solución de ácido nítrico concentrado calentamos a una mayor temperatura, ocurre la siguiente reacción:

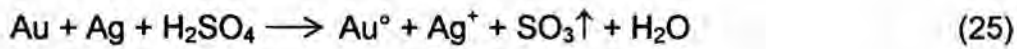


Terminado un tiempo procedemos a eliminar la solución de plata, al botón de oro lavamos con agua y con hidróxido de amonio. El crisol con el botón de oro se seca y calcina. Se deja enfriar para finalmente pesarlo.

5.5.5.3 SEPARACIÓN DE LA PLATA CON ACIDO SULFÚRICO Y DETERMINACIÓN DEL ORO POR GRAVIMETRÍA

Esta operación la realizamos cuando se trata de leyes altas de dore (oro + plata). Para ello colocamos el botón en un crisol de porcelana que contiene ácido sulfúrico concentrado calentar por unos minutos.

Después enfriar y eliminar la solución de plata con ayuda de una bagueta. El botón de oro es lavado con ácido sulfúrico diluido caliente, posteriormente lavamos el botón de oro con agua caliente. Luego el crisol que contiene el botón de oro será secado, calcinado y pesado en frío.



5.5.6 CÁLCULOS DE LAS LEYES DEL ORO Y LA PLATA

5.5.6.1 CÁLCULO DE LA LEY DEL ORO

a) CALCULO PARA EL ORO POR PESADA

$$Au_1 = \frac{P_1 * 1000}{P} \quad (\alpha)$$

$$Au_2 = \frac{P_1 * 29,1667}{P} \quad (\beta)$$

Donde :

Au₁ : Contenido de oro en gramos por tonelada métrica (ppm)

Au₂ : Contenido de oro en onzas por toneladas cortas (Oz/tc)

P₁ : Peso del botón de oro en miligramos

P : Peso de la muestra utilizada en gramos

b) CÁLCULO PARA EL ORO POR ABSORCIÓN ATÓMICA

$$Au_3 = \frac{V * (Lect - Lect\ bk) * 1000 * Fd}{P} \quad (\gamma)$$

Donde :

Au₃ : Contenido de oro en ppb

V : Volumen de fiola leída en mililitros

Lect : Lectura de la solución por absorción atómica en ppm

Lect bk : Lectura de la solución en blanco por absorción atómica en ppm

P : Peso de la muestra en gramos

Fd : Factor de dilución, el cual depende del volumen finalmente leído

5.5.6.2 CÁLCULO DE LEYES DE LA PLATA

a) CÁLCULO PARA LA PLATA POR PESADA

$$Ag_1 = \frac{(P_3 * P_2 - P_1) * 1000 * Fa}{P} \quad (\delta)$$

$$Ag_2 = \frac{(P_3 * P_2 - P_1) * 29,1667 * Fa}{P} \quad (\epsilon)$$

Donde :

Ag₁ : Contenido de plata en gramos por tonelada métrica (ppm)

Ag₂ : Contenido de plata en onzas por toneladas cortas (Oz/tc)

P₁ : Peso del botón de oro en miligramos

P₂ : Peso del blanco fundente en miligramos

P₃ : Peso del botón de dore en miligramos

P : Peso de la muestra utilizada en gramos

Fa : Factor de ajuste, es obtenido a partir del peso de la plata pesada para el título

b) CÁLCULO PARA LA PLATA POR ABSORCIÓN ATÓMICA

$$Ag_3 = \frac{V * (Lect - Lect_{bk}) * 0,001 * F}{P} \quad (\theta)$$

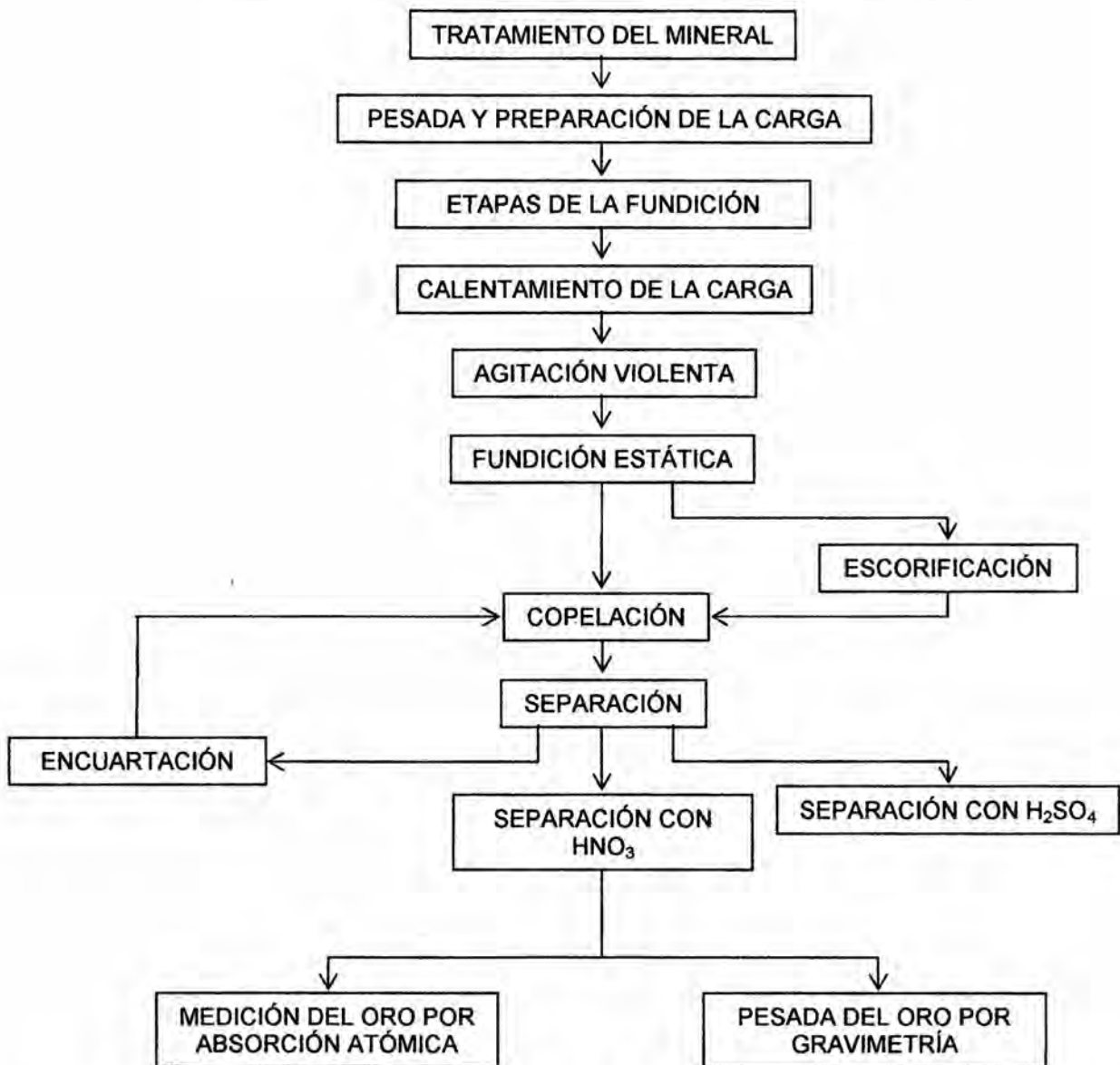
Donde :

- Ag_s** : Contenido de plata en ppm
- V** : Volumen de fiola leída en mililitros
- Lect** : Lectura de la solución por absorción atómica en ppm
- Lect bk** : Lectura de la solución en blanco por absorción atómica en ppm
- P** : Peso de la muestra en gramos
- F** : Factor de dilución

El factor de dilución es obtenido de la relación a partir de la dilución de la solución y viene dado por el volumen final de la fiola aforada para la nueva lectura y la alícuota tomada del volumen anteriormente leído.

DIAGRAMA N° 1

DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE ENSAYO AL FUEGO



Fuente : Laboratorio de Minerales – Manual de Procedimientos 2000 Minlab – Lima

VI ACTIVIDADES REALIZADAS EN LA EMPRESA

ACTIVIDADES COTIDIANAS

6.1 ANÁLISIS DE ORO Y PLATA EN LA MUESTRAS

Para empezar a realizar el análisis el personal deberá de contar primeramente con todo los implementos de seguridad tal como son señalados en la **Tabla N° 31** del **Anexo N° 8**. Para mejor entendimiento del trabajo mostraremos los Diagramas de Flujo de los análisis respectivos:

6.1.1 ACONDICIONAMIENTO DE CRISOLES

Se limpian los crisoles de 40 g con la ayuda de una espátula luego con aire a presión, se enumeran luego con códigos alfanuméricos usando crayones resistentes a altas temperaturas, se colocan luego en la porta crisol, ordenados en anaqueles de 6x4 en forma ascendente de izquierda a derecha.

6.1.2 PESADO DE MUESTRA

Por contar en este caso con dos tipos distintos de minerales explicaremos detalladamente cada una de ellas.

DIAGRAMA N° 2

ANÁLISIS DE ORO Y PLATA POR ENSAYOS AL FUEGO PARA MUESTRAS DE EXPLORACIÓN

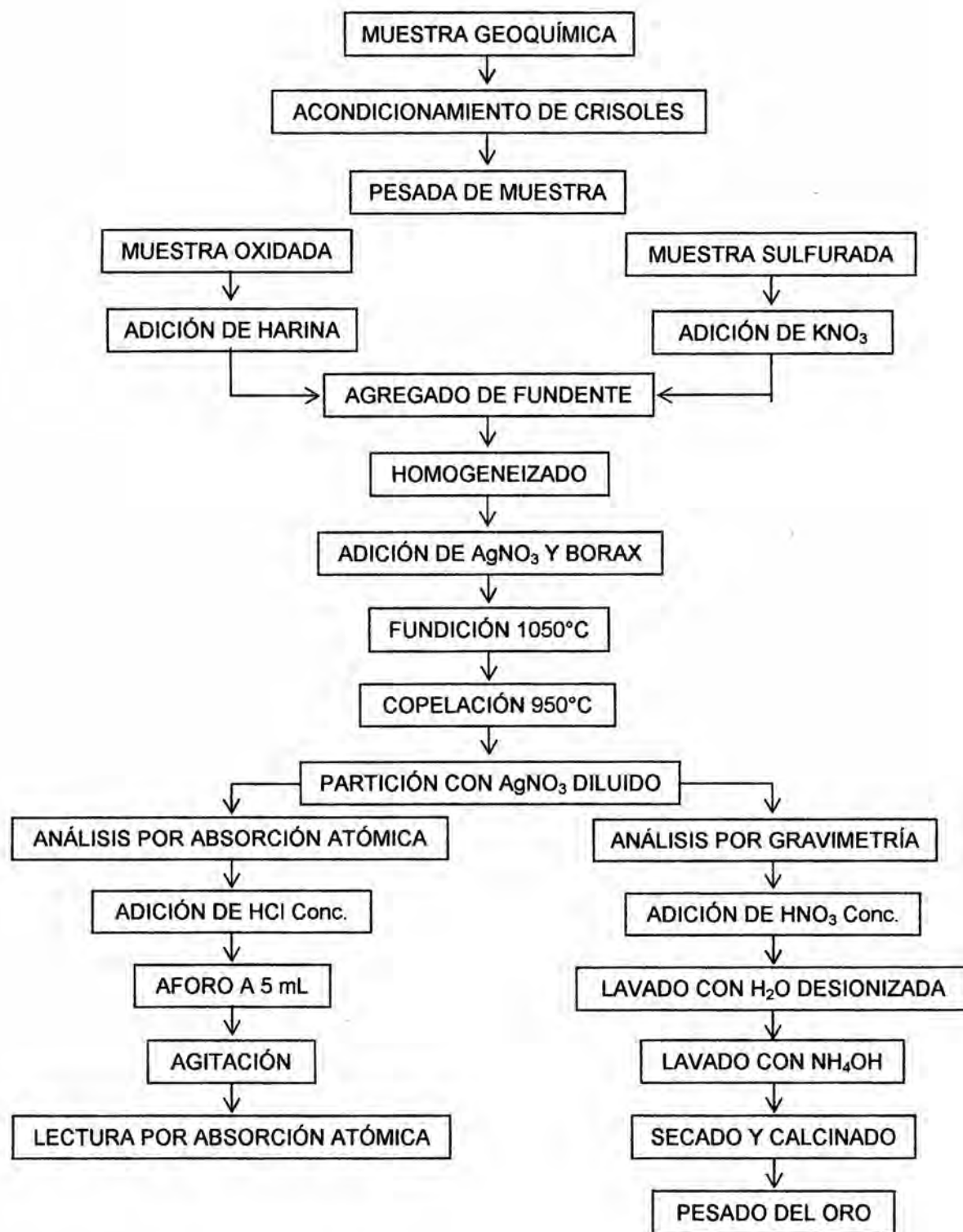
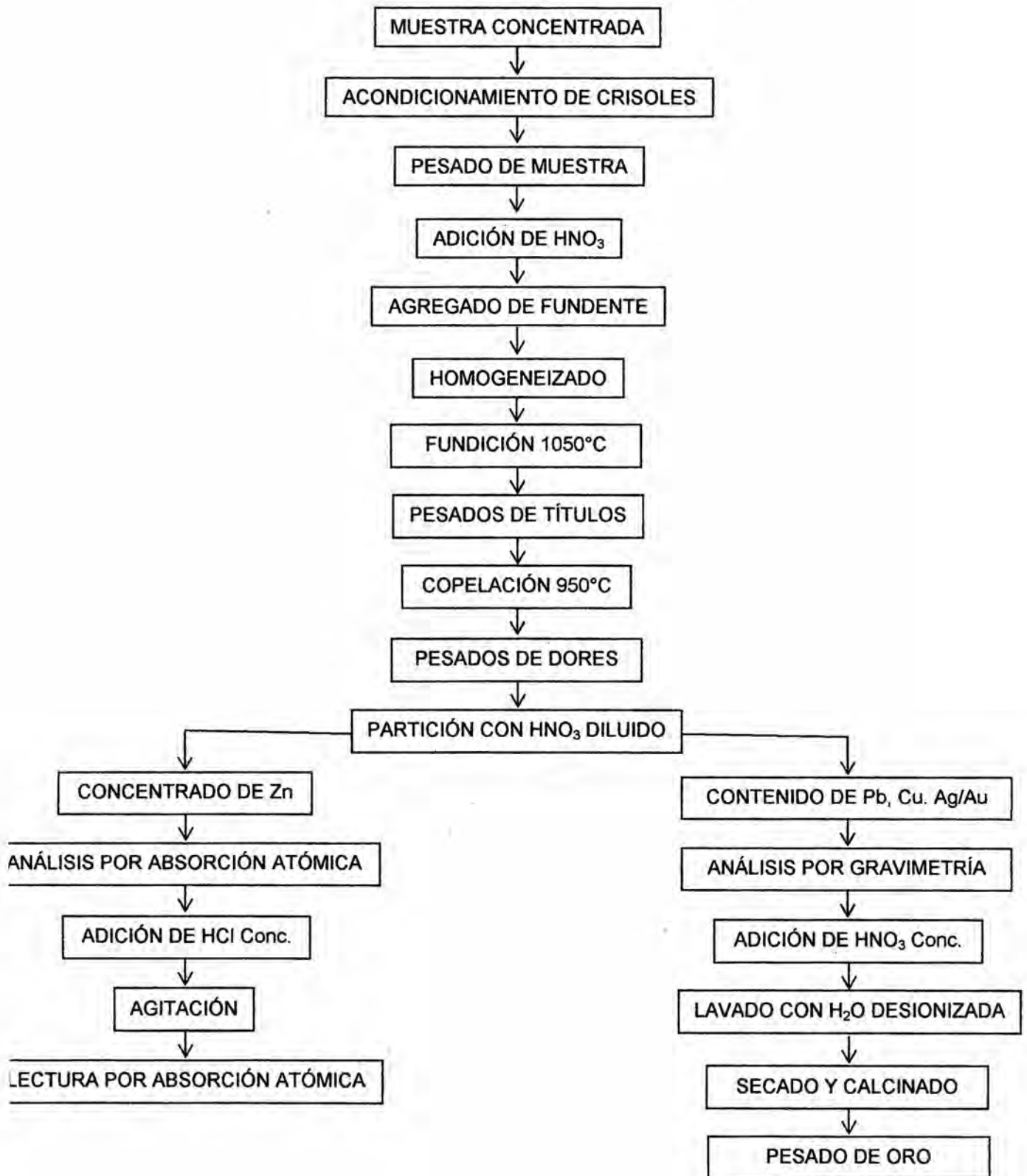


DIAGRAMA N° 3

ANÁLISIS DE ORO Y PLATA POR ENSAYOS AL FUEGO PARA MUESTRAS CONCENTRADAS



Fuente : Laboratorio de Minerales – Manual de Procedimientos 2000 Minlab – Lima

6.1.2.1 PESADO DE MUESTRAS GEOQUÍMICAS

Las muestras previamente ordenadas según la hoja de trabajo, serán pesadas en bolsas 8 * 12 de polipropileno previamente taradas.

TABLA N° 12

DOSIFICACIÓN DE LOS REACTIVOS PARA MUESTRAS DE EXPLORACIÓN			
PESO DE MUESTRA	CALIDAD DE LA MUESTRA	TIPO DE REACTIVO	PESO DE REACTIVO
30 g	mineral oxidado	harina	1 – 4 g
50 g	mineral oxidado	harina	1 – 4 g
15 g	mineral sulfurado	KNO ₃	3 – 8 g
10 g	mineral sulfurado	KNO ₃	1 – 5 g

Fuente : Laboratorio de Minerales – Manual de Procedimientos 2000 Minlab – Lima

A las muestras pesadas y ordenadas, se les agregaran 190 gramos de muestra fundente como se puede ver en la **Tabla N° 13** más cantidad de harina señalada en la **Tabla N° 12** y posteriormente homogenizado.

Asimismo se pesa dos muestras de blancos fundentes, dos patrones internos de leyes conocidas más un 10% de muestras analizadas que estarán analizadas como duplicados.

Una vez homogenizados procedemos a agregar 1 mL de solución de nitrato de plata (1:6) que servirá de cuarteo en la partición, finalizado esto cubrimos con una

pequeña capa de bórax (**Ver Diagrama N° 2**). Estos crisoles son llevados a la sección de fundición y ordenados en columnas correlativas para su posterior ingreso al horno.

TABLA N° 13

COMPOSICIÓN DEL FUNDENTE PARA MUESTRAS DE EXPLORACIÓN		
REACTIVOS	PESO (kg)	% COMP
LITARGIRIO	50	50
NaCO ₃	25	25
BÓRAX	22,5	22,5
SÍLICE	2,5	2,5
TOTALES	100	100

Fuente : Laboratorio de Minerales – Manual de Procedimientos 2000 Minlab – Lima

6.1.2.2 PESADO DE MUESTRAS CONCENTRADAS

Las muestras concentradas son ordenadas según la hoja de trabajo, son pesadas por duplicados en bolsas 8 * 12 de polipropileno previamente taradas, se agregaran KNO₃ el peso dependerá del tipo de concentrados que analizamos **Ver**

Tabla N° 14

TABLA N° 14

DOSIFICACIÓN DE LOS REACTIVOS PARA MUESTRAS CONCENTRADAS			
PESO DE MUESTRA	CALIDAD DE LA MUESTRA	TIPO DE REACTIVO	PESO DE REACTIVO
15 g	CC DE ZINC	KNO ₃	9 – 15 g
10 g	CC DE COBRE	KNO ₃	5 – 8 g
10 g	CC DE PLOMO	KNO ₃	1 – 4 g
10 g	CC BULK.	KNO ₃	1 – 5 g
10 g	CC. ORO/ PLATA	HARINA	2 – 3 g
5 g	CC DE COBRE	KNO ₃	1 – 3 g
5 g	CC DE PLOMO	HARINA	0,5 g
5 g	CC BULK.	HARINA	0,5 g
5 g	CC. ORO/ PLATA	HARINA	3 – 4 g

Fuente : Laboratorio de Minerales – Manual de Procedimientos 2000
Minlab – Lima

Para luego agregar 190 g de muestra fundente ver **Tabla N° 15** para concentrado y homogenizamos. Por pesada se correrá un patrón interno más dos blancos. Una vez homogenizados cubrimos con una pequeña capa de bórax. Estos crisoles son llevados a la sección de fundición para su posterior ingreso al horno.

TABLA N° 15

COMPOSICIÓN DEL FUNDENTE PARA MUESTRAS CONCENTRADAS		
REACTIVOS	PESO (Kg)	% COMP.
LITARGIRIO	66,67	66,67
Na ₂ CO ₃	26,67	26,67
BÓRAX	4	4
SÍLICE	2,66	2,66
TOTALES	100	100

Fuente : Laboratorio de Minerales – Manual de Procedimientos
2000 Minlab – Lima

6.1.3 FUNDICIÓN

Se procede a cargar el bath en forma ascendente, de derecha a izquierda con la ayuda de un cargador mecánico. Una vez terminada la cargada de crisoles procedemos a cerrar la puerta colocamos la temperatura del horno a 850°C, encendemos el extractor de gases para luego fijar por un tiempo de 20 minutos. Luego de pasado este tiempo procedemos a levantar la temperatura a 950°C por 15 minutos y finalmente elevar a 1 050°C por 20 minutos, este parámetro indicará la temperatura final de fundición.

Con mucho cuidado los crisoles con ayuda del cargador mecánico bajamos dando movimiento circulares, el cual sirve para aglomerar mejor el regulo, vaciar el contenido del crisol teniendo la certeza de que va a caer en el centro de la lingotera.

Dejar enfriar por 20 minutos recuperamos los regalos de la lingotera, rompiendo los cristales de escoria con la ayuda de una comba; posteriormente cogerla con una pinza golpearla hasta darle forma cúbica y enumerando. Aquí ya tenemos listo el botón de plomo (regulo) para la etapa de copelación.

6.1.4 COPELACIÓN

Por tratarse de dos tipos distintos de minerales explicaremos el uso adecuado de esta etapa en la obtención real de la aleación plata y oro (dore).

6.1.4.1 COPELACIÓN DE MUESTRAS GEOQUÍMICAS

Cargar las copelas enumeradas, limpias y vacías para su calentamiento por espacio de 20 minutos a una temperatura de 950°C, enseguida se colocan sobre ellas los régulos en idénticos orden como se cargaron los crisoles. Cuando el regulo se haya fundido entreabrir la puerta para que ingrese una corriente de aire y así acelerar la oxidación del plomo, prender el extractor de gases.

El punto final de la copelación es notorio cuando aparece el relampagueo de la plata o tomar como tiempo aproximadamente 45 minutos y con ayuda de la porta copelas retirarlas de una sola cargada todo el bath a la campana de extracción de gases de plomo para su enfriamiento.

Después de 30 minutos cuando la copela este fría procedemos a limpiarlas y enumerarlas de acuerdo al tamaño del dore se podrá saber si la separación es por gravimetría o por absorción atómica (**Ver Diagrama N° 2**) recogemos luego los dores en un portadores enumerado.

6.1.4.2 COPELACIÓN DE MUESTRAS CONCENTRADAS

Cargar las copelas en un orden donde aparezcan las dos muestras analizadas, más la muestra patrón, más dos muestras de blanco y el título; el título que viene hacer un peso de plata conocida con un peso de plomo aproximadamente igual al de los régulos de los concentrados.

Calentamiento por espacio de 20 minutos a una temperatura de 950°C. Se colocan sobre ellas los régulos en idénticos orden como se cargaron las copelas. Y cuando el regulo se haya fundido, entreabrir la puerta y prender el extractor de gases de plomo. La temperatura no debe bajar a menos de 970°C.

El punto final de la copelación es notorio sucede cuando aparece el relampagueo de la plata, se le toma un tiempo a la copela para luego movilizarlo fuera y así se solidifique.

Después de recoger los dores enumerados, vemos cuales van ser analizadas por gravimetría o en el equipo de Espectrofotometría de Absorción Atómica (**Ver Diagrama N° 3**) Para posteriormente ser llevadas a la sala de pesada los que son por gravimetría y los restantes puestos en tubos para su digestión y posterior lectura en el equipo de Espectrofotometría de Absorción Atómica.

6.1.5 SEPARACIÓN DE LA PLATA

En esta etapa se procede a separar el oro de la plata obtenida del proceso de copelación. Para ello todas las muestras dores son laminados y enumerados a continuación explicaremos los métodos de separación.

6.1.5.1 SEPARACIÓN DE LA PLATA POR ABSORCIÓN ATÓMICA

Con la ayuda de una gradilla porta tubos de 5 mL enumeradas, procedemos a recoger los dores laminados en su respectivo orden. Terminado de recoger los dores en los tubos, encendemos la campana de extracción de ácidos.

Agregamos 0,5 mL de ácido nítrico (1 : 5), llevamos dentro de la campana a una plancha de fuego lento a 70°C durante 20 minutos. Retirar de la plancha y esperar que enfríe adicionar 1,5 mL de ácido clorhídrico concentrado y luego llevar a la plancha de fuego fuerte a 150°C por 30 minutos.

Se sacan de la plancha se deja enfriar luego se afora con agua desionizada hasta completar los 5 mL se tapa los tubos. Homogenizar bien los tubos y enviar para la lectura del oro en el equipo de Espectrofotometría de Absorción Atómica, para posteriormente evaluar y reportar su ley (ver ítem 5.5.6.1 inc. b)

6.1.5.2 SEPARACIÓN DE LA PLATA POR GRAVIMETRÍA

Colocamos el dore laminado en un crisol de porcelana enumerada, prendemos la campana de extracción de ácidos. Agregamos 10 mL de ácido nítrico (1 : 5) llevamos a la plancha de fuego lento calentando por 20 minutos. Posteriormente con la ayuda de una bagueta, separamos el botón de oro de la solución de nitrato de plata del crisol.

Agregar luego 10 mL de ácido nítrico (1 : 1) llevamos luego a plancha de fuego fuerte calentando por unos 15 minutos a una temperatura de 150°C. Retirar de la

plancha y volvemos a decantar la solución de nitrato de plata Lavamos luego el botón de oro con agua desionizada unas cuatro veces.

Secar el crisol con el botón de oro dentro en la plancha a fuego lento por 5 minutos en la plancha; luego calcinar el botón de oro por 5 minutos en una mufla, dejar enfriar por 20 minutos, enseguida el botón de oro es pesado en la balanza ultramicroanalítica, para posteriormente evaluar y reportar su ley. (Ver referencia ítem 5.5.6.1 inc. a)

APORTES REALIZADAS EN BENEFICIO DE LA EMPRESA

6.2 REFORMULACIÓN DEL FUNDENTE Y PREPARACIÓN DE UN NUEVO PATRÓN INTERNO PARA MUESTRAS DE EXPLORACIÓN.

6.2.1 JUSTIFICACIÓN

El caso se suscitó en la demora de los reportes de las leyes de minerales, producto de una mala fundición, lo que llevo a plantear la elaboración de una nueva formulación del fundente y a la vez con ello poder también elaborar un nuevo patrón interno con las corridas que se van a realizar para solucionar estos problemas.

6.2.2 OBJETIVO

- a) Desarrollar una nueva formulación del fundente de exploración.
- b) Desarrollar un nuevo patrón interno de análisis para muestras de exploración.

6.2.3 ANTECEDENTES

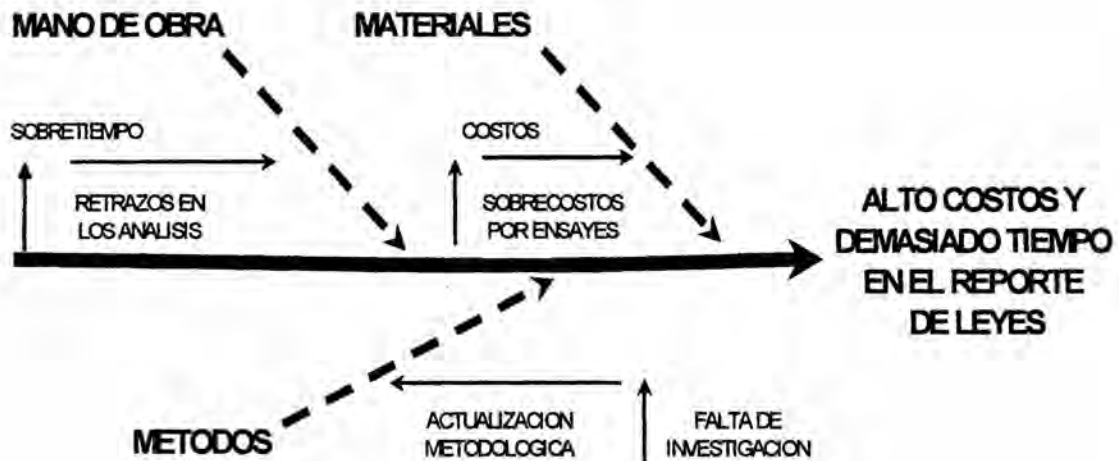
Los continuos problemas suscitados en el área de ensayos al fuego por la mala fundición trajo consigo problemas en el reporte a tiempo de las leyes del oro y la plata así como también un aumento en los gastos operativos. Se procedió al cambio de formulación como una medida de mejorar la parte operativa y de la calidad de los análisis del laboratorio.

Se procede a estudiar varios fundentes y técnicas que se podrían usar para obtener y dar solución a los objetivos planteados.

6.2.4 HERRAMIENTAS Y TÉCNICAS UTILIZADAS

Para desarrollar este proyecto hemos creído conveniente como primer paso identificar los factores claves que nos permitirán controlarlos y obtener el éxito deseado, se desarrolló un diagrama causa y efecto (espina de pescado) para poder reseñar los problemas suscitados. **(Ver Figura N° 1)**

FIGURA N° 1



6.2.5 DESCRIPCIÓN DE LAS TÉCNICAS USADAS PARA DESARROLLAR EL PROYECTO

Para desarrollar este proyecto, hemos creído conveniente separarlo en tres etapas o pruebas las cuales detallaremos:

- a) **PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS RECHAZADAS.**- Las muestras rechazadas en los análisis fueron llevadas al área de preparación de muestras. Aquí estas muestras fueron tratadas según el protocolo de trabajo establecido, las muestras fueron pulverizadas a malla – 200 al 100% para posteriormente ser homogenizadas por un tiempo no menor a 24 horas. La muestra es homogeneizada y mediante un muestreo por incremento es separada en bolsas de 200 gramos cada una para su posterior análisis.

b) PRUEBAS DE DESCRIPCIÓN FÍSICAS O CUALITATIVAS :

1) REBALSE.- Todas las pruebas serán sometidas al mismo tiempo de fundición y a los cambios de temperatura establecidas.

- **FUNDICIÓN.-** La fundición y escorificación lo determinara el peso, maleabilidad, brillo y consistencia del regulo.
- **FLUIDEZ.-** Se determinará al momento de vaciar a las lingoteras, se requiere que la fundición tenga una fluidez muy viscosa.
- **RAJADURA.-** Se observará si el crisol de arcilla usada en la fundición presenta alguna rajadura.

c) CUANTIFICACIÓN DE PRUEBAS.- Finalizadas las pruebas de descripción física procedemos a realizar la cuantificación respectiva de los análisis.

6.2.5.1 INFORMACIÓN ADICIONAL

Se buscó información de diferentes laboratorios tales como: Inspectory, Alfred K. Night, Minlab así como SGS del Perú las cuales podemos observar en la **Tabla N° 16**

TABLA N° 16

COMPOSICIÓN DE FUNDENTE DE DIVERSOS LABORATORIOS.				
LABORATORIOS	Inspectory	SGS	Minlab	Alfred N.
REACTIVOS	% COMP A.	% COMP B.	% COMP C.	% COMP D.
LITARGIRIO	48,3	52,4	50	52
CARBONATO SODIO	23,6	27	25	20,6
BÓRAX	20,3	15,3	22,5	12,9
SÍLICE	7,8	5,3	2,5	14,5
TOTAL	100	100	100	100

Fuente : Laboratorio de Minerales Minlab 2000

6.2.6 DESARROLLO DEL PROYECTO

Las muestras fueron analizadas utilizando como fundente las diferentes composiciones de la **Tabla N° 16**

TABLA N° 17

COMPOSICIÓN DE FUNDENTE DE PRUEBAS PARA MUESTRA DE EXPLORACIÓN.				
REACTIVOS	% COMP. 1	% COMP. 2	% COMP. 3	% COMP 4
LITARGIRIO	52.4	50	51	50.5
CARBONATO SODIO	27	35	31	35.5
BÓRAX	15.3	12	14	10
SÍLICE	5.3	3	4	4
TOTAL	100	100	100	100

Fuente : Laboratorio de Minerales Minlab 2000

Los resultados de estas pruebas los podemos observar en la **Tabla N° 18**. Con los resultados obtenidos de esta prueba de descripción física concluimos que el laboratorio SGS del Perú nos da los mejores resultados.

A partir de este resultado elaboramos una nueva composición de fundentes, lo que se observan en la **Tabla N° 17**

TABLA N° 18

PRUEBAS DE DESCRIPCIÓN FÍSICA O CUALITATIVAS						
TIPO DE MUESTRA	FORMULACIÓN DE FUNDENTE	REBALSE	FLUIDEZ	FUNDICIÓN	RAJADURA	PESO DE REGULO
SULFURADA	Inspectory	SI	MALA	REGULAR	SI	73
SULFURADA	Inspectory	SI	MALA	REGULAR	SI	75
OXIDADA	Inspectory	NO	REGULAR	REGULAR	NO	55
OXIDADA	Inspectory	NO	REGULAR	BUENA	NO	53
SULFURADA	SGS	NO	REGULAR	REGULAR	NO	32
SULFURADA	SGS	NO	REGULAR	BUENA	NO	39
OXIDADA	SGS	NO	BUENA	BUENA	NO	41
OXIDADA	SGS	NO	BUENA	BUENA	NO	42
SULFURADA	Minlab	SI	MALA	MALA	SI	65
SULFURADA	Minlab	SI	MALA	MALA	SI	68
OXIDADA	Minlab	NO	REGULAR	MALA	NO	64
OXIDADA	Minlab	NO	REGULAR	MALA	NO	60
SULFURADA	Alfred N.	SI	MALA	MALA	NO	71
SULFURADA	Alfred N.	SI	MALA	MALA	NO	69
OXIDADA	Alfred N.	NO	REGULAR	MALA	NO	52
OXIDADA	Alfred N.	NO	REGULAR	MALA	NO	55

Fuente : Laboratorio de Minerales Minlab 2000

Lo siguiente fue realizar un bath de fundición con 10 muestras por cada nueva composición de la **Tabla N° 17**, los resultados se pueden observar en la **Tabla N° 19**

TABLA N° 19

NUEVA COMPOSICION DE FUNDENTE

	ELEMENTO :		Au	
	CONCENTRACION :		ppb	
	PRUEBAS :		FA - AAS	
	% COMP 1	% COMP 2	% COMP 3	% COMP 4
1	194	210	206	206
2	190	194	202	210
3	202	186	198	206
4	190	206	202	210
5	198	194	206	210
6	206	206	210	210
7	186	202	202	206
8	190	198	202	216
9	202	194	206	210
10	216	202	198	206
D. St.	9.2400	7.3151	3.7947	3.1623

Fuente : Laboratorio de Minerales Minlab 2000

En la **Tabla N° 19** se observa composiciones de fundentes, estas fueron evaluándose en determinados tiempos. Para finalmente hacer una prueba final con la mejor composición de fundente desarrollada (% Comp 4) para realizar la prueba de homogeneidad con una toma de 38 muestras en forma aleatoria **Ver Tabla N° 39 del Anexo 13**

6.2.7 IMPLEMENTACIÓN DE LOS NUEVOS PATRONES

La implementación de estos nuevos patrones internos se realizara de manera inmediata con lo cual se soluciona el problema de reportes de leyes y con ello también en la baja del costo operativo del laboratorio.

6.3 CREACIÓN DE UNA DATA ESTADÍSTICA PARA EL PLOMO EN EL LABORATORIO QUÍMICO DE COMARSA

6.3.1 JUSTIFICACIÓN

La preocupación de la alta gerencia de la mina (COMARSA) por tener una data estadística del plomo que es compuesto químico altamente toxico para la salud humana y el medio ambiente. Conocedores de los múltiples problemas de salud que ocasionaria a nuestro personal así como también al medio ambiente es que se realizamos el presente estudio.

6.3.2 OBJETIVO

Desarrollar una data estadística del plomo para con ello desarrollar programas de mitigación del plomo en la mina Comarsa.

6.3.3 EFECTOS SOBRE LA SALUD HUMANA Y EL MEDIO AMBIENTE

Detallaremos a continuación efectos que ocasiona el manipular o el estar expuesto al plomo tanto para la salud humana como para el medio ambiente.

6.3.3.1 EFECTOS SOBRE LA SALUD HUMANA

Los efectos los detallamos a continuación:

- a) Daño al cerebro, problemas para la memoria.
- b) Disminución de la fertilidad en el hombre a través del daño del espermatozoides.
- c) Perturbaciones del sistema nervioso central y periférico.
- d) Perturbación de la biosíntesis de la hemoglobina y la vida media de los glóbulos rojos, provocando con el tiempo anemia.
- e) Comportamiento impulsivo en la persona.
- f) Incremento de la presión sanguínea.
- g) Produce cambios en las mitocondrias e inflamación de las células del epitelio del túbulo proximal y alteraciones funcionales lo que ocasionarían daños a los riñones.
- h) En altos niveles puede causar debilitamiento de los dedos, muñecas o tobillos

6.3.3.2 EFECTOS AMBIENTALES

Provocaría impactos ambientales en áreas de influencias, tales como:

- a) Componentes atmosféricos.
- b) Componentes hidrosférico.
- c) Componentes bióticos.

- d) Componentes paisajísticos.

6.3.4 METODOLOGÍA USADA PARA EL PROYECTO

Para el desarrollo de este proyecto hemos creído conveniente en primer lugar identificar las secciones expuestas al oxido de plomo en el área de laboratorio de minerales.

6.3.4.1 IDENTIFICACIÓN DE LAS ESTACIONES PARA MONITOREO

En esta etapa detallaremos las secciones expuestas a plomo en el área de laboratorio de minerales.

- a) **Sección de Pesada de Muestra.**- En esta sección el personal se expone al plomo, cuando va a pasar el fundente a los crisoles.
- b) **Sección de Preparación de Fundente.**- En esta sección el personal va estar expuesto cuando manipule el preparado del fundente y cuando va a homogeneizar las muestras pesadas con el fundente.
- c) **Sección de Fundición.**- En el proceso de fundición el personal va estar expuestos al plomo cuando se libera como gas producto de las altas temperaturas. También encontraremos al plomo en residuos sólidos tóxicos producto de la fundición como la escoria, crisoles usados, copelas usadas.

- d) **Sección de Copelación.**- Aquí se produce la mayor emanación de gases de plomo, el cuidado del personal debe ser exhaustivo por parte de la supervisión para evitar una contaminación tanto del personal como del medio ambiente.

- e) **Sección de Torres de Absorción.**- Aquí el personal está expuesto en el momento de la limpieza de las torres de absorción del plomo.

Debemos también señalar como secciones para monitoreo :

- a) Los alrededores del laboratorio
- b) Vertedero de desechos tóxicos

6.3.4.2 CODIFICACIÓN DE LAS ESTACIONES DE MONITOREO

Para la realización de este proyecto se procedió a señalar los puntos de monitoreo. Se monitoreo todo el laboratorio y se señaló los puntos a la vez que se codifico tales como :

- a) La sección de preparación de fundente y homogeneizado (PML – 1).
- b) La sección de pesadas de muestras (PML – 2)
- c) La sección de fundición (PML – 3)
- d) La sección de copelación (PML – 4)
- e) El área de vertederos de desechos sólidos (PML – 5)
- f) Alrededores de laboratorio (PML – 6)
- g) Salida de gases de la torre de absorción. (PML – 7)

h) Salida del efluente de la torre de absorción. (PML – 8)

6.3.4.3 MATERIALES Y MÉTODOS

Los equipos usados para realizar a cabo el monitoreo fueron los siguientes :

- a) Equipo de medición PM 10 marca Graseby.
- b) Filtro de microfibras de cuarzo QM – A de 20,3 x 25,4 cm. marca Whatman.
- c) Desecador.
- d) Balanza analítica, marca RADWAG modelo PS 360/C/1, capacidad 360 g d = 0,001g
- e) Chart para el control de tiempo de monitoreo.
- f) Manómetro.
- g) Espectrofotómetro de Absorción atómica marca PERKIN ELMER 3300

Los métodos seguidos para llevar a cabo los análisis de muestras fueron los siguientes :

- a) PM10: método gravimétrico.
- b) Plomo en PM10: digestión ácida – espectrofotometría de absorción atómica.

6.3.4.4 NORMAS AMBIENTALES UTILIZADAS EN EL PROYECTO

Para la realización del proyecto se necesitó de normas ambientales que rijan el control, monitoreo y supervisión del Plomo. Estas normas las detallamos a continuación: Ley de Recursos Hídricos. D.S. N° 001–2010–AG, Reglamento de la Ley N° 29338 y Ley de Recursos Hídricos.

6.3.5 DESARROLLO DEL PROYECTO

Una vez definidos los puntos de muestreo procedemos a la recolección de las muestras y su posterior tratamiento.

6.3.5.1 RECOLECCIÓN Y TRATAMIENTO DE MUESTRAS

Detallaremos a continuación los diferentes pasos seguidos por cada uno de ellos para ser tomados, acondicionados y posteriormente analizados.

a) Muestreo de Sólidos.- Las muestras sólidos tóxicos (crisoles usados, escoria, copelas usadas y suelos) que son descartadas son colectados y puestos en bolsas individuales para luego ser codificadas y llevadas al área de preparación de muestra para ser tratadas.

Estas muestras posteriormente son secadas a 100°C, tamizadas y pulverizadas para luego ser digestadas en ácidos y posteriormente cuantificadas por absorción atómica.

b) **Muestreo de Efluentes Líquidos.**- Las muestras líquidas son recepcionadas en recipientes herméticos para luego en el área instrumental ser cuantificados por absorción atómica.

TABLA N° 20
REGULACIONES DE LA LEY GENERAL DE AGUAS

PARAMETRO	UNIDAD	CLASES DE USOS					
		I	II	III	IV	V	VI
NIVELES DE SUSTANCIAS POTENCIALMENTE PELIGROSAS							
PLOMO	mg/lt	0.05	0.05	0.1	—	0.01	0.03

Clases de Aguas

I.- Suministro de agua domestica con simple desifeccion

II.- Suministro de agua domestica con tratamiento equivalente a procesos de coagulacion, sedimentacion, filtracion y cloracion, aprobado por Ministerio de Salud.

III.- Agua de irrigacion para vegetales que van a ser consumidos en forma cruda y agua potable para animales.

IV.- Aguas para areas recreacionales de contacto primario (servicio higienicos y similares)

V.- Aguas para areas de pesca de alimento marinos para peces o moluscos bivalvos.

VI.- Aguas de areas de preservacion de la fauna acuatica y pesca recreacional o comercial.

Fuente : Ley de Recursos Hídricos. D.S. N° 001–2010–AG, Reglamento de la Ley N° 29338 y Ley de Recursos Hídricos.

c) **Muestras de Emisiones Gaseosas Condensadas.**- Las partículas sólidas provenientes de la torre de absorción son tomadas por muestreo del equipo de medición PM 10, los cuales posteriormente serán digeridas en ácido y cuantificadas por absorción atómica.

TABLA N° 21

NIVELES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA EMISIONES GASEOSAS	
PARÁMETRO	VALOR EN CUALQUIER MOMENTO mg/m ³
PLOMO	25

Fuente : Resolución Ministerial 315 – 96 – EM/VMM julio de 1996

6.3.5.2 CUANTIFICACIÓN Y ELABORACIÓN DE LA DATA

Una vez desarrollado el plan de monitoreo procedemos a recabar los datos de los muestreos a determinados tiempos (meses) estos fueron realizados a fines del año 2005

TABLA N° 22

RESULTADO DE LAS ESTACIONES DE MONITOREO EN EL MES DE AGOSTO DE 2005

UNIDADES DE LECTURA	PML 1	PML 2	PML 3	PML 4	PML 5	PML 6	PML 7	PML 8
	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg
	5479	2290	12345	37503	232	878	1234	1257

Fuente : Laboratorio de Minerales Minlab 2005

TABLA N° 23

RESULTADO DE LAS ESTACIONES DE MONITOREO EN EL MES DE SETIEMBRE DE 2005

UNIDADES DE LECTURA	PML 1	PML 2	PML 3	PML 4	PML 5	PML 6	PML 7	PML 8
	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg
	3425	135	887	1204	76	25	230	1814

Fuente : Laboratorio de Minerales Minlab 2005

TABLA N° 24

**RESULTADO DE LAS ESTACIONES DE MONITOREO EN EL MES DE OCTUBRE
DE 2005**

UNIDADES DE LECTURA	PML 1	PML 2	PML 3	PML 4	PML 5	PML 6	PML 7	PML 8
	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg
	132	78	187	347	31	75	57	1987

Fuente : Laboratorio de Minerales Minlab 2005

TABLA N° 25

**RESULTADO DE LAS ESTACIONES DE MONITOREO EN EL MES DE NOVIEMBRE
DE 2005**

UNIDADES DE LECTURA	PML 1	PML 2	PML 3	PML 4	PML 5	PML 6	PML 7	PML 8
	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg
	154	52	210	298	27	31	40	2105

Fuente : Laboratorio de Minerales Minlab 2005

Una vez culminada la cuantificación de las estaciones de muestreo, damos por culminada la elaboración de la data estadística del plomo en el Laboratorio Químico de Comarsa año 2005. Durante el desarrollo de este proyecto se realizaron trabajos de mitigación que serán tema en la parte de Conclusiones y Recomendaciones de este Informe.

VII EVALUACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Para realizar una buena evaluación se debe de contar con la ayuda de parámetros los cuales definiremos:

- a) **Muestra Patrón:**- Son muestras de concentración conocida que se toman como referencia para indicar la veracidad del análisis.

- b) **Muestra Blanco.**- Es aquella muestra de concentración cero en otras palabras esta muestra no debe tener "NADA" de oro y plata.

Repeticiones de Muestras, las repeticiones se realizan a manera de chequeo en todo las etapas del análisis, normalmente en muestras de exploración se realizan para cada diez muestras una repetición escogida al azar.

En el caso de muestras concentradas normalmente se trabaja por duplicado cada muestra y en caso de dirimencia el trabajo se realiza por triplicado. Una vez culminada la evaluación de los análisis procedemos a chequear los resultados, para poder explicar esta parte vamos a realizar algunos cálculos los cuales nos servirán en la explicación de cada caso.

7.1 CASO I – ANÁLISIS DEL ORO POR PESADA

Peso de muestra	:	10 g
Peso de botón de Oro	:	0,5 mg
Utilizando la ecuación	:	(α) Ver referencia ítem 5.5.6.1 inc. a

$$Au = \frac{P_1 * 1000}{P}$$

$$Au = \frac{P_1 * 1000}{P}$$

$$Au = \frac{0,5 * 1000}{10} = 50 \text{ ppm de oro}$$

7.2 CASO II – ANÁLISIS DEL ORO POR ABSORCIÓN ATÓMICA

Peso de muestra	:	10 g
Volumen de aforo	:	5 m
Lectura de oro	:	0,100
Lectura del blanco	:	0,000
fd	=	10

Utilizando la ecuación (γ) Ver referencia ítem 5.5.6.1 inc. b

$$Au = \frac{V * (Lect - Lectbk) * 1000 * Fd}{P}$$

$$Au = \frac{5 * (0,100 - 0,000) * 1000 * 10}{10} = 500 \text{ ppb de oro}$$

7.3 CASO III – ANÁLISIS DE LA PLATA POR PESADA

Peso de muestra	:	10 g
Peso de botón de oro	:	0,35 mg
Peso de botón de dore	:	1,53 mg
Peso de blanco	:	0,25 mg
Factor de ajuste	:	1,09158.

Utilizando la ecuación (δ) Ver referencia ítem 5.5.6.2 inc. a

$$Ag_1 = \frac{(P_3 - P_2 - p_1) * 1000 * Fa}{P}$$

$$Ag_1 = \frac{(1,53 - 0,35 - 0,25) * 1000 * 1,09158}{10} = 101,157 \text{ ppm de plata}$$

7.4 CASO IV – ANÁLISIS DE LA PLATA POR ABSORCIÓN ATÓMICA

Peso de muestra	:	0,5 g
Volumen de aforo	:	50 ml
Lectura de plata	:	0,500
Lectura del blanco	:	0,000

f.d = 25

Utilizando la ecuación (θ) Ver referencia ítem 5.5.6.2 inc. b

$$Ag_3 = \frac{V * (Lect - Lect bk) * 0,0001 * F}{P}$$

$$Ag_3 = \frac{50 * (0,500 - 0,000) * 0,0001 * 25}{0,5} = 0,125 \text{ ppm}$$

Para validar los resultados de los análisis realizados procedemos con ayuda de las **Tablas N° 32, N° 33, N° 34, N° 35, N° 36 y 37** de los **Anexos N° 9 y N° 10** a realizar el control de calidad respectivo de las leyes respectivas de oro y plata por pesada.

En el caso I, el peso del botón de oro es de 0,5 mg de oro en la muestra, nos apoyamos en la **Tabla N° 32** y según la tabla tiene una tolerancia de 0,01, concluimos que el duplicado de esta muestra deberá tener un valor para su aprobación entre 0,49 y 0,51 mg de oro en la muestra.

Para el caso III el peso del botón de plata es aproximadamente 1,53 mg de plata en la muestra, utilizando la **Tabla N° 35** vemos que la tolerancia es de 0,1 para dar la aprobación al resultado la duplicidad deberá tener un valor entre 1,43 y 1,63 mg del botón de plata. Igualmente procedemos a realizar la validación de las leyes respectivas de oro y plata por absorción atómica.

En el caso II del análisis por espectrofotometría de absorción atómica del oro, la lectura del botón de oro fue de 0,100 el límite de tolerancia es del 95%. Para dar la validación de este análisis el duplicado deberá tener un valor entre 0,095 y 0,105.

Igualmente para el caso IV del análisis por espectrofotometría de absorción atómica de la plata, la lectura del botón de plata fue de 0,500 el límite de tolerancia es del 95%. Para dar la validación de este análisis el duplicado deberá tener un valor entre 0,475 y 0,525.

Una vez chequeado que los duplicados están dentro del rango de tolerancia procedemos a validar los resultados. Para culminar procedemos a realizar la respectiva Evaluación del Capítulo de Aportes Realizadas en Beneficio de la Empresa.

7.5 CASO I – REFORMULACIÓN DEL FUNDENTE

Los resultados obtenidos para poder desarrollar un nuevo fundente se puede observar en la **Tabla N° 18**, que es un cuadro donde podemos apreciar aspectos de una descripción física de unas pruebas de fundición. Estas pruebas se hicieron en base a composiciones de laboratorios conocidos (**Ver Tabla N° 16**). Estos resultados obtenidos de estas pruebas de fundición describen que la mejor composición de fundente para nuestra de mineral es la elaborada por Laboratorio SGS (% Comp B) (**Ver Tabla N° 16**). Con los resultados de esta composición desarrollamos una prueba de fundición para cuantificar el valor de muestra de mineral. Esta prueba de composición de fundente reporto un valor de 9,2400 de desviación estándar (**Ver Tabla N° 19**)

A la par de realizar esta prueba de fundición se pudo notar ciertas características en la Prueba de Descripción Física, se procedió a mejorar estas características modificando la composición del fundente, elaborándose una nueva composición (% Comp 2). La característica que se trató de obtener para este nuevo fundente era de obtener mayor fluidez, para ello se incrementó el fundente básico carbonato de sodio. Disminuyendo a la vez el bórax y la sílice. Se notó en la Prueba de Descripción Física que los crisoles presentaban pequeñas rajaduras. Esta composición del fundente (% Comp 2) reportó 7,3151 de desviación estándar **(Ver Tabla N° 19)**

Se creó conveniente corregir las deficiencias de la composición (% Com 2), elaborando para ello una nueva composición (% Comp 3), esta debería corregir las rajaduras presentadas en la anterior composición. Para ello se aumentó la cantidad de sílice y de bórax, disminuyendo también la cantidad de carbonato de sodio **(Ver Tabla N° 17)**. Esta nueva composición (% Comp 3) mejoro en la Prueba de Descripción Física, quedando por mejorar la fluidez de la fundición. Esta composición de fundente (% Comp 3) reportó 3,7947 de desviación estándar **(Ver Tabla N° 19)**

La nueva composición (% Comp 4), se elabora para poder mejorar la fluidez de la composición anterior (% Comp 3). Incrementándose para ello el fundente básico carbonato de sodio, disminuyendo la cantidad de bórax y manteniendo la misma cantidad de sílice. Esta nueva composición de fundente (% Comp 4) reportó 3,1623 de desviación estándar.

Para finalizar se tomó la composición del fundente (% Comp 4) para realizar una prueba de homogeneidad. Utilizando la herramienta estadística conocida como método

“h y k de Mandel”, con esta herramienta estadística verificamos que el producto se encuentra homogéneamente distribuido.

7.6 CASO II – CREACIÓN DE LA DATA ESTADÍSTICA PARA EL PLOMO

La creación de esta data consistió básicamente en la medición del plomo en todo el área del Laboratorio Químico. Se tomaron para ello muestras en ocho puntos debidamente codificado todos ellos a fines del 2005. Estos resultados se pueden observar en la **Tabla N° 22**. Como podemos ver en esta tabla los niveles de plomo eran elevados, considerada en un Nivel Peligroso.

Se tomaron medidas correctivas para disminuir el impacto de plomo al personal y al medio ambiente involucrado en el Área de Laboratorio Químico.

- a) Orden y limpieza en las estaciones de monitoreo PML 1, PML 2, PML 3 y PML 4. a diario.
- b) Para la estación de monitoreo PML 5, que viene hacer el vertedero de desechos sólidos. Se realizó remoción de todo el contorno externo del vertedero, tomando este suelo para ser encapsulado dentro del vertedero.
- c) Para las estaciones de monitoreo PML 6, que viene hacer los alrededores del laboratorio se hizo remoción de suelos y enviados para ser encapsulado dentro del vertedero.

- d) Para las estaciones de monitoreo PML 7 y PML 8 se tuvieron que hacer modificaciones a la torre de lavado de gases de plomo para mejorar la eficiencia de absorción del plomo.

Una vez culminada las medidas correctivas, se procedieron a realizar el segundo monitoreo que fue en el mes de Setiembre del 2005, los datos lo podemos ver en la **Tabla N° 23**, podemos observar en esta tabla una baja sustancial del nivel de plomo en las estaciones de monitoreo. Para este caso las medidas correctivas para seguir disminuyendo el nivel de plomo lo señalamos a continuación:

- a) A la par del orden y limpieza de las áreas involucradas PML 1, PML 2, PML 3 y PML 4 se utilizó una solución sintética adsorbente de plomo en el momento de trapeado de los pisos en el Laboratorio Químico.
- b) Para las estaciones de monitoreo PML 5 y PML 6 se hicieron remociones a determinadas profundidades y luego fueron analizados. Los valores reportados en los meses posteriores señalan un valor casi constante (**Ver Tabla N° 23, N° 24 y N° 25**)
- c) Para mejorar la eficiencia de la torre de lavado de gases de plomo (PML-7) en los meses posteriores se utilizó una solución de acetato de plomo al 10% como solución recirculante (**Ver Tabla N° 23, N° 24 y N° 25**). Los valores tuvieron una baja pero finalmente el valor final de la estación de monitoreo PML-7 sobrepasaba los límites máximos permisibles para emisiones gaseosas (**Ver Tabla N° 21**)

VIII CONCLUSIONES

- 1) La liberación de la partícula de oro en la muestra se logra a malla – 200 al 95% por lo que es conveniente que el tiempo de pulverizado sea el adecuado.
- 2) El método de ensayo al fuego es el más seguro y exacto para el análisis cuando el mineral contiene altas concentraciones de oro, cuyos valores deben superar los 0,05 ppm
- 3) La copelación de dores mayores a 100 mg, es muy difícil de controlar las pérdidas en el proceso de copelación, para ello la reducción del peso de muestra a fundir en el reensaye es indispensable.
- 4) Se debe observar que son los hombres y no los métodos ni los instrumentos así sean lo más sofisticados los que influyen en la calidad del análisis, por lo tanto es indispensable la capacidad y experiencia del analista que intervienen.
- 5) El valor de la reproducibilidad (ensaye por duplicado) de un resultado nos da una indicación del grado de calidad en que se realiza los análisis.
- 6) La contaminación en cada una de las etapas es el principal enemigo en cada etapa del análisis por ensayo al fuego es por ello que la evaluación d análisis juega un papel importante en el reporte de leyes.

CASO I – REFORMULACIÓN DEL FUNDENTE

- 7) Los resultados de la **Tabla N° 19** hacen ver que la nueva composición del fundente (% Comp 4) presenta la más baja dispersión y por ello los datos que presentan el (% Comp 4) en los resultados son los más confiables.
- 8) Utilizando esta nueva composición de fundente (% Comp 4) se realizó una prueba de homogeneidad (**Ver Tabla N° 39 del Anexo N° 13**) y con apoyo del método "h y K de Mandel" podemos señalar que el producto se encuentra homogéneamente distribuido.

CASO II – CREACIÓN DE LA DATA ESTADÍSTICA PARA EL PLOMO

- 9) Si vemos la **Tabla N° 22** podemos observar que los resultados de las estaciones de monitoreo para el plomo son de un Nivel Alarmante. En las **Tablas N° 23, N° 24 y N° 25** los niveles de plomo bajaron significativamente por las medidas tomadas por la Dirección General de Laboratorio Químico.
- 10) Vemos también que en la estación de monitoreo de la salida de los gases de la torre de absorción (PML 7) esta no pudo ser menor a 25 mg/m^3 que es el Límite Máximo Permisible.

IX RECOMENDACIONES

- 1) El uso adecuado de equipos y herramientas de seguridad para evitar accidentes y contaminaciones del personal es indispensable.
- 2) Como requisito indispensable, es necesario que la muestra se encuentre seca antes de iniciar la división y realizar inmediatamente después de la homogeneidad de la muestra así evitar la segregación de los metales en la muestra, como también el lavado de los equipos para minimizar los riesgos de contaminación.
- 3) En el caso de los reportes de leyes, al encontrar valores muy altos como también bajos, repetir el análisis como una manera de verificar la duplicidad de la ley.
- 4) Es sumamente importante incluir en la orden de trabajo patrones internos como muestras de referencia así como también blancos para determinar el grado de contaminación del proceso.
- 5) En el uso de fundentes para minerales de exploración el litargirio usado debe ser totalmente libre de trazas de oro es indispensable para evitar lecturas erróneas.
- 6) En la etapa de copelación se debe calentar las copelas para evitar que el agua dentro de ellas provoque proyecciones del regulo, se debe hacer el uso de los extractores de gases del horno porque el Pb es adsorbido por la copela en mayor cantidad, una parte de ella se volatiliza contaminando sus alrededores.

Para culminar procedemos a realizar la respectiva recomendaciones hallados del Capítulo de Aportes Realizadas en Beneficio de la Empresa.

CASO I – REFORMULACIÓN DEL FUNDENTE

- 7) Debe tomarse atención de la supervisión a las pruebas de Descripción Físicas para un buen Control de Calidad, tanto en la etapa de Fundición como en copelación.

CASO II – CREACIÓN DE LA DATA ESTADÍSTICA PARA EL PLOMO

- 8) Se debe mantener en todas las áreas involucradas el orden y la limpieza para evitar accidentes y contaminación tanto del personal como también del proceso de ensayos al fuego.
- 9) La instalación de una nueva Torre de Absorción de Gases de Plomo con una mayor eficiencia en la absorción de gases de plomo es necesaria para el área de Laboratorio Químico.

X BIBLIOGRAFÍA

- 1) Ayres Gilber H. ANÁLISIS QUÍMICO CUANTITATIVO
Ediciones del Castillo S.A. 2001
- 2) Diario Oficial El Peruano DECRETO SUPREMO N° 074-2001-PCM
- 3) JIS M 811:1963 NORMA INTERNACIONAL – MÉTODO PARA LA
DETERMINACIÓN DEL ORO Y LA PLATA
- 4) Ministerio de Energía y Minas PROTOCOLO DE MONITOREO DE CALIDAD DE
1994 AIRE
- 5) MINLAB MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS DE
2000 MINERALES
- 6) N.T.P 122.014:1974 MINERALES NO FERROSOS. MÉTODO PARA
DETERMINAR PLATA Y ORO
- 7) S.G.S del Perú MANUAL DE PROCEDIMIENTOS GENERALES
2004
- 8) Sigmund Smith FIRE ASSAYING GOLD AND SILVER
Distributed by Jacobs Assay Office, 1999

ANEXO

- ANEXO Nº 1** PRECIOS DE LOS METALES PRECIOSOS
- ANEXO Nº 2** MINERALOGÍA DE LAS MUESTRAS AURO-ARGENTÍFERAS
- ANEXO Nº 3** DIAGRAMA DE FLUJO DE PREPARACIÓN DE MUESTRA PARA ROCAS
- ANEXO Nº 4** DIAGRAMA DE FLUJO DE PREPARACIÓN DE MUESTRA PARA SUELOS
- ANEXO Nº 5** DIAGRAMA DE FLUJO DE PREPARACIÓN DE MUESTRAS CONCENTRADAS
- ANEXO Nº 6** DIAGRAMA DE FLUJO PARA HUMEDADES EN MUESTRAS CONCENTRADAS
- ANEXO Nº 7** DISTRIBUCIÓN DEL ORO Y LA PLATA EN MINERALES OXIDADOS Y SULFURADOS
- ANEXO Nº 8** PROTOCOLO DE SEGURIDAD
- ANEXO Nº 9** TABLA DE TOLERANCIA PARA EL ANÁLISIS DEL ORO
- ANEXO Nº 10** TABLA DE TOLERANCIA PARA EL ANÁLISIS DE LA PLATA
- ANEXO Nº 11** CONTROL METRO LÓGICO DE EQUIPOS EN EL ÁREA DE ENSAYO AL FUEGO
- ANEXO Nº 12** HOJA DE TRABAJO DE COPELACIÓN
- ANEXO Nº 13** RESULTADO DE PRUEBAS DE HOMOGENEIDAD.

ANEXO N° 1

PRECIOS DE LOS METALES PRECIOSOS

GRÁFICO N° 1

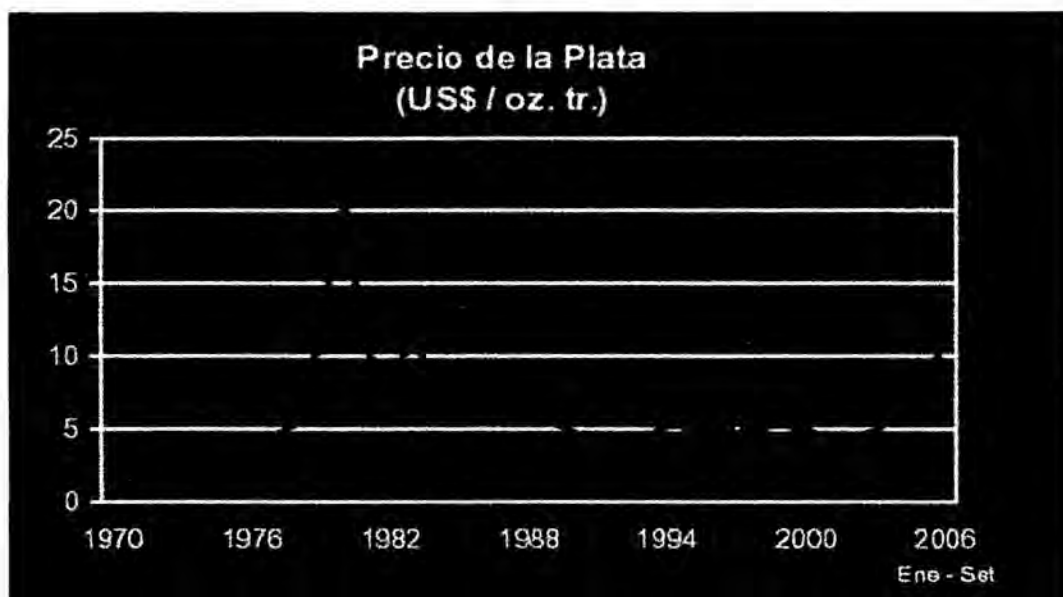
PRECIOS DEL ORO EN EL MERCADO INTERNACIONAL



Fuente: Ministerio de Energía y Minas/USGS

GRÁFICO N° 2

PRECIOS DE LA PLATA EN EL MERCADO INTERNACIONAL



Fuente: Ministerio de Energía y Minas/USGS

TABLA N° 26

PRODUCCIÓN MUNDIAL DE ORO

PRINCIPALES PAÍSES PRODUCTORES DE ORO, 1999 – 2006									
PAÍSES	(miles de onzas troy)								Part. % 2006
	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	
Sudáfrica	14,510	13,851	12,693	12,705	12,082	11,060	9,484	8681	10,65%
Estados Unidos	10,963	11,349	10,770	9,581	8,906	7,941	8,231	8359	10,26%
Australia	9,680	9,530	9,164	8,777	9,067	7,780	8,423	9484	11,64%
China	5,562	5,787	5,948	6,173	6,494	6,752	7,234	7716	9,47%
Rusia	4,047	4,598	4,903	5,415	5,468	5,787	5,433	5208	6,39%
Perú	4,131	4,263	4,454	5,065	5,550	5,569	6,687	6527	8,01%
Canadá	5,068	5,022	5,108	4,871	4,519	5,498	3,826	3858	4,73%
Indonesia	4,089	4,006	5,340	4,573	4,501	3,858	4,501	4662	5,72%
Otros	24,578	24,865	25,212	25,789	26,684	25,167	25,496	27,007	33,14%
TOTAL	82,628	83,271	83,592	82,949	83,271	79,412	79,316	81,502	100,00%

Fuente: Ministerio de Energía y Minas/USGS

TABLA N° 27

PRODUCCIÓN MUNDIAL DE LA PLATA

PRINCIPALES PAÍSES PRODUCTORES DE PLATA, 1999-2006									
PAÍSES	(miles de onzas finas)								Part. % 2006
	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	
Perú	71,741	78,374	82,663	92,261	92,909	98,375	102,561	102,882	16,48%
México	79,315	84,251	88,735	88,317	82,591	99,454	92,916	96,452	15,45%
China	42,439	51,441	61,408	70,731	80,377	83,592	80,377	81,984	13,13%
Australia	55,299	66,230	67,516	66,777	60,186	71,696	65,909	69,124	11,07%
Canadá	37,745	38,967	40,671	45,254	42,097	41,796	36,009	42,117	6,75%
Chile	44,391	39,937	43,360	38,917	40,188	41,796	45,011	45,011	7,21%
Colonia	35,366	36,909	38,388	39,517	38,581	38,581	41,796	41,796	6,69%
Estados Unidos	62,694	63,658	55,942	43,403	39,867	38,581	39,545	35,687	5,72%
Otros	128,375	130,349	131,882	124,206	119,860	125,704	112,528	109,312	17,51%
TOTAL	557,365	590,116	610,565	609,379	597,656	639,575	616,651	624,367	100,00%

Fuente: Ministerio de Energía y Minas/USGS

ANEXO N° 2

MINERALOGÍA DE LAS MUESTRAS AURO – ARGENTÍFERAS

TABLA N° 28

MINERALES PORTADORES DE ORO

MINERAL	COMPOSICIÓN	CONTENIDO DE ORO	DENSIDAD	DUREZA
ORO NATURAL	Au	> 75	16 – 19	2,5 – 3
ELECTRUM	Au, Ag	45 – 75	13 – 16	2 – 2,5
CALAVERITA	AuTe ₂	40	9,2	2,5 – 3
KRENERITA	Au ₄ AgTe ₁₀	31 – 44	8,6	2,5
SILVANITA	AuAgTe ₄	24 – 30	8,2	1,5 – 2
PETZITA	Ag ₃ AuTe ₂	19 – 25	9,1	2,5
HESITA	Ag ₂ Te	<5	8,4	2,5 – 3

Fuente: METALURGIA EXTRACTIVA DEL ORO – TECSUP

TABLA N° 29

COMPOSICIÓN MINERALÓGICA DE UN MUESTRA REPRESENTATIVA OXIDADA

%	MENA	%	GANGA	%	ALTERACIONES Y ÓXIDOS
tr	Oro electrum	40	Cuarzo	40	Lleematita – Goethita
3	Pinta	15	Moscovita	tr	Magnetita
tr	Caleopinta	tr	Zireon	tr	Rutilo
tr	Galena	tr	Tinatita		

tr < 0,5%

Fuente: ANÁLISIS EN LA MINERÍA GUSTAVO MIRANDA CONTRERAS

TABLA N° 30

COMPOSICIÓN MINERALÓGICA DE UNA MUESTRA REPRESENTATIVA SULFURADA

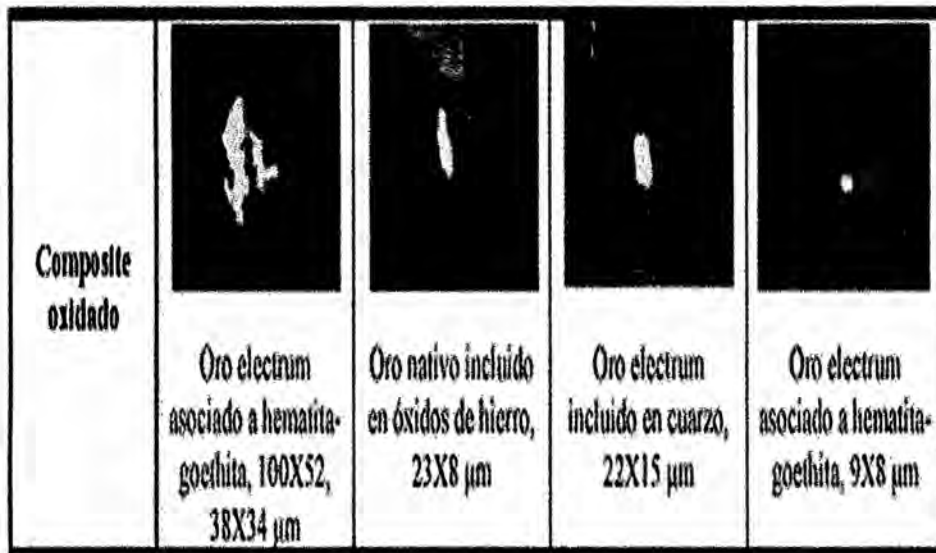
%	MENA	%	GANGA	%	ALTERACIONES Y ÓXIDOS
tr	Oro electrum	40	Cuarzo	40	Llematita – Goethita
40	Pinta	10	Moscovita	l	Rutilo
tr	Galena	l	Zireon	tr	Magnetita
tr	Esfalenta	tr	Tinatita	tr	Limenita
tr	Arsenopinta	tr	Clorita		
		tr	Tumanita		

tr < 0,5%

Fuente : ANÁLISIS EN LA MINERÍA GUSTAVO MIRANDA CONTRERAS

FIGURA N° 2





OCURRENCIA DEL ORO EN MUESTRA REPRESENTATIVA OXIDADA



Fuente: ANÁLISIS EN LA MINERÍA GUSTAVO MIRANDA CONTRERAS

FIGURA N° 3

OCURRENCIA DEL ORO EN MUESTRA REPRESENTATIVA SULFURADA

Composite sulfurado	 <p data-bbox="491 696 650 851">Oro electrum libre, 62X25, 26X15 μm</p>	 <p data-bbox="672 696 831 851">Oro electrum incluido en pirita, 54X38 μm</p>	 <p data-bbox="854 696 1013 851">Oro electrum incluido en hematita- goethita, 9X8 μm</p>	 <p data-bbox="1035 696 1194 851">Oro incluido con pirita, 13X7, 11X10, 8X6 μm</p>
---------------------	--	--	--	---

Fuente: ANÁLISIS EN LA MINERÍA GUSTAVO MIRANDA CONTRERAS

ANEXO N° 3

DIAGRAMA N° 4

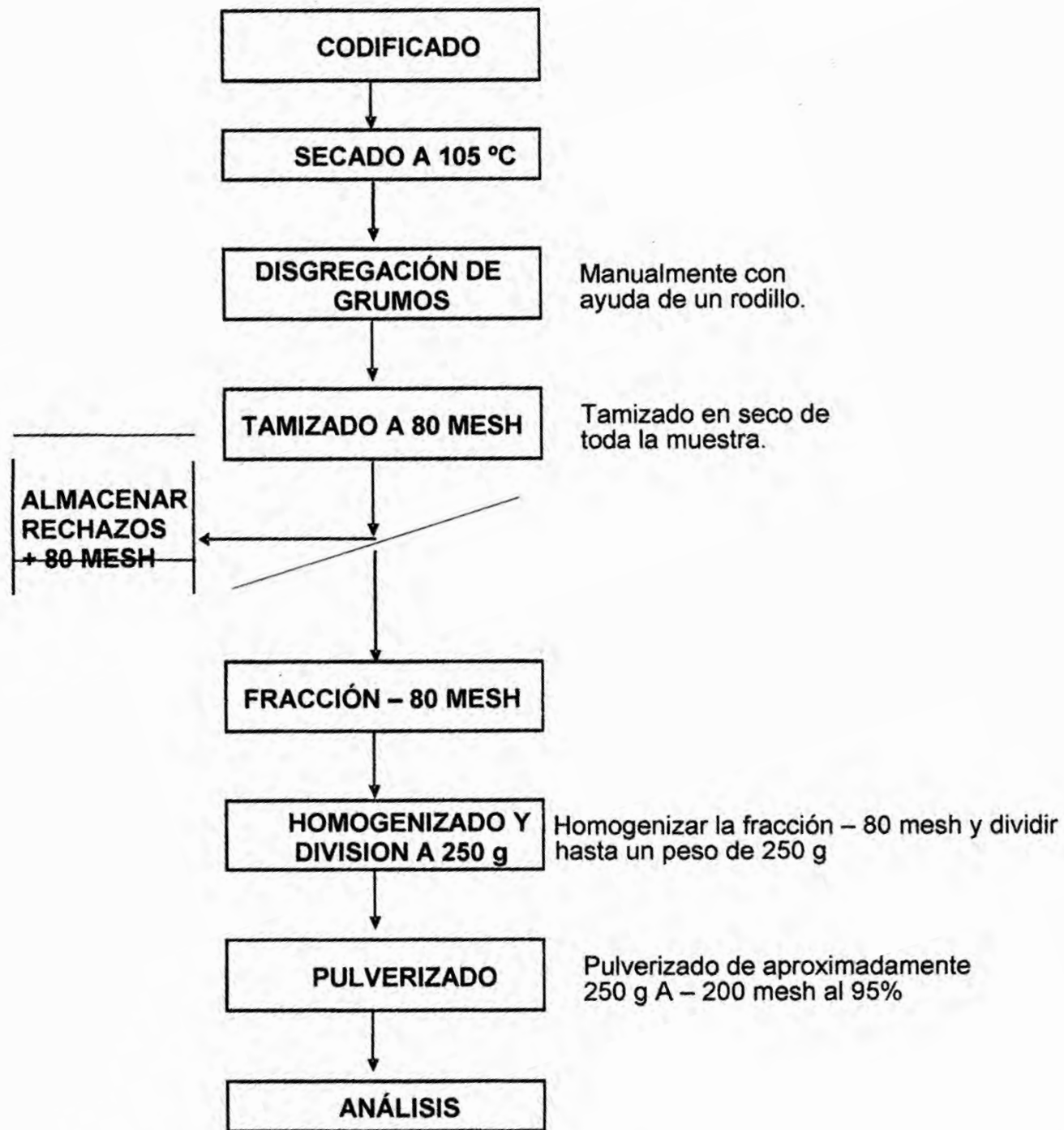
PREPARACIÓN DE MUESTRA PARA ROCAS



ANEXO N° 4

DIAGRAMA N° 5

PREPARACIÓN DE MUESTRAS PARA SUELOS.

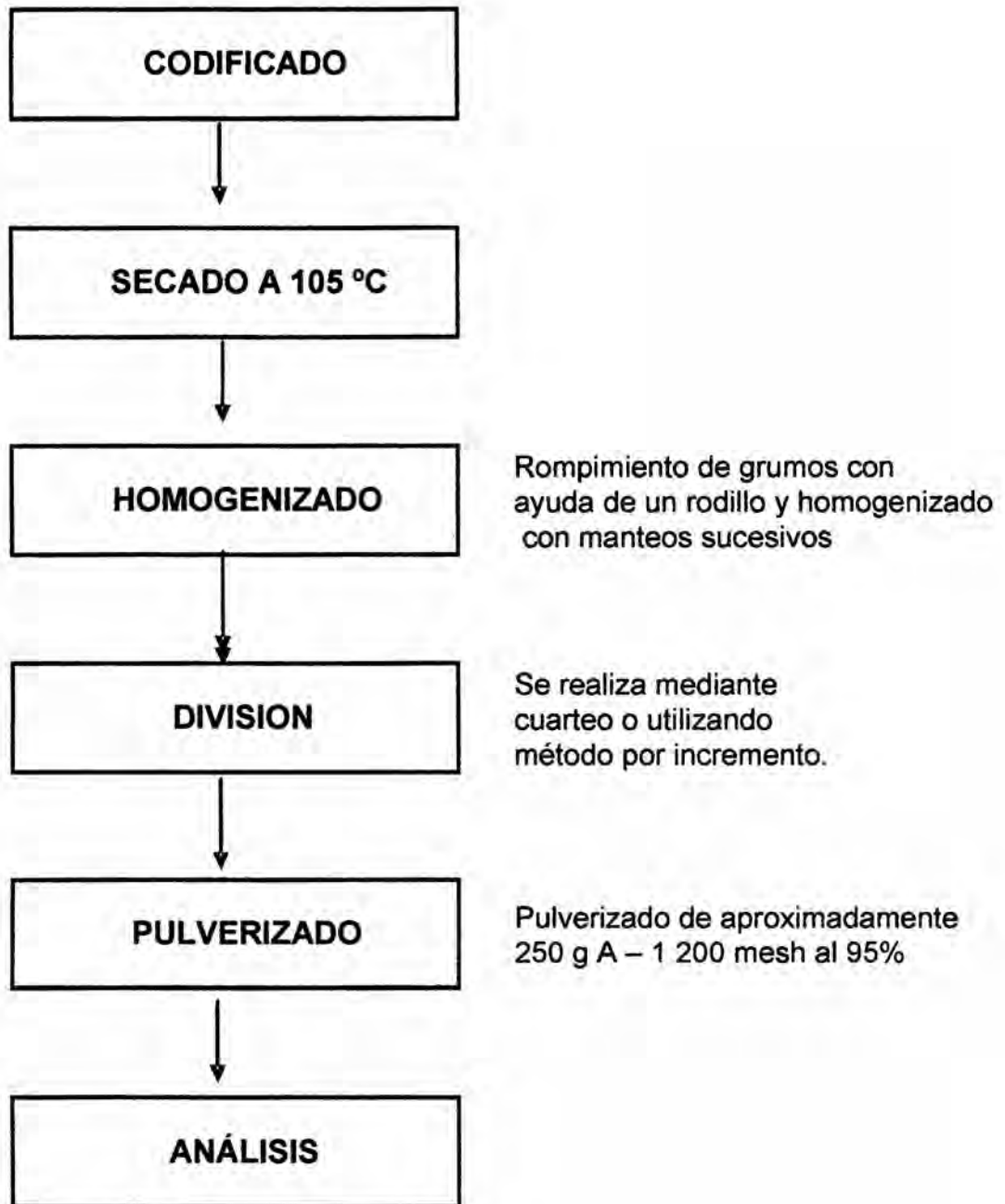


Fuente: Laboratorio de Minerales – Manual de Procedimientos 2000 Minlab – Lima

ANEXO N° 5

DIAGRAMA N° 6

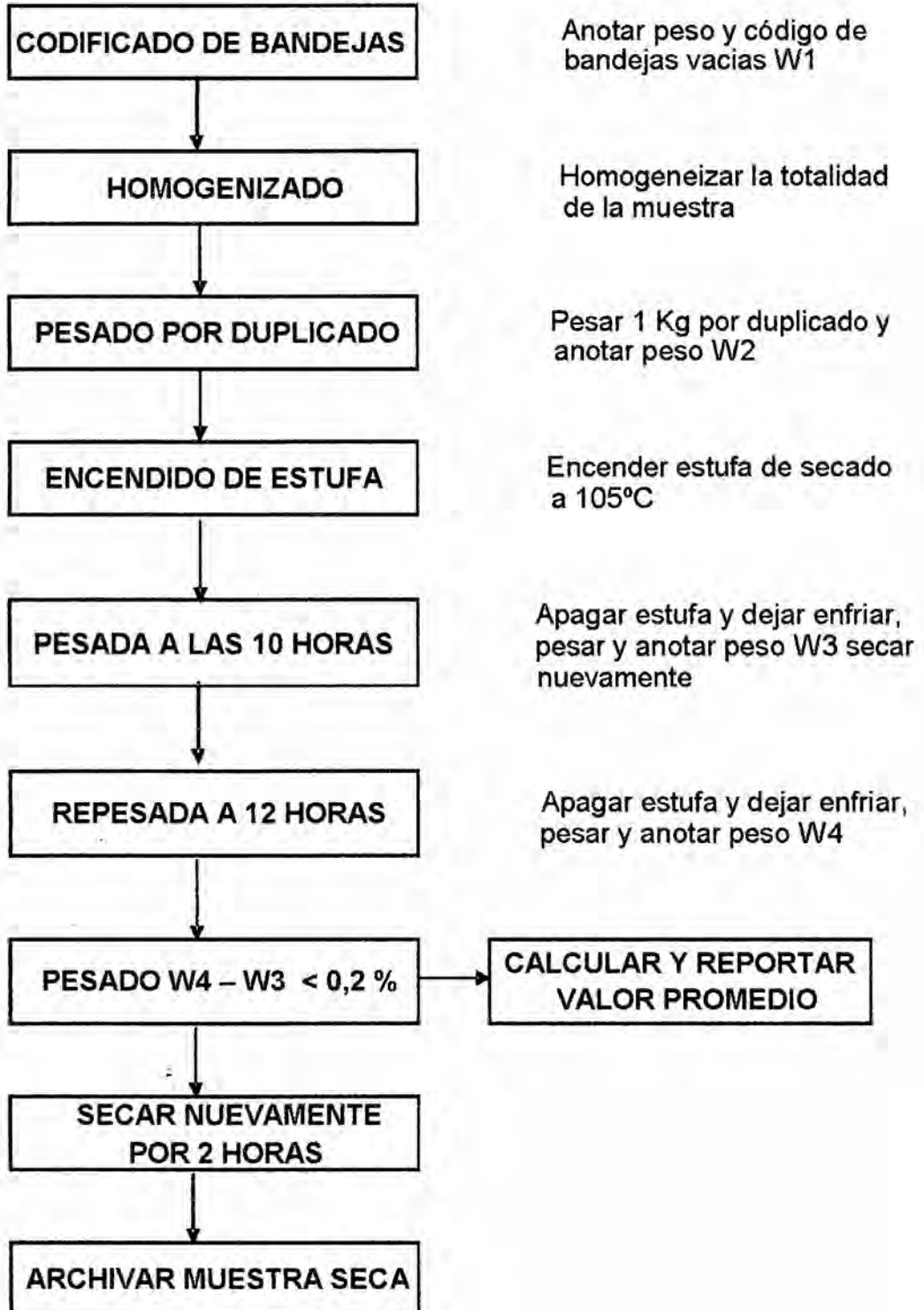
PREPARACIÓN DE MUESTRAS CONCENTRADAS.



ANEXO N° 6

DIAGRAMA N° 7

PARA HUMEDADES EN MUESTRAS CONCENTRADAS

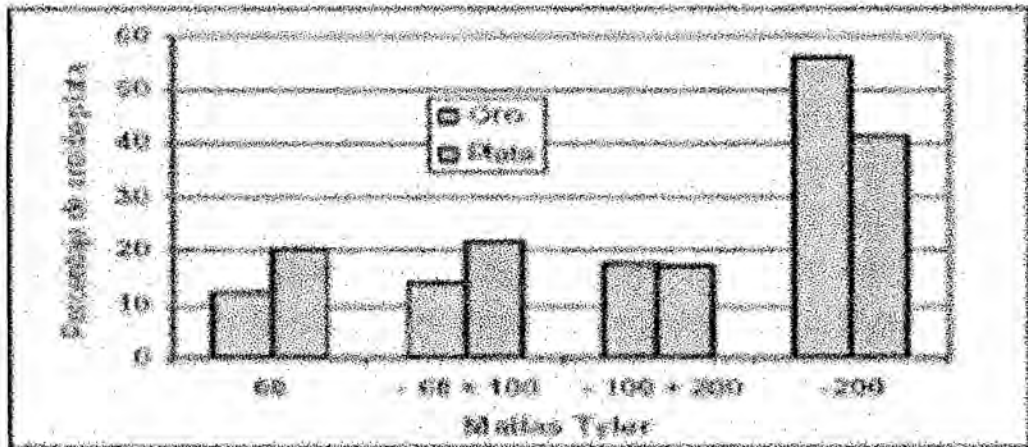


ANEXO N° 7

DISTRIBUCIÓN DEL ORO Y LA PLATA EN MINERALES OXIDADOS Y SULFURADOS.

FIGURA N° 4

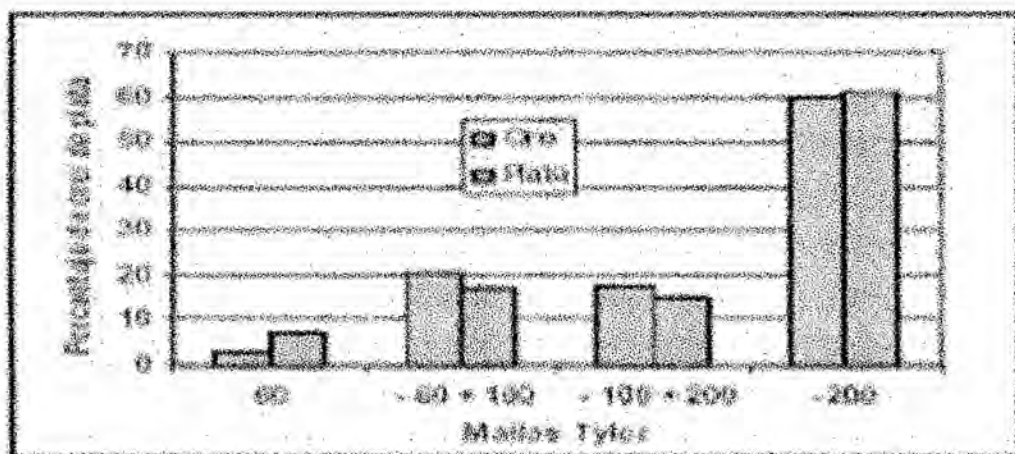
DISTRIBUCIÓN DEL ORO Y LA PLATA EN UN MINERAL OXIDADO



Fuente: UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

FIGURA N° 5

DISTRIBUCIÓN DEL ORO Y LA PLATA EN UN MINERAL SULFURADO



Fuente: UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

ANEXO N° 8

PROTOCOLO DE SEGURIDAD

USO ADECUADO DE IMPLEMENTOS DE SEGURIDAD

TABLA N° 31

SECCIONES COMPROMETIDAS EN EL PROTOCOLO	PREPARACIÓN DE FUNDENTE	PESADA	HOMOGENEIZADO	FUNDICIÓN	COPELACIÓN	PARTICIÓN	EVALUACIÓN
IMPLEMENTOS DE SEGURIDAD							
GUANTES QUIRÚRGICOS	X	X	X			X	X
GUANTES DE CUERO				X	X		
GUANTES CON PUNTA DE NEFRENO						X	
GUANTES ALUMINIZADOS				X	X		
TRAJE PROTECTOR ALUMINAZADO				X	X		
PROTECTOR FACIAL TRANSPARENTE				X	X		
PROTECTOR FACIAL OSCURO Y REFRACTACTANTE				X	X		
LENTES DE SEGURIDAD	X		X			X	X
RESPIRADOR CON FILTRO PARA GASES						X	X
RESPIRADOR CON FILTRO PARA POLVO METÁLICO	X		X	X	X		X
RESPIRADOR PARA POLVO		X					
ROPA DE TRABAJO - OVEROL	X	X	X	X	X	X	X

Fuente: Laboratorio de Minerales – Manual de Procedimientos 2000 Minlab – Lima

ANEXO N° 9

TABLA DE TOLERANCIA PARA EL ANÁLISIS DEL ORO

TABLA N° 32

TOLERANCIA PARA EL REPORTE ORO	
CANTIDAD DE ORO (mg)	TOL (mg)
MENOS DE 0,5	0,01
DE 0.5 HASTA 1,00	0,02
DE 1.00 HASTA 2,00	0,03
DE 2.00 HASTA 3,00	0,04
DE 3.00 HASTA 5,00	0,05
DE 5.00 HASTA 10,00	0,07
DE 10.00 HASTA 20,00	0,1
DE 20.00 HASTA 30,00	0,15

Fuente: NORMA JIS : 8111

TABLA N° 33

TOLERANCIA PARA EL REPORTE DE ORO PARA MUESTRA DE 10 g	
LEYES DE ORO (oz/tc)	TOL (mg)
MENOS DE 1,458	0,029
DE 1,458 HASTA 2,917	0,058
DE 2,917 HASTA 5,833	0,087
DE 5,833 HASTA 8,750	0,117
DE 8,750 HASTA 14,583	0,146
DE 14,583 HASTA 29,167	0,204
DE 29,167 HASTA 58,333	0,292
DE 58,333 HASTA 87,500	0,437

Fuente: NORMA JIS: 8111

TABLA N° 34

TOLERANCIA PARA EL REPORTE DE ORO PARA MUESTRA DE 15 g	
LEYES DE ORO (oz/tc)	TOL (oz/tc)
MENOS DE 0,972	0,019
DE 0,972 HASTA 1,944	0,039
DE 1,944 HASTA 3,889	0,058
DE 3,889 HASTA 5,833	0,078
DE 5,833 HASTA 9,722	0,097
DE 9,722 HASTA 19,444	0,136
DE 19,444 HASTA 38,889	0,194
DE 38,889 HASTA 58,333	0,292

Fuente: NORMA JIS: 8111

ANEXO N° 10

TABLA DE TOLERANCIA PARA EL ANÁLISIS DE LA PLATA.

TABLA N° 35

TOLERANCIA PARA REPORTE DE PLATA	
CANTIDAD DE PLATA (mg)	TOL (mg)
MENOS DE 5,0	0,1
DE 5.0 HASTA 10,0	0,2
DE 10.0 HASTA 30,0	0,3
DE 30.0 HASTA 50,0	0,5

Fuente: NORMA JIS: 8111

TABLA N° 36

TOLERANCIA PARA EL REPORTE DE LA PLATA MUESTRA DE 10 gr	
LEYES DE PLATA (oz/tc)	TOL (oz/tc)
MENOS DE 14,58	0,29
DE 14,58 HASTA 29,17	0,58
DE 29,17 HASTA 87,50	0,87
DE 87,50 HASTA 145,83	1,46

Fuente: NORMA JIS: 8111

TABLA N° 37

TOLERANCIA PARA EL REPORTE DE LA PLATA MUESTRA DE 15 g	
LEYES DE PLATA (oz/tc)	TOL (oz/tc)
MENOS DE 9,72	0,19
DE 9,72 HASTA 19,44	0,39
DE 19,44 HASTA 58,33	0,58
DE 58,33 HASTA 97,22	0,97

Fuente: NORMA JIS: 8111

ANEXO 11

CONTROL METRO LÓGICO DE EQUIPOS EN EL ÁREA DE ENSAYOS AL FUEGO

TABLA N° 38

	EQUIPOS DE LABORATORIO	2007												2008												
		ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	
1	BALANZA PLATAFORMA PARA FUNDENTE				X											X										
2	BALANZA ANALITICA N° 1				X											X										
3	BALANZA ANALITICA N° 2				X											X										
4	BALANZA MICROANALITICA				X											X										
5	BALANZA ULTRAMICROANALITICA.				X											X										
6	ESPECTROFOTOMETRO ABSORCION ATOMICA		X													X										
7	DESIONIZADOR DE AGUA		X													X										
8	PURIFICADOR DE AGUA ELIX		X													X										
9	ESTUFA DE SECADO N° 1							X													X					
10	ESTUFA DE SECADO N° 2							X													X					
11	HORNO MUFLA PARA DORES.							X													X					
12	HORNO DE FUNDICION.							X													X					
13	HORNO DE COPELACION.							X													X					
14	PLANCHA DE ATAQUE ACIDA N° 1							X													X					
15	PLANCHA DE ATAQUE ACIDA N° 2							X													X					
16	PLANCHA DE ATAQUE ACIDA N° 3							X													X					
17	CHANCADORA DE QUIJADA N° 1		X													X										
18	CHANCADORA DE QUIJADA N° 2		X													X										
19	CHANCADORA DE RODILLO N° 1		X													X										
20	CHANCADORA DE RODILLO N° 2		X													X										
21	PULVERIZADORA DE ANILLO N° 1		X													X										
22	PULVERIZADORA DE ANILLO N° 2		X													X										
23	PULVERIZADORA DE ANILLO N° 3		X													X										

FUENTE : LABORATORIO DE MINERALES

Fuente: Laboratorio de Minerales – Manual de Procedimientos 2000 Minlab – Lima

ANEXO N° 12
HOJA DE TRABAJO DE COPELACIÓN
FIGURA N° 6

HOJA DE TRABAJO N°

ETAPA :

1	2	3	4	5	6	7	8
9	10	11	12	13	14	15	16
17	18	19	20	21	22	23	24
25	26	27	28	29	30	31	32
33	34	35	36	37	38	39	40
41	42	43	44	45	46	47	48
49	50	51	52	53	54	55	56
57	58	59	60				

CODIGO:

.....

CLIENTE:

.....

.....

OBSERVACIONES

.....

.....

.....

Fuente: Laboratorio de Minerales – Manual de Procedimientos 2000 Minlab – Lima

ANEXO N° 13

TABLA N° 39

RESULTADOS DE LA PRUEBA DE HOMOGENEIDAD

ELEMENTO	Au
CONCENTRACIÓN	ppb
PRUEBAS	FA-AAS
1	232
2	210
3	206
4	210
5	206
6	206
7	210
8	206
9	228
10	206
11	210
12	206
13	210
14	206
15	210
16	206
17	216
18	210
19	206
20	206
21	210
22	206
23	210
24	206
25	210
26	206
27	206
28	210
29	206
30	206
31	210
32	206
33	210
34	206
35	210
36	206
37	206
38	206
P- Interno	302
P. Interno	300
P. Interno	300
P. Externo	100

1		-104,416029	104,416029
2	210	1,207122	1,207122
3	206	-0,804748	0,804748
4	210	1,207122	1,207122
5	206	-0,804748	0,804748
6	206	-0,804748	0,804748
7	210	1,207122	1,207122
8	206	-0,804748	0,804748
9		-104,416029	104,416029
10	206	-0,804748	0,804748
11	210	1,207122	1,207122
12	206	-0,804748	0,804748
13	210	1,207122	1,207122
14	206	-0,804748	0,804748
15	210	1,207122	1,207122
16	206	-0,804748	0,804748
17		-104,416029	104,416029
18	210	1,207122	1,207122
19	206	-0,804748	0,804748
20	206	-0,804748	0,804748
21	210	1,207122	1,207122
22	206	-0,804748	0,804748
23	210	1,207122	1,207122
24	206	-0,804748	0,804748
25	210	1,207122	1,207122
26	206	-0,804748	0,804748
27	206	-0,804748	0,804748
28	210	1,207122	1,207122
29	206	-0,804748	0,804748
30	206	-0,804748	0,804748
31	210	1,207122	1,207122
32	206	-0,804748	0,804748
33	210	1,207122	1,207122
34	206	-0,804748	0,804748
35	210	1,207122	1,207122
36	206	-0,804748	0,804748
37	206	-0,804748	0,804748
38	206	-0,804748	0,804748
PROMEDIO	207,60		
DESV. ST	1,9882		

$h(5\%)$ donde $p = 40$ $H = 1,91$

	PROMEDIO	DESVIACIÓN	
	ppb		% RSD
SIN ITERACIÓN	209	5,5556	
1 ra ITERACIÓN	207,83	2,4083	
2 da ITERACIÓN	207,6	1,9882	
3 ra ITERACIÓN			

FUENTE : CCLAS SGS