



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA QUÍMICA



**EFICIENCIA DEL CARBONATO DE CALCIO EN LA CARGA
FUNDENTE PARA ANÁLISIS DE ORO POR EL MÉTODO
COMBINADO DE FIRE ASSAY Y ESPECTROFOTOMETRÍA DE
ABSORCIÓN ATÓMICA**

TESIS

PRESENTADA POR:

MAXIMO BRADLEY CHATA YANA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO QUÍMICO

PUNO – PERÚ

2022



DEDICATORIA

A mi querido padre Hugo Chata Paricahua que desde el cielo me cuida y me guía.

A mi adorada madre Gregoria Yana Coila por darme su apoyo incondicional en todo momento para la culminación de este proyecto. A mi hermana Katherine por ser mi inspiración para salir adelante y a mi familia que siempre están dándome sabios consejos para mi persona.

A mis amigos, ingenieros y compañeros de trabajo que siempre me motivaron para lograr mis objetivos.

Maximo Chata



AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional Del Altiplano – Puno, por darme la oportunidad de realizar mis estudios superiores. A los docentes de la Carrera Profesional de Ingeniería Química, que me han acompañado durante este largo camino, brindándome siempre su orientación con profesionalismo ético en la adquisición de conocimientos. A mi tutor de tesis, el M.Sc. Salomón Ttito León, por su guía y tiempo invertido en el desarrollo y corrección de esta tesis.

Maximo Chata



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

RESUMEN 11

ABSTRACT..... 12

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN 14

1.1.1 Objetivo General..... 14

1.1.2 Objetivos Específicos 14

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN 15

2.2 MARCO TEÓRICO..... 21

2.2.1 Análisis Químico de Minerales 21

2.2.2 Analisis por Fundicion o Fire Assay 25

2.2.3 Espectrofotometría de Absorción Atómica. 40

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 LUGAR DE EJECUCIÓN 46

3.2 EQUIPOS, MATERIALES Y REACTIVOS 46



3.3	DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	49
3.3.1	Matriz de Diseño	49
3.4	METODOLOGIA PARA EL PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS DE ORO POR EL MÉTODO COMBINADO	50
3.4.1	Pesado.....	50
3.4.2	Procedimiento para optimizar tiempo y temperatura	54
3.4.3	Ataque Químico y Digestión.....	55
3.4.4	Procedimiento para análisis de Escorias.....	57
3.4.5	Lectura por Absorción Atómica.....	57
3.4.6	Preparación de Estándares de Oro.....	58
3.4.7	Cálculos de Leyes.....	59

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1	RESULTADOS PARA CUMPLIR EL PRIMER OBJETIVO	60
4.1.1	Preparación del Fundente	60
4.1.2	Pesado de Muestras	61
4.1.3	Condiciones para cumplir el segundo objetivo	61
4.1.4	Peso de Régulos.....	62
4.1.5	Resultados de análisis de las escorias para cumplir el tercer objetivo	62
4.1.6	Resultados de las Lecturas en Absorción Atómica	64
4.1.7	Cálculos	70
4.2	RESULTADOS DE ENSAYOS REALIZADOS PARA COMPROBAR EFECTIVIDAD DEL CARBONATO DE CALCIO EN LA MEZCLA FUNDENTE.....	72
4.3	INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	72



V. CONCLUSIONES.....	75
VI. RECOMENDACIONES	76
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	77
ANEXOS.....	80

Línea: Ingeniería de Procesos

Tema: Eficiencia del Carbonato de Calcio en la Carga Fundente para Análisis de Oro

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 29 de diciembre de 2022



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1:	Fuerza oxidante de minerales.....	23
Tabla 2:	Fuerza reductora de minerales.	24
Tabla 3:	Propiedades físicas y químicas del oro.	25
Tabla 4:	Características del Litargirio.....	27
Tabla 5:	Características del bórax.	28
Tabla 6:	Características del Sílice.	28
Tabla 7:	Características de la harina.	29
Tabla 8:	Características del Nitrato de Potasio.	30
Tabla 9:	Características del carbonato de sodio.....	31
Tabla 10:	Características de nitrato de plata.	32
Tabla 11:	Variables según niveles.....	50
Tabla 12:	Matriz de diseño experimental.....	50
Tabla 13:	Composición del Flux.....	51
Tabla 14:	Composición de fundente con sustitución de carbonato de calcio	52
Tabla 15:	Dosificación de reactivos según muestra.	52
Tabla 16:	Preparación del fundente por prueba experimental	61
Tabla 17:	Pesado inicial de las muestras.....	61
Tabla 18:	Condiciones de trabajo para cada prueba.....	62
Tabla 19:	Pesado de régulos.....	62
Tabla 20:	Concentración de oro en las escorias	63
Tabla 21:	Datos para elaboración de curva de Calibración.....	64
Tabla 22:	Resultados de las lecturas de oro	65
Tabla 23:	Resultados de leyes de oro por absorción atómica	72
Tabla 24:	Reproducibilidad del mejor resultado	74



Tabla 25: Comparación de resultados 74



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Relación entre CaO y Pb contenido en la escoria (Calvo & Ballester, 2008)	32
Figura 2. Fase escoria generada por fusión de una mezcla de óxidos de cobre y hierro, utilizando bórax como principal agente fundente.	35
Figura 3. Fotografía de una fase mata generada en la fusión de un concentrado de sulfuros de cobre y hierro	36
Figura 4. Fotografía en la que se puede apreciar el corte transversal de un crisol de arcilla, en el cual la fase mata se ha depositado en la parte inferior, y la fase escoria en la parte superior.	36
Figura 5. Pesado de muestras	53
Figura 6. Carga lista para función	53
Figura 7. Vaciado del producto de fundición en lingoteras	55
Figura 8. Final de proceso de copelación	55
Figura 9. Ataque químico del botón	56
Figura 10. Equipo de Absorción Atómica.....	58
Figura 11. Concentración de oro en las escorias	63
Figura 12. Curva de Calibración	64
Figura 13. Diagrama de Paretos de Efectos Estandarizados	65
Figura 14. Gráfica normal de efectos estandarizados.....	66
Figura 15. Gráfica de Residuos	67
Figura 16. Gráfica de Efectos Principales	68
Figura 17. Gráfica de Efectos Principales	69
Figura 18. Gráfica de Cubos.....	69



ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

TM	: Tonelada Métrica
Ppm	: Partes por millón
RSD	: Desviación estándar relativa
AAS	: Absorción Atómica
Bk	: Blanco
St	: Concentración estándar
ISO	: Internacional Organization Standardization
KNO ₃	: Nitrato de Potasio
PbO	: Oxido de Plomo
Na ₂ CO ₃	: Nitrato de Sodio
CaCO ₃	: Carbonato de Calcio
Au	: Oro
Na ₂ B ₄ O ₇ ·10H ₂ O	: Bórax
SiO ₂	: Sílice
AgNO ₃	: Nitrato de Plata



RESUMEN

La presente investigación se realizó en el Laboratorio Químico Metalúrgico Ambiental RHLAB S.A.C., se evaluó la eficacia del carbonato de calcio como sustituto del carbonato de sodio dentro de la carga fundente, para lo cual se hizo una sustitución completa y parcial. El mineral usado en la investigación es de tipo oxidado, la metodología aplicada para esta investigación se inicia con la preparación mecánica del mineral teniendo un 80% malla – 200, se dosifica de acuerdo a los porcentajes de sustitución y se funde a diferentes temperaturas y tiempo, en el proceso de ataque químico se agrega HCl al 15% y agua regia para disolver el oro para luego leer en el equipo de Absorción Atómica para obtener las leyes de oro. Las variables evaluadas en la investigación fueron el tiempo, temperatura, porcentaje de sustitución y análisis de escorias para determinar la pérdida de oro en las escorias. La muestra enviada a laboratorios Analíticos del Sur se obtuvo una ley de 1,367 g/TM, y el resultado interno de la misma muestra de RHLAB fue de 1,371 g/TM. El mejor resultado de porcentaje de sustitución ideal se da en la prueba M-O PE08, las condiciones fueron 1100°C y tiempo de 2 horas se obtuvo una ley de 1,365 g/TM, pero con 100% de sustitución de carbonato de calcio. Por tanto, para asegurar reproducibilidad del método se realizó la misma prueba por triplicado, obteniendo resultados muy parecidos, en el análisis de las escorias indica pérdida mínima de oro en la fundición. Se concluye que la sustitución de carbonato de calcio en la carga fundente es factible para muestras del tipo oxidado, teniendo buenos resultados, así como disminuyendo los costos de los reactivos ya que es menos costoso que el carbonato de sodio y su uso no es restringido.

Palabras Clave: Ensayo al fuego, análisis de oro, absorción atómica, carbonato de calcio.



ABSTRACT

The research was carried out in the Environmental Chemical Metallurgical Laboratory RHLAB S.A.C., the effectiveness of calcium carbonate as a substitute for sodium carbonate inside the flux charge was evaluated, for which a complete and partial replacement was made. The mineral used in the research is of oxidized type, the methodology applied for this research begins with the mechanical preparation of mineral having a 80% mesh - 200, it's dosed according to the substitution percentages and melts at different temperatures and time, in the chemical attack process, 15% HCl and aqua regia are added to dissolve the gold and then read in the Atomic Absorption Equipment to obtain the gold grades. The variables evaluated in the research were: time, temperature, substitution percentage and slag analysis to determine the gold loss in the slag. The sample sent to "Laboratorios Analíticos del Sur" obtained a grade of 1,367 g/MT, and the internal result of the same RHLAB sample was 1.371 g/MT. The ideal substitution percentage best result is given in the M-O PE08 test, the conditions were 1100°C and a time of 2 hours, a law of 1.365 g/MT was obtained, but with 100% calcium carbonate substitution. Therefore, to ensure the method reproducibility, the same test was carried out in triplicate, obtaining very similar results, in the slags analysis, it indicates a minimum gold loss in the smelter. It's concluded that the calcium carbonate substitution in the flux charge is feasible for oxidized type samples, having good results, as well as reducing the reagents costs since it's less expensive than sodium carbonate and its use is not restricted.

Keywords: Fire assay, gold analysis, atomic absorption, calcium carbonate.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

La determinación de oro en muestras oxidadas es una de las tareas más desafiantes en la química analítica, y constituye un trabajo exigente a causa de la variación en la composición química de los minerales a los cuales se encuentra asociado, lo cual dificulta su determinación. Además, debido al alto valor económico del oro, su cuantificación debe ser efectuada con una alta precisión y veracidad ya que pequeñas cantidades de este metal pueden incidir en si es o no factible su explotación en yacimientos de baja ley (Flecher, Day 1990).

El ensayo al fuego se utiliza como método de cuantificación de oro, siendo el más preciso, este método se combina con espectrofotometría de absorción atómica al analizar minerales de leyes bajas, como la expuesta en el presente proyecto.

La carga fundente empleada en el método de ensayo al fuego tiene por componentes litargirio (PbO), sílice (SiO_2), bórax ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) y carbonato de sodio (Na_2CO_3), siendo este último un reactivo controlado y de difícil comercialización, es buen agente oxidante y reactivo desulfurizante, sin embargo, se estudia su sustitución con carbonato de calcio (CaCO_3), ya que posee propiedades parecidas.

La sustitución de carbonato de sodio (Na_2CO_3) por carbonato de calcio (CaCO_3) presenta ciertas ventajas, como por ejemplo el precio, ya que el precio del carbonato de sodio es de 3,7 USD/Kilogramos y el precio del carbonato de calcio es de 0,25 USD/Kilogramos, además el carbonato de calcio es un reactivo poco controlado y de fácil comercialización, y es el sustituto ideal del carbonato de sodio (Na_2CO_3) para análisis químico del oro en minerales de tipo oxidado.



Por lo expuesto anteriormente se dirigió un estudio de la sustitución de carbonato de sodio por carbonato de calcio en la presente investigación, dando resultados favorables a condiciones de temperatura y tiempo máximos.

1.1 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1.1 Objetivo General

- Demostrar la eficiencia del carbonato de calcio dentro de la carga fundente para el análisis de oro por el método combinado de *fire assay* y espectrofotometría de absorción atómica.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Determinar el porcentaje de sustitución ideal de carbonato de calcio en la carga fundente que logre la mejor recuperación de oro.
- Optimizar el tiempo y la temperatura en las pruebas de ensayo al fuego que logre una mejor fusión.
- Analizar la escoria obtenida en la fundición para determinar la pérdida de oro.



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Iza, (2011) evaluó el mejoramiento de la fusión de calcinas auríferas provenientes de las zonas de Pacto, Pachijal, Virón y Bucay, mediante la sustitución total y parcial de carbonato de sodio (Na_2CO_3) por carbonato de calcio (CaCO_3) dentro de la carga fundente para las calcinas de Pacto, Pachijal, Virón y Bucay con porcentajes de sustitución por CaCO_3 del 100%, 40,0%, 83,3% y 67,0%, respectivamente, necesitó elevar la temperatura de operación de 900°C a 1200°C , llegando a superar la concentración de oro en 3,8 % y 5,4 % de lo cuantificado en los ensayos estándar en donde se utiliza Na_2CO_3 , las concentraciones de Au obtenidas para Pachijal y Bucay fueron menores en 28,5% y 48,7% a las estándar. Se estableció que la temperatura de fusión de la calcina perteneciente a Pachijal es 1300°C y la de Bucay es de 1400°C y para Pacto y Virón las temperaturas de fusión fueron menores a 1200°C y se lograron concentraciones de Au semejantes a las estándar. Además, el reemplazo por CaCO_3 ayudó a disminuir costos en consumos de reactivos ya que el precio del Na_2CO_3 fue de 1,48 USD/kg y el de CaCO_3 fue de 0,22 USD/kg.

Rodríguez, et al., (2013) investigaron la validación del método ensayo al fuego combinado con espectrofotometría de Absorción Atómica (EF-EAA) se valida, el método Ensayo por Fuego combinado con Espectrofotometría de Absorción Atómica (EF-EAA), para la determinación de oro en muestras geológicas. Los parámetros que se evaluaron en esta validación son: especificidad, linealidad, sensibilidad, precisión, veracidad y robustez. Obtuvo como resultado que el método es lineal en el rango de (2-7) mg/L, con valores de Límite de Detección y Límite de Cuantificación de 0,06 mg/L y 0,20 mg/L



respectivamente. Los parámetros estadísticos que se determinaron en el análisis de precisión en términos de repetibilidad y de precisión intermedia, avalan que el método es capaz de emitir resultados con una alta precisión. Analizaron muestras en el Laboratorio Central de Minerales (LACEMI), las que son analizadas de forma paralela, en el Laboratorio Central de la empresa Geominera del Centro (LABC-EGMC) a un material de referencia, todo esto para evaluar la veracidad del método, los valores que se obtienen en estos test, afirman que el método es veraz. La robustez, se evalúa a partir de un diseño de experimento y como resultado se obtiene, que en el rango en estudio pequeñas variaciones de las variables que se estudian, no afectan los resultados finales de las muestras. Se demuestra que este método puede ser utilizado por el LABC-EGMC, para determinar los contenidos de oro en muestras geológicas.

Espilco, (2013) refiere que la determinación de oro y plata por ensayo al fuego constituye un análisis químico cuantitativo, expresa también que es un método eficaz para leyes de 0,05 ppm a mas, se fundamenta en el uso de elevadas temperaturas y la presencia de óxido de plomo conjunto con carbonato de sodio, bórax, sílice y agentes reductores y oxidantes como fundentes, la muestra 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, 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 cuantificara al botón de oro. Si el botón de oro es grande, este se pesa con una balanza ultra micro analítica 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.



Barrios, (2018) refiere que para la fundición de oro y plata se usa fundentes compuestos por el Bórax, nitrato de sodio, carbonato de sodio, nitrato de potasio y sílice, en la Unidad Minera Tambomayo, debido a esta composición solo se recupera en las barras dore un 92% del contenido metálico y el tiempo de vida de los crisoles era de 90 horas, realizo pruebas variando la adición de los fundentes de 2, 2,5, y 3% de cal cálcica del peso de precipitado, obteniendo el mejor resultado con un 3% logrando recuperar hasta el 97% del contenido metálico y alargando el tiempo de vida de los crisoles de 90 a 105 horas; de la misma forma la escoria contuvo un porcentaje mínimo de metales preciosos.

Antezana, (2013) demostró que el cobre como colector es significativo para analizar los rendimientos de oro y plata en menas y concentrados polisulfurados por el método de ensayo al horno mufla, expresa que uso cobre metálico (Cu) e Hidróxido de Cobre ($\text{Cu}(\text{OH})_2$) como colectores, el cobre metálico (Cu) usa más tiempo y la separación es más compleja por lo que se precipita para formar Hidróxido de Cobre ($\text{Cu}(\text{OH})_2$), pues al ser polvo se homogeniza mejor y optimiza el proceso, para la fundición se agregó a 60 g de mineral, 40 g de Bórax ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$), 20 g de Bicarbonato de Sodio (NaHCO_3), y 25 g de nitrato de potasio (KNO_3), y posteriormente se procedió a añadir 40 g de Bórax ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$), 15 g de Hidróxido de Cobre ($\text{Cu}(\text{OH})_2$) y 3 g de harina en el crisol, es la etapa de metalización. La harina se utiliza como agente reductor del Hidróxido de Cobre ($\text{Cu}(\text{OH})_2$), ya que es una fuente de carbono y sirve para reducir el hidróxido de cobre a cobre metálico, para que de esta manera éste colecte los metales preciosos, teniendo una mayor recuperación de metales preciosos.

Nuñez & Naula, (2015) optimizaron los métodos de análisis de oro por métodos gravimétricos, oxidando y fluidizando el flujo fundente con nitrato de potasio y carbonato de sodio respectivamente, así como evaluando la temperatura óptima de fusión en las



condiciones de formulación de los reactivos. A las muestras sulfuradas se han oxidado con nitrato de potasio en las pruebas experimentales variando las proporciones de 5, 10 y 20 gramos. Llegando a optimizar el análisis gravimétrico con 15 gramos donde hay total oxidación de la masa fundente, para el carbonato de sodio, de igual forma se han variado las proporciones de 20, 40 y 60 gramos y se ha logrado la optimización de los análisis gravimétricos fluidizando el flujo fundente en la etapa de fusión manipulando la variable temperatura entre 1100°C y 1200°C, logrando así la recuperación más óptima.

Mercado, (2013) realizó un 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 de análisis. La evaluación gráfica, así como la evaluación estadística confirman que empleando las técnicas que implican fundición se obtienen resultados más eficientes en ley de oro que las técnicas que implican vía húmeda. La evaluación estadística permite ver los resultados de los %RSD (Desviación Estándar Relativa). Para el caso de las técnicas que implican fundición vemos que los $\%RSD < 5$, lo cual está dentro de la tolerancia para este parámetro, caso contrario para las técnicas que implican vía húmeda se observan valores para los $\%RSD > 5$, lo cual está fuera de la tolerancia para este parámetro.

Lipa, (2019) expresa que en las instalaciones de la Empresa minera ARUNTANI S.A.C., las muestras mineralógicas pasan por el proceso de preparación mecánica, sacando una muestra representativa de 200 a 300g a malla -150. 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 oxidó 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 y plata) 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 para luego ser cuantificados mediante el uso del espectrofotómetro de absorción atómica.

Mantari & Paucar, (2009) demuestran estadísticamente que los parámetros en el proceso analítico químico cuantitativo empleando el nitrato de potasio por vía pirometalúrgica es más preciso que el método de análisis espectrofotométrico por absorción atómica; para esta demostración también se ha recurrido a uso de la estadística inferencial, en el que se hace una comparación de varianzas, desde el punto de vista de sistematización de tal forma que ha servido para optimizar estadísticamente dicho control para beneficio de la Empresa Minera Chancadora Centauro S.A.C.

Pillaca, (2017) en la empresa Minerals of Laboratories S.R.L (MINLAB S.R.L) realizó una comparación para mejorar el procedimiento en el área de fundición para determinar Au y Ag por el método de ensayo al fuego en concentrados de Zn, Pb y Cu, cuyo costo en el mercado es valorizado por la presencia de Au y Ag, la cual consiste en hacer un calentamiento de crisoles antes de fundir las muestras para evitar que estas rebalsen y ocasionen pérdidas de tiempo, costo y acumulación de muestras; reduciendo el tiempo hasta 1 hora y media, optimizando también el costo de la operación, pues hay un tiempo de vida más largo para los crisoles, de la misma forma se redujo también la caída de temperatura, de 1050°C a 845°C y de 105°C a 934°C además de proporcionar resultados confiables con un tratamiento estadístico respecto a la determinación de Au y Ag, mediante el método de ensayo al fuego, los cuales son muy importantes en la minería o en cualquier otro laboratorio de análisis de minerales en el que se practica dicho método.



Manrique, (2008) valido el método combinado de Fundición (*Fire assay*) y espectrofotometría de absorción atómica, obteniéndose resultados mediante las pruebas de: Consistencia de datos, así mismo para los valores k de Mandel se ha determinado que hay consistencia en las pruebas Las pruebas de validez analizados por las pruebas de Cochran se tienen al 1% (0,754) y al 5% (0,638) como valores críticos, indican que no es significativo los valores rezagados. Las pruebas de Grubbs de valores erráticos o atípicos se tienen al 1% (2,387) y al 5% (2,215), indican que no tienen valores erráticos o atípicos. Las pruebas de normalidad de datos analizados según la prueba de Anderson darling y T de student a un nivel de significancia de 6,05 dan un valor de p mayor que 0,05 (0,199) nos indican que el laboratorio reporta resultados con diferencias no significativas; finalmente las pruebas de precisión analizados reportan los siguientes datos: $RSD_{experimental} > RSD_{Horwitz}$: $4,98 < 10,33621$. No existe diferencia significativa en la precisión de datos porque $RSD_{experimental}$ es menor que $RSD_{Horwitz}$.

Hilari, (2018) refiere que el proceso de muestreo es el más importante, puesto que es aquí donde se inicia las operaciones y procesos del laboratorio, en los ensayos al fuego se debe termocuplas de gran confiabilidad para saber si en realidad está a la temperatura requerida, también dice que el exceso de ácidos al realizar el ataque químico, puede ocasionar la formación de un reactivo limitante al proceso, finalmente explica que la determinación de los componentes principales de una muestra, el método por absorción atómica es solo opción para determinar su lectura.



2.2 MARCO TEÓRICO

2.2.1 Análisis Químico de Minerales

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 subdivide en “Cualitativo” y “Cuantitativo”. Para lo cual detallaremos el Análisis Cuantitativo, 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.

Existen 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.

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:

- **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.
- **Métodos Electroquímicos:** Se basan en las propiedades electroquímicas de las soluciones. Entre ellos tenemos potenciometría, polarografía, electrogravimetría y coulombimetría.
- **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.
- **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 y Calorimetría de barrido.



2.2.1.1 Clasificación de Minerales de Oro

a) **Minerales Oxidados:** Estos minerales tienen la capacidad de oxidar al plomo metálico a litargirio, debido a su fuerza oxidante (ver Tabla 1) Su composición mineralógica es muy diversa.

Tabla 1: Fuerza oxidante de minerales.

AGENTES OXIDANTES	FUERZA OXIDANTE
Hematita (Fe_2O_3)	1,3
Magnetita (Fe_2O_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.

Determinación de fuerza oxidante

$$\text{Fuerza Oxidante} = \frac{12 * \text{peso de harina (g)} * \text{peso de regulo (g)}}{(\text{peso de muestra (g)})} \quad (01)$$

$$\text{Harina a aumentar} = \frac{\text{Peso de muestra (g)} * \text{Fuerza Oxidante}}{12} \quad (02)$$

b) **Minerales Sulfurados:** Estos minerales contienen sulfuro en diverso grado, (ver Tabla 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, hulla.



Tabla 2: 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.

Determinación De Fuerza Reductora

$$\text{Fuerza Reductora} = \frac{12 * \text{peso de harina (g)} * \text{peso de regulo (g)}}{(\text{peso de muestra (g)})} \quad (03)$$

En caso de no necesitar harina, solamente usar KNO₃.

$$\text{Fuerza Reductora} = \frac{\text{Peso de regulo}}{\text{Peso de muestra}} \quad (04)$$

c) **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, wulfenita, etc.

d) **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.

2.2.1.2 Propiedades del Oro

Tabla 3: Propiedades físicas y 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.

2.2.2 Analisis por Fundicion o Fire Assay

El ensayo al fuego es un método de análisis químico, es el más utilizado para el análisis del oro de este análisis es un método destructivo en el cual se rompe la estructura del mineral para liberar el elemento de interés; mediante este se cuantifica la cantidad de oro que existe en un mineral, para lo cual se mezcla el mineral con la carga fundente y cuyas cantidades están relacionadas con la naturaleza de la muestra, se funde en un horno a temperatura entre 900°C y 1200°C, en un tiempo máximo de 1,5 h (Lenahan et al., 2004).

El plomo se oxida a PbO, el que es absorbido por la copela en un 98,5% aproximadamente y volatilizándose en un 1,5%. De esta forma se obtiene un botón de metales preciosos llamado Doré (Au+Ag). El Doré obtenido en esta etapa, se lleva a un primer ataque químico en el cual se diluye la plata, posteriormente se lleva a un segundo ataque donde se disuelve el oro mediante agua regia y se lleva a lectura por AAS y se determina la concentración de oro; también, este mismo dependiendo del método de ensayos se puede llevar a crisoles de porcelana y se le añade ácido nítrico para disolver



selectivamente la plata y dejar un residuo de oro, el que posteriormente se pesa y así se obtiene en forma separada la concentración de oro (gravimetría) (Rosado, 2017).

2.2.2.1 Composición y Propiedades de la Carga Fundente

La eficiencia de la separación de los compuestos indeseables y de las impurezas depende de la calidad de la escoria que se forma. Esta eficiencia puede ser medida en términos de oro y plata. El rendimiento depende de la naturaleza del mineral aurífero y de las propiedades de la carga fundente utilizada. Es importante trabajar con un mineral que tenga un tamaño de partícula adecuado, de tal modo que cada partícula de este se encuentre en contacto con las partículas de cada componente de la carga fundente (Yang et al., 2009).

- a) **Litargirio:** El Pb actúa como colector de metales nobles, como son el Au y la Ag, su punto de fusión es de 883°C (Marsden & House, 1993).

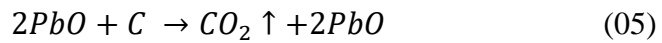
El Pb tiene mayor afinidad para combinarse con el O_2^- que el Cu, esta dificultad se evita por acción del litargirio, que atenúa la probabilidad de reducir el Cu (Yang et al., 2009).

La colección efectiva de los metales preciosos se realiza cuando hay una liberación, por fusión, de los metales preciosos. Las partículas de los metales nobles deben estar en estado líquido para su colección. Además, depende del uso de fundentes y la temperatura de fusión adecuada.

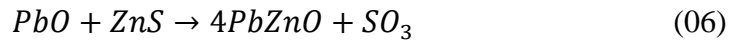
Otra parte importante es el contacto de Pb con las partículas de los metales preciosos, esto se logra con altas concentraciones de Pb líquido reducido, experimentalmente se ha demostrado que no hay objeto en utilizar cantidades mayores a 25 g de Pb reducido con respecto a los pesos de las muestras usuales, a partir de esa cifra las pérdidas de los metales preciosos se deben a la solubilidad de Au en las escorias, pérdidas que se incrementan si hubiera las fases speiss y

mata (Yang et al., 2009).

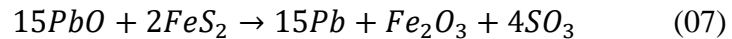
El litargirio reacciona de las siguientes formas:



(Actuando como un oxidante)



(Actuando como desulfurante y oxidante)



(Actuando como desulfurante y oxidante)

En la Tabla 4 se describe las características del Litargirio.

Tabla 4: Características del Litargirio.

Formula	PbO
Nombre químico	Óxido de plomo II
Nombre común	Litargirio
Aspecto	Sólido amarillo brillante
Peso molecular	223,2 g/mol
Peso de fusión	883°C
Gravedad específico	9,32

Fuente: Método para determinar oro y plata JIS.

b) Bórax: El bórax es un compuesto que al fundirse forma un vidrio viscoso. Su punto de fusión es de 741°C (ver Tabla 5), a elevadas temperaturas es muy fluido. Es el encargado de disolver todos los óxidos metálicos. La característica principal de este compuesto es bajar los puntos de fusión de las escorias; sin embargo, el exceso del mismo disminuye la formación de una escoria homogénea y dificulta la separación de fases, debido a la reducción del coeficiente de expansión y la acción que tiene en impedir la cristalización (Marsden & House, 1993).

El $Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$ tiene mayor comportamiento disolutivo si el pH está entre 12 y 13, forman sales de BO^{-2} en un sistema alcalino (Marsden & House,

1993).

Tabla 5: Características del bórax.

Formula	$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$
Nombre Químico	Tetraborato de sodio decahidratado
Nombre común	Bórax
Aspecto	Sólido blanco cristalino
Peso molecular	201,22 g/mol
Punto de fusión	742°C

Fuente: Método para determinar oro y plata JIS.

c) **Sílice:** La sílice (SiO_2) es un reactivo de fusión fuertemente ácido, que se combina con los óxidos metálicos para formar silicatos, los cuales son fundamentales en la mayoría de escorias. La sílice forma cinco clases de silicatos los cuales se clasifican de acuerdo a la relación de oxígeno en la base u óxidos metálicos con el oxígeno del ácido o sílice (Bugbee et al., 1940).

El objetivo de la sílice como constituyente en la mezcla fundente es el de formar la fase escoria.

Tabla 6: Características del Sílice.

Formula	SiO_2
Nombre químico	Oxido de sílice IV
Nombre común	Cuarzo
Aspecto	Sólido blanco
Peso molecular	60,08 g/mol
Punto de fusión	1 750°C
Densidad	2,651 g/cm ³

Fuente: Método para determinar oro y plata JIS.

d) **Harina:** Es un agente reductor, por el carbón que contiene y es comúnmente usado cuando el mineral es paco u oxidado y su adición regula el tamaño del regulo de plomo. También se puede utilizar Tartrato de potasio

(K_2CO_3) en cambio de la harina, en lugar de usar clavos o nitrato de potasio.

En general se usa para reducir a ciertos elementos difíciles o que forman encostramientos (Antezana, 2013).

La reacción de la Harina en la fundición es:

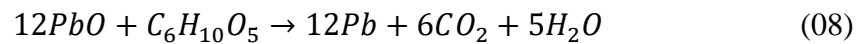


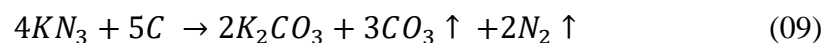
Tabla 7: Características de la harina.

Formula	$C_6H_{10}O_5$
Nombre Químico	Polisacárido celulosa
Nombre común	Harina
Aspecto	Sólido blanco amarillento
Peso molecular	162,14 g/mol
Punto de fusión	742°C

Fuente: Método para determinar oro y plata JIS.

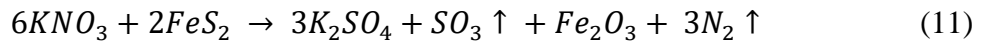
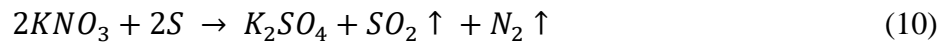
e) **Nitrato de Potasio:** Es un poderoso agente oxidante, comúnmente conocido como “NITRO”, funde a 339°C (ver Tabla 8), también funde a menor temperatura sin alteración, pero a mayor temperatura se descompone desprendiendo oxígeno que oxida a los sulfuros y a muchos de los metales básicos, notablemente plomo y cobre. Si se funde solo llega a ser estable hasta una temperatura de 400°C (Antezana, 2013).

La reacción entre el nitro y el carbón tiene lugar en la siguiente reacción:

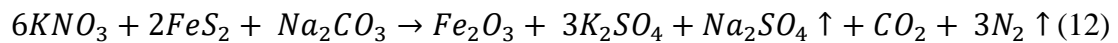




La reacción entre el nitro y sulfuros reaccionan de la siguiente manera:



La reacción con pirita es:



A temperatura alta:

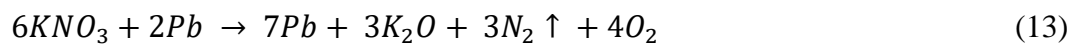


Tabla 8: Características del Nitrato de Potasio.

Formula	KNO ₃
Nombre Químico	Nitrato de potasio
Nombre común	Nitro ó salitre
Aspecto	Pequeños cristales blancos
Peso molecular	101 g/mol
Punto de fusión	339°C

Fuente: Método para determinar oro y plata JIS.

f) Carbonato de Sodio: El Na₂CO₃ se utiliza para bajar la temperatura de fusión de la sílice, el compuesto tiene la ventaja de formar fácilmente silicatos alcalinos. En presencia de agentes oxidantes como el PbO se facilita la formación de sulfatos. Es importante mencionar que el Na₂CO₃ disminuye la viscosidad del fundido. El punto de fusión del Na₂CO₃ es de 850°C a 950°C (Marsden & House, 1993).

Estos silicatos se funden muy bien y disuelven otros óxidos para formar silicatos complejos. La adición de bórax reducirá aún más la temperatura de fusión de la mezcla. Al tener facilidad para formar sulfatos y sulfuros alcalinos, también ácida, hasta cierto punto, como un agente oxidante y desulfurante.

La reacción típica del carbonato de sodio es:

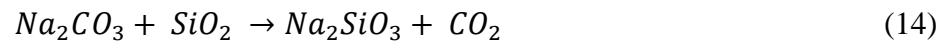


Tabla 9: Características del carbonato de sodio

Formula	Na ₂ CO ₃
Nombre químico	Carbonato de sodio
Nombre común	Ceniza de Sodio
Aspecto	Polvo blanco higroscópico
Peso molecular	106,004 g/mol
Punto de fusión	852°C
Densidad	2,533 g/cm ³

Fuente: Método para determinar oro y plata JIS.

g) Carbonato de Calcio: El CaCO₃ es un mineral abundante en la naturaleza y tiene una gran demanda en el mercado. Se lo conoce también como caliza o piedra caliza. Se utiliza como aditivo en la manufactura de materiales de construcción tales como cementos y yeso. Gran cantidad de este compuesto está destinado a la fabricación de vidrio.

La cinética y mecanismo de reacción en la descomposición térmica del CaCO₃ han sido ampliamente estudiados, por lo general, mediante técnicas termogravimétricas (Gaviria et al., 2003).

La dependencia de las pérdidas de plomo con el contenido de CaO se observa en la Figura 1. Este óxido actúa como fluidificante de la sílice al liberar en estado fundido O₂⁻, que destruye la forma polimérica del SiO₂. En el caso que se observa es necesario alcanzar valores de 17 a 18% de CaO, para conseguir una

adecuada decantación del plomo y pérdidas menores al 1,5% (Calvo & Ballester, 2008).

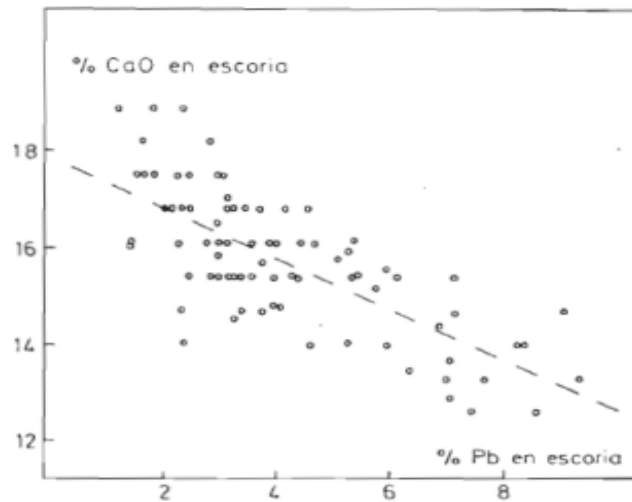


Figura 1. Relación entre CaO y Pb contenido en la escoria (Calvo & Ballester, 2008)

h) Nitrato de Plata: Sirve para colectar el oro, cuando tiene bajo contenido o no contiene plata, permite el proceso de partición en forma exacta, se agrega con la finalidad de formar el botón Doré (debe tener una proporción de 3 partes de plata y una de oro) (Nuñez & Naula, 2015).

Tabla 10: Características de nitrato de plata.

Fórmula	AgNO ₃
Nombre químico	Nitrato de plata
Nombre común	Piedra infernal
Aspecto	Cristales de colores
Peso molecular	169,87 g/mol
Punto de fusión	212°C
Densidad a 0 °C	4,35 g/cm ³

Fuente: Método para determinar oro y plata JIS

2.2.2.2 Pesado de muestra

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) si fuera una muestra geoquímica sulfurada 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 crisolas 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 (Lipa, 2019).

2.2.2.3 Carga Fundente

Los fundentes han de dar escorias fusibles y lo suficientemente fluidas para facilitar la separación de las impurezas del metal fundido. La función esencial del fundente es ayudar a unir las masas de metal recubiertas de óxido y forman una sola laguna del metal fundido cuando se calienta por encima del punto de fusión, por la acción de las fuerzas de tensión superficial. El propósito primario del fundente es, pues, mantener el metal principal en estado de pureza, bien librándolo de la acción del ambiente o garantizándolo por su acción de pureza del metal o bien para poder realizar adecuadamente alguna otra operación. La carga fundente, tiene la finalidad de coleccionar a la escoria los metales no ferrosos para evitar en lo posible su presencia en el bullón final (Nuñez & Naula, 2015).

2.2.2.4 Fundición

La fusión es la operación metalúrgica mediante la cual una carga compuesta por una mezcla de diferentes especies metálicas (óxidos, sulfuros, sulfatos, silicatos, entre otros) se lleva a su estado líquido por medio de altas temperaturas, teniendo en cuenta



condiciones termodinámicas para que se formen dos o más fases, insolubles entre ellas, de manera que los productos sean fácilmente separables (Schuhmann, 1968).

2.2.2.4.1 Fases de la fundición

En la fusión generalmente suelen generarse 4 fases las cuales son: escoria, mata, speiss, y metálica. Durante la fusión, estas fases en estado líquido se estratifican formando capas relativamente inmiscibles, y fácilmente separables, una vez que se han enfriado y se han solidificado.

a) **Fase Escoria:** Son soluciones de óxidos de distintos orígenes, como también fluoruros, cloruros, silicatos, fosfatos, boratos, entre otros. La escoria es el líquido que posee la menor densidad por lo que se ubica en la parte superior de la mezcla fundida. Las densidades de algunas escorias comunes se encuentran entre 2,72 y 2,84 g/cm³ cuando se encuentran a temperaturas entre 1823 y 1853°K (Oliveira et al., 1999). Las escorias por lo general son productos de desperdicio y cumplen una función importante, ya que se encargan de coleccionar y retirar la mayor parte de producto que no se desea encontrar en el material valioso. Otra razón por la cual las escorias son importantes es porque sirven como protección térmica de la mezcla fundente, evitando la pérdida de calor de la misma (Schuhmann et al., 1968). La Figura 2 muestra una fotografía de una escoria generada por fusión utilizando bórax como principal agente fundente en una mezcla de óxidos de cobre y hierro.



Figura 2. Fase escoria generada por fusión de una mezcla de óxidos de cobre y hierro, utilizando bórax como principal agente fundente.

b) Fase mata: Son soluciones de sulfuros metálicos, de los cuales los más comunes son los sulfuros de hierro, cobre, níquel, plomo y cinc. Las matas líquidas son bastante fluidas por lo que probablemente tienen viscosidades del mismo orden que los metales líquidos. Las matas en estado líquido suelen disolver fácilmente a los metales preciosos, especialmente al oro y la plata, por lo cual es una fase indeseable en procesos de recuperación de estos metales (Rosenqvist et al., 1983).

Las matas pueden tener densidades entre 4,61 y 7,7 g/cm³, y al ser más pesadas que las escorias se depositan y solidifican por debajo de éstas (Blanco, 2011). La Figura 3 muestra una fotografía de una fase mata generada por fusión de un concentrado de sulfuros, y en la Figura 4 se puede observar una fotografía de la ubicación de la fase escoria y fase mata luego de su solidificación, en función de sus densidades.



Figura 3. Fotografía de una fase mata generada en la fusión de un concentrado de sulfuros de cobre y hierro

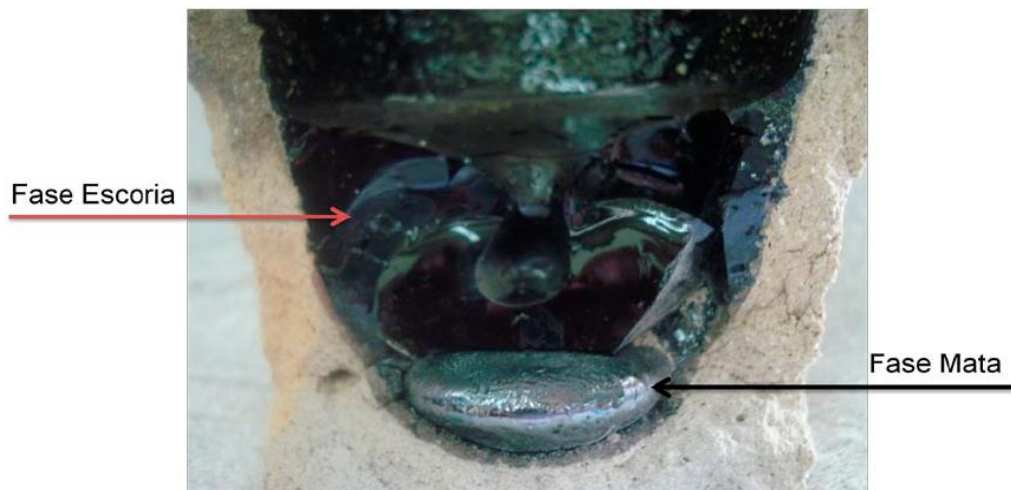


Figura 4. Fotografía en la que se puede apreciar el corte transversal de un crisol de arcilla, en el cual la fase mata se ha depositado en la parte inferior, y la fase escoria en la parte superior.

c) **Fase speiss:** La fase speiss está compuesta básicamente por soluciones de arseniuros y antimoniuros de metales pesados como son hierro, cobalto, níquel, cobre, entre otros. Tienen una densidad menor que la fase metálica, pero mayor que la fase escoria y la fase mata. Al igual que las fases mata éstas suelen disolver fácilmente a los metales preciosos, en especial al oro y al platino, por lo cual es una fase indeseable en procesos de recuperación de estos metales (Rosenqvist et al., 1983).



d) Fase Metálica: La fase metálica está formada por metales puros, aleaciones de metales, o soluciones de no metales con metales. En estado líquido los metales poseen bajas viscosidades y altas tensiones superficiales, lo que resulta en un ángulo de contacto mínimo entre el metal líquido y las superficies de los materiales refractarios que los contienen, permitiéndoles fluir con mayor facilidad. La densidad de esta fase es mayor que la de las otras fases, por lo que a ésta se la encuentra en la parte inferior de la mezcla fundida. Por ejemplo, la densidad del oro es 19,3 g/cm³, de la plata es 10,49 g/cm³, del cobre es 8,96 g/cm³, del plomo es 11,34 g/cm³, entre otros (Luque del Villar & Sierra, 2011). Generalmente, ésta es la fase valiosa del proceso de fusión y la que se desea recuperar (de la Torre, 1988).

2.2.2.5 Copelación

El proceso de copelación tiene por objeto la oxidación del plomo y de las otras impurezas metálicas existentes, que mezcladas con mayor o menor cantidad de PbO, son absorbida, por la copela, El 98,5% de PbO es absorbido por la copela, el resto se volatiliza. Queda como residuo un botoncito brillante, formado por metales no oxidables, como son el oro, la plata y el platino (Mantari & Paucar, 2009).

Es importante previo a la carga del regulo porque si no es secado la copela por 15 min a 860°C. Si no se hace esto hay peligro que el regulo al sufrir un cambio brusco de temperatura se proyecte, es decir pierda pequeñas partes de plomo, con posibilidad de no obtener la ley (Nuñez & Naula, 2015).

Las impurezas metálicas al botón de plomo auro-argentífero, pueden ser oxidadas directamente por el oxígeno del aire, para lo cual, al iniciarse la copelación, se deja ingresar un poco de aire a la mufla dejando entre abierta la puerta de ésta (Mercado, 2013).



Impurezas como cobre, hierro, cadmio, etc. son eliminados totalmente por absorción en las capelas, siempre que se encuentren en cantidades que no impidan la realización del proceso de copelación. En cambio, otras como el bismuto, arsénico, zinc, etc. se eliminan en parte por absorción en la coplea y en parte por volatilización al estado de óxido. (Mantari & Paucar, 2009).

Los botones que se obtienen en el proceso de copelación son distintos, se distinguen 2 tipos en especial que suele ocurrir:

- Botón quebradizo: Indica que contiene cobre, arsénico, antimonio, azufre, PbO (por fusión a baja temperatura) o bien que contiene más de 30%, de oro o plata.
- Botón duro: Indica que contiene cobre, en cantidad apreciable Fe, etc.

2.2.2.5.1 Pérdidas de oro en el proceso de copelación

Las pérdidas por copelación se deben a pérdidas por volatilización, debido a temperaturas demasiadas elevadas, al arrastre de partículas por las sustancias volátiles y a las pérdidas por absorción y retención en las escorias formadas, debido a las impurezas metálicas que contiene el botón de plomo auro-argentífero.

Las primeras se reducen a una mínima despreciable controlándola temperatura de copelación de 800°C a 1200°C.

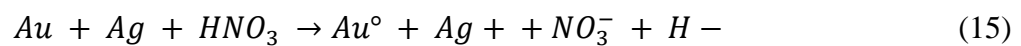
Están mismas se hacen visibles cuando las condiciones de la fundición no son las óptimas, conformando régulos más pequeños y por lo tanto una menor colección del oro, dando así leyes erróneas y deficientes.

2.2.2.6 Separación o Partición

Una vez fría la copela, se separa de ella el botoncito auro-argentífero con una pinza, y sobre el yunque se le da unos golpecitos a fin de laminarlo y ofrecer así una mayor superficie para el ataque.



Después de colocar el botón de dore (oro + plata) laminado en un crisol de porcelana. Agregamos un volumen adecuado de ácido nítrico diluido a un 15%, calentamos a baja temperatura durante un tiempo y aumentando la temperatura y gotas de ácido nítrico puro. La operación continua con la decantación del oro con ayuda de una bagueta inclinamos el crisol y retiramos la solución nitrato de plata. La reacción correspondiente a ese proceso es:



Para cuantificar el oro procedemos a realizar la disgregación en los mismos crisoles de porcelana agregando agua regia en una proporción de 3:1 de ácido clorhídrico y ácido nítrico. Luego de disgregar el oro, se afora y homogeniza la solución, finalmente se cuantifica en el equipo de absorción atómica.



2.2.2.7 Lectura por Absorción Atómica

El oro disgregado en los crisoles se afora en fioles graduadas de 100 mL. para ser luego llevadas al área de Absorción Atómica y lecturar los valores en absorbancia de todas las muestras, obteniendo la ley de cada una.

Debe notarse que, mientras la magnitud de la señal de absorbancia puede ser predicha del valor dado de la concentración característica, no se ha notificado ninguna información acerca de cómo pueden ser medidas las señales de absorbancia pequeñas. Por lo tanto, no es posible predecir la concentración mínima medible desde un valor de concentración característica conocido. Para determinar esta cantidad, se debe considerar más información acerca de la naturaleza de la señal de absorbancia a ser medida.

La medición de la cantidad de concentración más pequeña de un elemento será determinada por la magnitud de la absorbancia observada para el elemento (concentración característica) y la estabilidad de la señal de absorbancia. Una señal inestable o ruidosa

hace más difícil distinguir pequeños cambios en la absorbancia observada la cual se debe a diferencias en pequeñas concentraciones, desde aquellas variaciones al azar debidas a una línea base ruidosa (Lipa, 2019).

2.2.2.8 Cálculo de la ley

La ley de Oro se calcula a partir de las absorbancias obtenidas en la lectura por absorción atómica y la curva de calibración correspondiente a esos valores.

$$AAs \text{ Muestra } (abs) = Au \text{ AAs } (abs) - Bk \text{ AAs } (abs) \quad (17)$$

$$Au \text{ (g/Tm)} = \frac{St \text{ (mg/L)} * AAs \text{ Muestra } (abs) * V \text{ (ml)} * D}{AAs \text{ St } (abs) * PM} \quad (18)$$

Dónde: Au AAs, es la lectura de absorbancia de la muestra, Bk AAs, es la lectura de absorbancia del blanco, St, es la concentración del estándar en mg/L, AAs Muestra, es la lectura de absorbancia total de la muestra, V, es el volumen de aforo en mL, D, es la dilución, AAs St, es la lectura de absorbancia del estándar y PM, es el peso de muestra.

2.2.3 Espectrofotometría de Absorción Atómica.

2.2.3.1 Descripción.

La espectrofotometría de absorción atómica es un método instrumental de análisis, que determina gran variedad de elementos, principalmente metálicos. El principio general de esta técnica es la medición de energía absorbida por el elemento químico a determinar tras hacer incidir sobre una muestra, conteniendo dicho elemento, una radiación de luz monocromática específica (Guijarro, 2018).

La espectrofotometría se basa en la interacción entre la materia y la energía. El tipo de espectrometría depende de la cantidad física medida tras dicha interacción, normalmente la cantidad que se mide es una intensidad de energía absorbida o producida. Así pues, tenemos los siguientes tipos de espectrofotometría o espectrometría:

- De absorción atómica



- De fluorescencia
- De ultravioleta visible
- Infrarroja
- De emisión
- De rayos X
- Raman
- Resonancia magnético nuclear

Las unidades de longitud de onda en la porción visible del espectro son nanómetros ($1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$) (Lipa, 2019).

2.2.3.2 Principio

La luz a la longitud de onda de resonancia de intensidad inicial, es enfocada sobre la llama que contiene átomos en estado fundamental. La intensidad de inicial de luz es disminuida en una cantidad determinada por la concentración de los átomos en la llama. La luz luego es dirigida sobre el detector, donde la intensidad disminuida es medida.

2.2.3.3 Componentes Básicos de un Espectrofotómetro

Todo espectrofotómetro de absorción atómica debe tener componentes que cumplan íntegramente los requerimientos básicos los cuales son:

- Una fuente de luz
- Una celda de muestreo
- Medio de medición de luz específico.

Se necesita una fuente de luz que emita las líneas atómicas características del elemento a ser determinado. La fuente más ampliamente utilizada es la lámpara de cátodo hueco. Estas lámparas están diseñadas para emitir el espectro atómico de un elemento en particular, y se seleccionan lámpara específica para el uso dependiendo del elemento a ser determinado.



También se requiere que la radiación de la fuente sea modulada (Encendida y apagada rápidamente) para suministrar una forma de amplificar selectivamente la luz de la lámpara de la fuente e ignorando la emisión la llama de la celda. Esto puede lograrse con un modulador rotatorio localizado entre la fuente y la llama, o pulsando el voltaje de la fuente.

Algunos componentes son requeridos para mediciones de luz específica. Se utiliza un monocromador para dispersar las distintas longitudes de onda de la luz que es emitida de la fuente y separa la línea particular que se emplea para este fin. La selección de una fuente específica y una longitud de onda particular de aquella fuente es lo que permite la determinación de un elemento seleccionado en presencia de otros.

2.2.3.3.1 Fuente de luz

Un átomo absorbe luz de longitudes de onda muy discretas. Para poder medir esta absorción de bandas tan angostas con el máximo de sensibilidad es necesario utilizar una fuente de línea, la cual emita longitudes de onda muy específicas que puedan ser absorbidas por el átomo. Las fuentes de línea muy estrechas no solo producen alta sensibilidad, sino que también hacen de la absorción atómica sea una técnica analítica muy específica con pocas interferencias espectrales. Las dos fuentes de línea más comunes utilizadas en absorción atómica son la lámpara de cátodo hueco y la lámpara de descarga sin electrodo.

2.2.3.3.2 Lámpara de cátodo hueco

La lámpara de cátodo hueco es una excelente y brillante línea de energía discreta para la mayoría de los elementos determinables por absorción atómica. El cátodo de la lámpara es un cilindro hueco del metal catodizado cuyo espectro será producido. El Cátodo y el ánodo están en un cilindro de vidrio sellado y lleno de neón o argón a baja



presión. Al extremo del cilindro se ha fundido una ventana transparente a la radiación emitida.

Las lámparas de cátodo hueco tienen un tiempo de vida perecible. Cuando la presión de gas decrece, la eficiencia del desalojo y de la excitación de los átomos de metal también decrece, reduciendo la intensidad de emisión de la lámpara. Para prolongar el tiempo de vida de la lámpara de cátodo, algunos fabricantes producen lámparas con volúmenes internos mayores de modo que una mayor provisión de gas a presión óptima sea disponible.

2.2.3.3 Lámpara de descarga sin electrodo

Para muchos elementos, la lámpara de cátodo hueco es una fuente completamente satisfactoria para absorción atómica. En pocos casos, sin embargo, la calidad del análisis se deteriora por las limitaciones de la lámpara de cátodo hueco. Los casos principales involucran los elementos más volátiles donde la baja intensidad y el corto periodo de tiempo de la lámpara son un problema. La determinación de estos elementos de absorción atómica en estos casos puede casi siempre ser mejorada dramáticamente con el uso de un iluminador y fuentes más estables como la lámpara de descarga sin electrodo.

2.2.3.4 Consideraciones ópticas

- **Fotómetros:** La porción del sistema óptico de un espectrofotómetro de absorción atómica que conduce la luz desde la fuente al monocromador es conocida como fotómetro. En instrumentos de absorción atómica se utilizan usualmente tres tipos de fotómetros: de un sólo haz, de doble haz y lo que puede llamarse un solo haz compensado o pseudo doble haz.
- **Fotómetros de un sólo haz:** Un instrumento típico de un solo haz para el análisis de varios elementos, consiste en variar fuentes de cátodo hueco, un divisor



periódico, un atomizador y un espectrofotómetro de rejilla de difracción que utiliza un fotomultiplicador como transductor.

- **Fotómetros de doble haz:** Los modernos espectrómetros de absorción atómica son con frecuencia altamente automáticos. Ellos pueden cambiar lámparas automáticamente, resetear parámetros del instrumento, e introducir muestras para un análisis de multielemento. La tecnología de doble haz, que compensa automáticamente a la fuente y la electricidad, permite a estos instrumentos cambiar lámparas y empezar un análisis inmediatamente con poco o nulo precalentamiento de lámpara para varios elementos. Esto no solo reduce el tiempo de análisis si no que prolonga el tiempo de vida de la lámpara, debido a que el tiempo para calentamiento ha sido eliminado. Incluso con los análisis manuales, la habilidad de instalar una lámpara o encender el instrumento y empezar un análisis casi inmediatamente es una ventaja decidida para sistemas de doble haz.

2.2.3.3.5 Atomizador de absorción atómica

La característica esencial que diferencia la espectroscopia atómica de la espectroscopia ordinaria es que la muestra, debe atomizarse. Esto se hace normalmente con una flama, con un horno calentado eléctricamente con un plasma de radio frecuencia. La sensibilidad y los efectos de interferencia que se observa en la espectroscopia atómica dependen de los detalles del método de calentamiento.

- **Sistema de pre mezcla y quemador:** La celda de muestra, o atomizador, del espectrómetro debe generar los átomos en estado fundamental necesarios para que ocurra la absorción atómica. Esto involucra la aplicación de energía térmica para romper los lazos que mantienen los átomos unidos como moléculas. Mientras



existen muchas alternativas, el atomizador más rutinario y ampliamente aplicado es la flama.

- **Dispositivos de Impacto:** Los dispositivos de impacto son utilizados para reducir el tamaño de las gotas y ocasionar la desviación de las gotas mayores del flujo de gas y removerlas del quemador a través del drenaje. Existen dos tipos de dispositivo de impacto utilizados usualmente, los impactbeads y los flow spoilers.
- **Nebulizadores, Cabezales de Quemador y Sistemas de Ensamblaje:** Algunos factores importantes se deben considerar en la porción del nebulizador del sistema quemador. Para suministrar nebulización eficiente para todos los tipos de solución de muestra, el nebulizador debe ser regulable.

Los cabezales de quemador usualmente están hechos de acero inoxidable o Titanio. Los cabezales de Titanio son preferibles ya que suministran resistencia extrema al calor y corrosión.

Se requieren cabezales de quemador de diferentes geometrías para variadas condiciones de muestra o llama. Un cabezal de quemador de 10 cm. es recomendado para llamas de aire acetileno. Un cabezal de quemador especial de 5cm se requiere cuando se utiliza flama de óxido nitroso acetileno. Los cabezales de quemador también están disponibles para propósitos especiales, como el uso con soluciones que tienen contenido excepcional de sólidos altamente disueltos.



CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 LUGAR DE EJECUCIÓN

La presente investigación se realizó en el Laboratorio Químico Metalúrgico Ambiental RHLAB S.A.C., ubicado en la ciudad de Juliaca, departamento de Puno.

3.2 EQUIPOS, MATERIALES Y REACTIVOS

Los materiales, equipos y reactivos usados en la presente investigación son los siguientes.

EQUIPOS

- Chancadora de quijada 3"x3"
- Secadora eléctrica
- Pulverizadora marca Analab
- Balanza analítica de 4 dígitos marca BOECO GERMANY Serie FA1604B
- Balanza Analítica BOECO GERMANI Modelo XY3002C
- Balanza TWINER (máx. 30 Kg)
- Horno de fusión
- Plancha eléctrica CCRN33/150 X 1
- Equipo de espectrofotometría de absorción atómica PERKIN ELMER AAnalyst 100
- Campana de extracción de gases.

MATERIALES

- Material estéril de limpieza
- Cuarteador de rifles Johnson



- Olla de pulverizado.
- Bandejas de acero inoxidable
- Espátulas de acero inoxidable
- Brochas
- Papel glassine
- Bolsas de Plástico
- Balón de gas (45 Kg)
- Pinza porta crisol.
- Crisoles de arcilla de 30 g.
- Copelas de magnesita número 7.
- Lingoteras
- Casaca de fundición aluminizado.
- Guantes para fundición aluminizados.
- Casco para fundición
- Yunque
- Martillo
- Pinzas porta copelas.
- Pinzas para dore.
- Cucharas con medida
- Crisoles de porcelana
- Pipeta graduada de 1, 5 y 10 ml
- Piceta
- Vasos precipitados
- Fiolas
- Pera de goma



- Embudo
- Guantes de Nitrilo
- Guantes badana
- Pinza para crisoles de porcelana.
- Plumones acrílicos
- Lápices
- Tizas de ocre

REACTIVOS E INSUMOS

- Carbonato de calcio – CaCO_3 (99% P.A.)
- Carbonato de sodio - Na_2CO_3 (98-99% P.A)
- Nitrato de potasio – KNO_3 (99.5%)
- Nitrato de plata – AgNO_3 (99-100%)
- Harina - $(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n$
- Bórax Decahidratado- $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ (98 – 99.5%)
- Sílice – SiO_2 Q.P.
- Litargirio – PbO (99,3 – 99,7%)
- Ácido nítrico (67-70% P.A)
- Ácido clorhídrico (99 % P.A)
- Agua destilada
- Solución Patrón de Oro
- Solución estéril para limpieza de material de vidrio
- Soluciones estándar de oro de 0,5; 1; 2 y 5 ppm.
- Cuarzo



3.3 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

Aplicando el diseño metodológico que se expone a continuación, que incluye todas las variables experimentales y de método a tener en cuenta. Se procede a demostrar la validez de la hipótesis planteada mediante los indicadores estadísticos y quimiométricos de calidad establecidos en el sistema ISO 9001 en el tema de validación de métodos en concordancia con la Norma NTC/ISO/IEC 17025 de validación de laboratorios que supervisa INDECOPI (Manrique, 2008).

El diseño que se empleara en la presente investigación es el diseño experimental factorial para encontrar el efecto de las variables independientes medibles en la variable respuesta, de esta manera obtener la máxima información posible en las interacciones de los parámetros, cuyo diseño sería el siguiente:

$$2^n = 2^3$$

3.3.1 Matriz de Diseño

En base a las variables propuestas se abarcan tres variables independientes y una variable dependiente. El diseño a utilizar es la factorial $2^3 = 8$, entonces el número de pruebas que se realizará experimentalmente es de 8 repeticiones de las cuales se consigue el modelo matemático para poder establecer la optimización del método y concluido esto se realiza también un ensayo por triplicado del modelo óptimo obtenido, para asegurar la reproducibilidad del experimento.

Numero de variables	3
N° de Pruebas	8

3.3.1.1 Identificación de Variables

Tabla 11: Variables según niveles

	Variables	Unidad	Nivel -	Nivel +
Z1	Tiempo	H	1	2
Z2	Temperatura	°C	950	1100
Z3	Sustitución	%	20	100

Fuente: Elaboración propia

Variables dependientes:

- Recuperación óptima de oro en la etapa de fundición.

Variables independientes:

- Tiempo de fundición.
- Temperatura a la que se funde la muestra.
- Sustitución de Carbonato de Sodio por Carbonato de Calcio.

Tabla 12: Matriz de diseño experimental

N°	CODIFICACIÓN DE VARIABLES					
	Z1	Z2	Z3	X1	X2	X3
1	1	950	20	-1	-1	-1
2	2	950	20	1	-1	-1
3	1	1100	20	-1	1	-1
4	2	1100	20	1	1	-1
5	1	950	100	-1	-1	1
6	2	950	100	1	-1	1
7	1	1100	100	-1	1	1
8	2	1100	100	1	1	1

Fuente: Elaboración propia

3.4 METODOLOGIA PARA EL PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS DE ORO POR EL MÉTODO COMBINADO

3.4.1 Pesado

- Verificar la balanza analítica de cuatro cifras, revisar el ojo de pollo y que este



cuidadosamente limpia, finalmente calibrar con pesa de 100 gr.

- A cada prueba ensayada designar un código único, que serán códigos de M-O PE-01; M-O PE-02; sucesivamente a todas las pruebas realizadas.
- Se pesa 20 gramos de muestra oxidada en bolsas de polietileno debidamente codificadas.
- Se dosifica con nitrato de potasio (KNO_3), harina ($\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5$), bórax ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) y sílice (SiO_2) según Tabla 15 (Dosificación de reactivos según muestra).
- Adicionar Flux y homogenizar.
- Homogenizar y rotular el crisol refractario con su respectivo código para luego colocar dentro del crisol la muestra, cubrir con 10 gramos de bórax aproximadamente.
- Ver cuadro de Dosificación de muestras y Composición de Flux.

Tabla 13: Composición del Flux

COMPOSICIÓN DEL FLUX GENERAL	
REACTIVOS	%
Litargirio (PbO)	66
Carbonato de Sodio (Na_2CO_3)	23
Sílice (SiO_2)	6
Bórax ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$)	5

Fuente: Elaboración propia

Tabla 14: Composición de fundente con sustitución de carbonato de calcio

COMPOSICION DEL FLUX CON SUSTITUCIONES				
REACTIVOS	20%	50%	85%	100%
Litargirio (PbO)	66	66	66	66
Carbonato de Sodio (Na ₂ CO ₃)	18.4	11.5	3.5	0
Carbonato de Calcio (CaCO ₃)	4.6	11.5	19.5	23
Sílice SiO ₂	6	6	6	6
Bórax Na ₂ B ₄ O ₇ ·10H ₂ O	5	5	5	5

Fuente: Elaboración propia

Tabla 15: Dosificación de reactivos según muestra.

CARACTERISTICAS DEL MINERAL	PESO de MUESTRA (g)	REDUCTOR Harina (g)	OXIDANTE KNO ₃ (g)	SILICE (g)	BORAX (g)	AgNO ₃ (g)
Cuarcíferos	20	2	1	1	1	0.004
Óxidos	20	2	1	1	1	0.004
Silicatos	20	2	1	1	1	0.004
Óxidos de Cobre	15	1,5	2	1	1	0.004
Carbonato de Cobre	15	1,5	2	1	1	0.004
Sulfuros de Cu, Pb y Zn de baja concentración	10	1	2.15	1	1	0.004
Sulfuros de Cu, Pb y Zn de alta concentración	7	0.7	2.25	1	1	0.004
Concentrado de Sulfuro de Cobre	7	0.7	2.25	1	1	0.004
Concentrados de Oro, Plata	7	0.7	2.25	1	1	0.004
Relaves, Llampe	15	1,5	2	1	1	0.004
Carbón	5	1.5	0.6	1	1	0.004

Fuente: Laboratorio Químico Metalúrgico RHLAB SAC.

Observación: En la muestra usada en la presente investigación, por ser una muestra oxidada y con presencia de cuarzo se usó mayor cantidad de harina para que ayude a la buena formación de regulo.

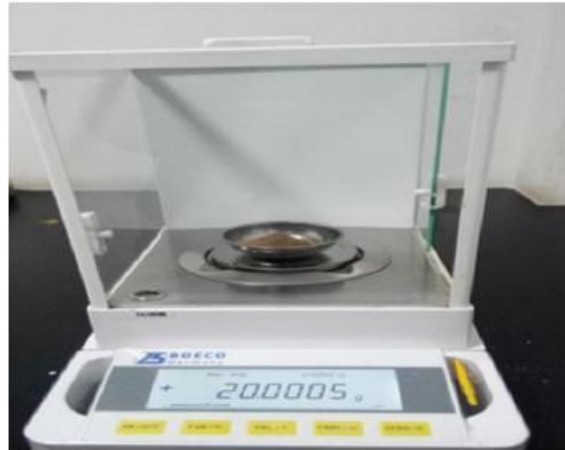


Figura 5. Pesado de muestras

Después de pesadas las muestras (Figura 5), se agrega el fundente o flux y se procede a homogenizar durante un minuto aproximadamente, luego colocamos las muestras homogenizadas en sus respectivos crisoles (Figura 6), estos estarán enumerados de acuerdo al número asignado a la prueba experimental.



Figura 6. Carga lista para función

Preparación del fundente

El fundente se prepara de acuerdo a la Tabla 13 (Composición de flux general), y según Tabla 14 (Composición de flux con sustitución).

- Preparar recipiente, de preferencia botella de 5-7 litros para el pesado de los reactivos.
- Pesar en una Balanza la botella y tarar.
- Pesar el litargirio, bórax y sílice.



- Homogenizar el fundente y distribuir a cada muestra de mineral pesado a 130 gramos cada uno.
- Terminado el pesado de estos se procede a pesar las proporciones según porcentajes de sustitución a cada muestra previamente pesada.
- Homogenizar y poner en crisoles.

3.4.2 Procedimiento para optimizar tiempo y temperatura

- Cargar los crisoles con las muestras al horno entre las temperaturas de 900°C y 1100°C utilizando tenazas para crisoles.
- Fundir hasta temperaturas de 950°C y 1100°C respectivamente a las pruebas designadas.
- Descargar los crisoles con tenaza porta crisoles y colar el contenido líquido en las lingoteras cuidando que no haya pérdidas del regulo y que no rebalse de la misma.
- Dejar enfriar por 5 minutos.
- Sacar de la lingotera y separar el regulo de la escoria con ayuda de un martillo y un yunque, dar forma de cubo al regulo asegurándose de eliminar todo resto de escoria presente en la copelación.
- Se procede a ordenar y codificar los régulos de plomo, y se pesan.
- Se calcinan las copelas dentro del horno por un promedio de 15 minutos.
- Cargar los régulos de plomo en cada copela con una pinza adecuada, esto debe realizarse a una temperatura de 900 – 960°C por la pérdida de temperatura que produce al abrir el horno.

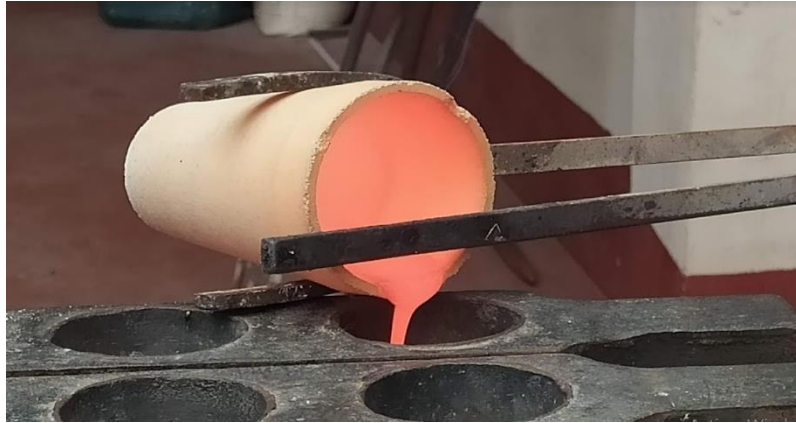


Figura 7. Vaciado del producto de fundición en lingoteras

- Copelar a una temperatura de 930°C hasta que forme el dore, el punto final de la copelación es cuando aparece el relámpago y deja de brillar convirtiéndose en botón.
- Se retiran las copelas del horno con ayuda de una pinza y se deja enfriar, finalizando así esta etapa.

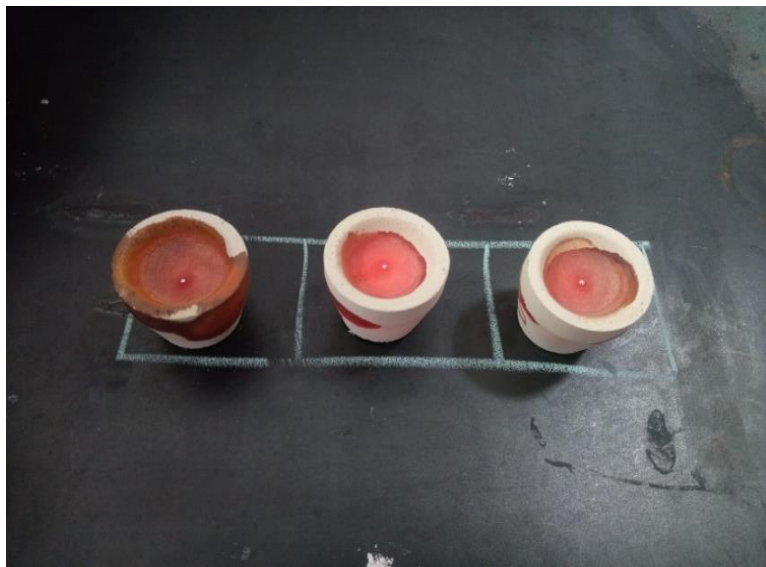


Figura 8. Final de proceso de copelación

3.4.3 Ataque Químico y Digestión

- Encender el extractor de gases.
- Trasladar el dore limpio y laminado a un crisol de porcelana debidamente codificado.

- Realizar el ataque químico en una plancha eléctrica a una temperatura de 130°C.
- Se hace el ataque químico agregando 5 mL de ácido nítrico (HNO_3) al 15%, con unas gotas de ácido nítrico QP, para eliminar la plata del dore.
- Terminada la reacción con el ácido nítrico, se elimina el nitrato de plata formado en la solución, lavando con agua destilada tibia.
- Agregar 3 mL de agua regia (3:1) al crisol, disolviendo el oro y llevándolo a su forma electrolítica.
- Dejar digestar por un tiempo de 10 minutos aproximadamente.
- Observar que no haya ningún punto negro, asegurándose que esté completamente digestado.
- Bajar la muestra de la plancha con una pinza portacrisoles y dejar enfriar.
- Trasvasar y aforar la solución a un volumen de 100 mL en una fiola graduada.
- Vaciar la solución en vasos precipitados y codificar.
- Llevar las muestras al área de absorción atómica.



Figura 9. Ataque químico del botón



3.4.4 Procedimiento para análisis de Escorias

- Las escorias obtenidas de cada prueba se trasladan a sus respectivos crisoles ya fríos.
- Pulverizar y guardar en bolsas correctamente codificadas, de la siguiente manera: Escoria M-O PE-01, siguiendo la numeración y el código de cada prueba.
- Pesar una muestra de 20 gramos de cada escoria.
- Dosificar con 130 gramos de Fundente preparado.
- Agregar 0,04 gramos de Nitrato de Plata a cada muestra.
- Fundir a una temperatura de 1100°C por media hora.
- Copelar a una temperatura de 930°C hasta obtención de dore.
- Atacar la plata presente.
- Digestar el oro de haber de cada muestra de escoria.
- Aforar solución a un volumen de 50 mL en una fiola.
- Llevar al área de Absorción Atómica para su lectura y cálculo de leyes.

3.4.5 Lectura por Absorción Atómica

- Encender el equipo de Absorción Atómica y dejar calentar por un tiempo aproximado de 30 minutos.
- Encender el extractor de gases.
- Purgar el compresor que alimenta de aire al equipo.
- Encender la llama del equipo.
- Calibrar el equipo mediante soluciones estándar de 0,5ppm, 1ppm, 2ppm y 5ppm.

- Una vez calibrado el equipo se procede a realizar la lectura de las muestras debidamente ordenadas al lado izquierdo del equipo.
- Anotar los valores obtenidos de las lecturas según el código de las soluciones.
- Terminadas las lecturas apagar el equipo y el extractor de gases.
- Dejar el área completamente limpia.



Figura 10. Equipo de Absorción Atómica

3.4.6 Preparación de Estándares de Oro

- Del estándar de oro de 1000 ppm se toma una alícuota de 10 mL y se afora a un volumen de 100 mL, para una solución de una concentración de 100 ppm.
- Posteriormente de esta solución preparada se toman alícuotas de 0,5; 1; 2 y 5 mL.
- Se afora cada alícuota en un volumen de 100 mL para tener los estándares necesarios para la lectura.
- A cada estándar se agrega un volumen de 1mL de ácido nítrico para conservar su concentración.



3.4.7 Cálculos de Leyes

La ley de Oro se calcula a partir de las absorbancias obtenidas en la lectura por absorción atómica y la curva de calibración correspondiente a esos valores.

$$AAs \text{ Muestra (abs)} = Au \text{ AAs (abs)} - Bk \text{ AAs (abs)} \quad (17)$$

$$Au \text{ (g/Tm)} = \frac{St \text{ (mg/L)} * AAs \text{ Muestra (abs)} * V \text{ (ml)} * D}{AAs \text{ St (abs)} * PM} \quad (18)$$

Dónde: Au AAs, es la lectura de absorbancia de la muestra, Bk AAs, es la lectura de absorbancia del blanco, St, es la concentración del estándar en mg/L, AAs Muestra, es la lectura de absorbancia total de la muestra, V, es el volumen de aforo en mL, D, es la dilución, AAs St, es la lectura de absorbancia del estándar y PM, es el peso de muestra.



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este capítulo se presentan los resultados de las pruebas experimentales realizadas a una muestra de mineral aurífero oxidado, operacionalizando las variables correspondientes a la investigación. El carbonato de sodio es el que aporta la fluidez a la mezcla fundida, de modo que se representa la efectividad que tiene el carbonato de calcio como sustituto en el ensayo por oro para la muestra; así como la temperatura de fundición, el tiempo óptimo requerido por el mineral para lograr el correcto fundido y fluidizado de la muestra mencionada.

Se realizaron ocho pruebas experimentales, según el diseño experimental descrito, así como tres pruebas para determinar reproducibilidad de los ensayos y veracidad de las pruebas realizadas, teniendo así once pruebas de manera experimental, más la prueba de la muestra de referencia interna perteneciente al laboratorio.

4.1 RESULTADOS PARA CUMPLIR EL PRIMER OBJETIVO

4.1.1 Preparación del Fundente

El fundente fue preparado de acuerdo a la receta perteneciente al laboratorio, para una muestra oxidada, descrito en la Tabla 13 (Composición del fundente) y teniendo en cuenta las sustituciones de carbonato de calcio en el mismo, en la siguiente tabla se representa la preparación del fundente para cada prueba realizada de 20% y 100% de sustitución con carbonato de calcio.

Tabla 16: Preparación del fundente por prueba experimental

Reactivo Prueba	Carbonato de Sodio (g)	Carbonato de Calcio (g)	Bórax(g)	Sílice(g)	Litargirio (g)	Peso total del fundente(g)
M - O PE-01	23,92	5,98	6,5	7,8	85,8	130
M - O PE-02	23,92	5,98	6,5	7,8	85,8	130
M - O PE-03	23,92	5,98	6,5	7,8	85,8	130
M - O PE-04	23,92	5,98	6,5	7,8	85,8	130
M - O PE-05	0	29,9	6,5	7,8	85,8	130
M - O PE-06	0	29,9	6,5	7,8	85,8	130
M - O PE-07	0	29,9	6,5	7,8	85,8	130
M - O PE-08	0	29,9	6,5	7,8	85,8	130

Fuente: Elaboración propia

4.1.2 Pesado de Muestras

La muestra usada para la investigación que es de tipo oxidada, por lo cual el peso de muestra fue uniforme en una cantidad de 20 gramos, con variaciones de +/-0,0005 g, que se puede considerar un margen de error mínimo.

Tabla 17: Pesado inicial de las muestras

Muestra	Peso de muestra (g)
M - O PE-01	20
M - O PE-02	20
M - O PE-03	20
M - O PE-04	20
M - O PE-05	20
M - O PE-06	20
M - O PE-07	20
M - O PE-08	20

Fuente: Elaboración propia

4.1.3 Condiciones para cumplir el segundo objetivo

En el horno de fundición a gas usado en la presente investigación la temperatura no es totalmente constante, se mantuvo la temperatura con variaciones de 10-20°C, siendo la variable tiempo controlada a partir de alcanzar la temperatura sugerida para cada prueba.

Tabla 18: Condiciones de trabajo para cada prueba

MUESTRA	TEMPERATURA DEL HORNO °C	TIEMPO (H)
M - O PE-01	950	1
M - O PE-02	950	2
M - O PE-03	1100	1
M - O PE-04	1100	2
M - O PE-05	950	1
M - O PE-06	950	2
M - O PE-07	1100	1
M - O PE-08	1100	2

Fuente: Elaboración propia

4.1.4 Peso de Réglulos

Los pesos de los réglulos de las pruebas tienen dimensiones distintas, debido a las condiciones en que se trabajó y la condensación de plomo correspondiente a cada prueba, representado en la Tabla 19.

Tabla 19: Pesado de réglulos

PRUEBA	PESO (g)
M - O PE-01	24,45
M - O PE-02	26,23
M - O PE-03	21,48
M - O PE-04	28,14
M - O PE-05	15,50
M - O PE-06	17,89
M - O PE-07	25,67
M - O PE-08	27,77

Fuente: Elaboración propia

4.1.5 Resultados de análisis de las escorias para cumplir el tercer objetivo

Conforme a la formación de regulo de cada prueba se puede determinar también que hay muestras en las que hubo pérdida de metal preciosos en la escoria por fundición deficiente.

En la Tabla 20 se expresa los ensayos hechos a las escorias de cada prueba, mostrando la cantidad de metal precioso (Au) perdido en la fundición.

Tabla 20: Concentración de oro en las escorias

N°	Muestra	Peso	volumen	Concentración g/Tm
1	Escoria M - O PE-01	20	100	0.249
2	Escoria M - O PE-02	20	100	0.220
3	Escoria M - O PE-03	20	100	0.023
4	Escoria M - O PE-04	20	100	0.016
5	Escoria M - O PE-05	20	100	0.315
6	Escoria M - O PE-06	20	100	0.205
7	Escoria M - O PE-07	20	100	0.042
8	Escoria M - O PE-08	20	100	0.008

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 11 se muestra la concentración de oro de las escorias.

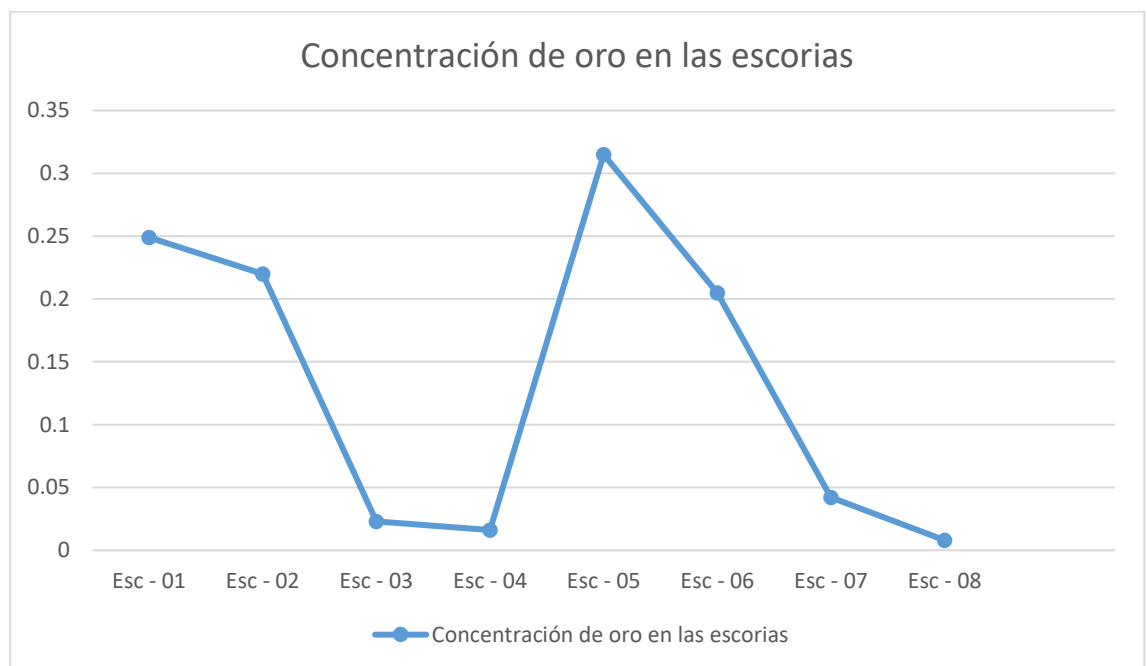


Figura 11. Concentración de oro en las escorias

La mayor cantidad de pérdida de oro es la escoria M – O PE-05, se tiene una pérdida de 0.315 g/TM con condiciones de trabajo de 100% de sustitución, 950°C y 1 hora de fundición. La menor cantidad de pérdida es la escoria M – O PE-08, se tiene una

pérdida de oro de 0.008 g/TM con condiciones de trabajo de 100% de sustitución, 1100°C y 2 horas de fundición.

4.1.6 Resultados de las Lecturas en Absorción Atómica

4.1.5.1 Curva de calibración

Tabla 21: Datos para elaboración de curva de Calibración

ESTANDARES (mg/L)	Lectura de absorbancias
0	0
0.5	0.01
1	0.021
2	0.042
5	0.104

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 12 se muestra la curva de calibración para el análisis de oro del equipo de Absorción Atómica Perkin Elmer AA100.

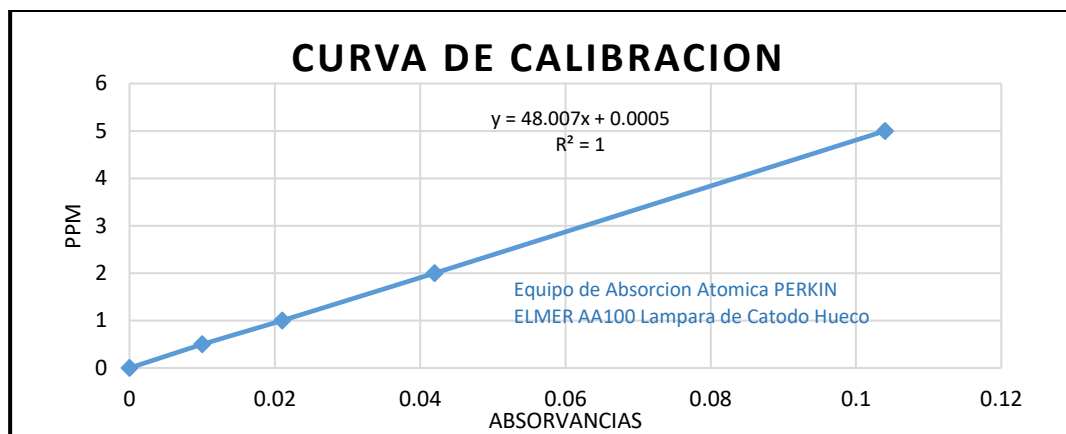


Figura 12. Curva de Calibración

4.1.5.2 Resultado de Lecturas

Tabla 22: Resultados de las lecturas de oro

N°	Muestra	Lectura de absorbancias
1	M - O PE-01	0,004516
2	M - O PE-02	0,004632
3	M - O PE-03	0,004540
4	M - O PE-04	0,005410
5	M - O PE-05	0,004252
6	M - O PE-06	0,004692
7	M - O PE-07	0,005344
8	M - O PE-08	0,005460

Fuente: Elaboración propia

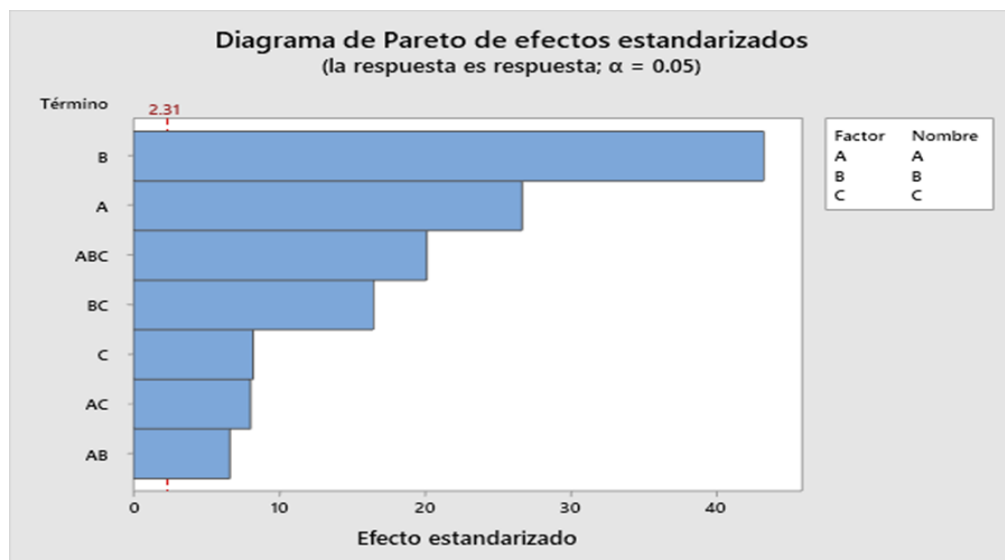


Figura 13. Diagrama de Paretos de Efectos Estandarizados

En la Figura 13 se observa el diagrama de paretos de efectos estandarizados se identifica que todos los factores y combinaciones de factores son significativas, el factor B (temperatura) y el factor A (tiempo) son los más significativos para el experimento.

Dónde: A, es el tiempo de fundición, B, es la temperatura de fundición y C es el porcentaje de sustitución.

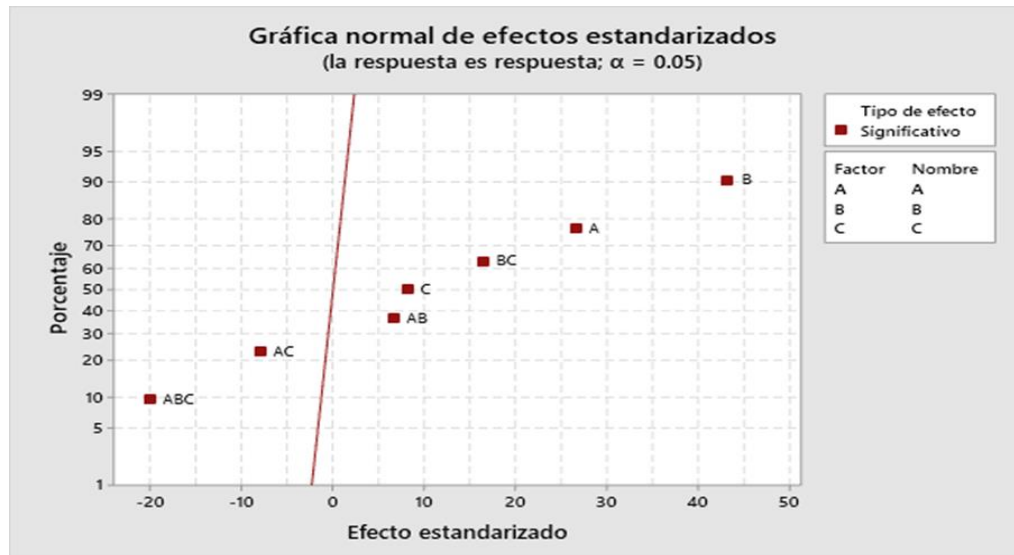


Figura 14. Gráfica normal de efectos estandarizados

En la Figura 15 se muestra la gráfica de residuos, en la gráfica de probabilidad de normal se puede observar que los valores están distribuidos normalmente salvo 4 puntos que están alejados de la línea recta, esto se puede observar en la gráfica de histograma que son 4 valores atípicos. En la gráfica de ajustes se comprueba que los residuos están distribuidos aleatoriamente y tienen una varianza constante, en la gráfica de orden se verifica que los residuos son independientes entre sí que no muestran tendencias ni patrones.

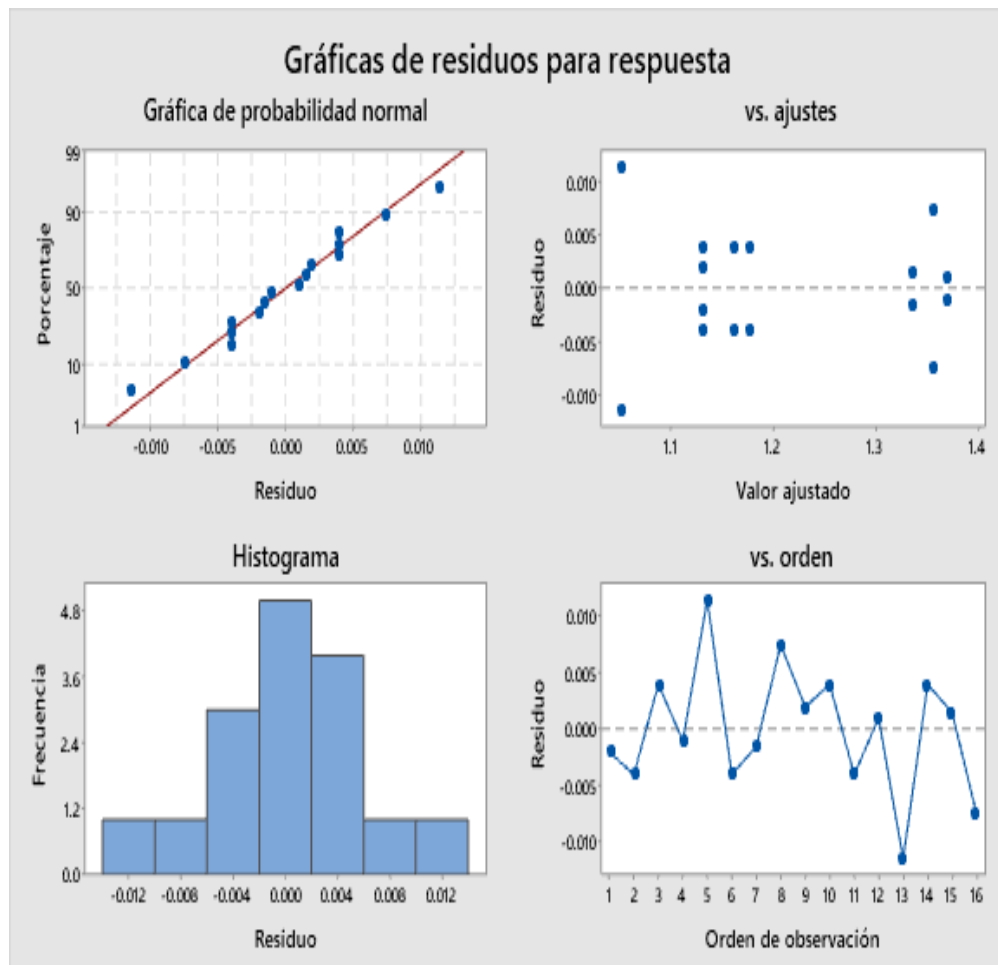


Figura 15. Gráfica de Residuos

En la Figura 16 de graficas de efectos principales se examina las diferencias entre las medias de nivel para uno o más factores.

Cuando el tiempo está en un mayor nivel tiene un efecto positivo.

Cuando la temperatura está en mayor nivel tiene un efecto positivo.

Cuando el porcentaje de sustitución está en un mayor nivel tiene un efecto positivo.

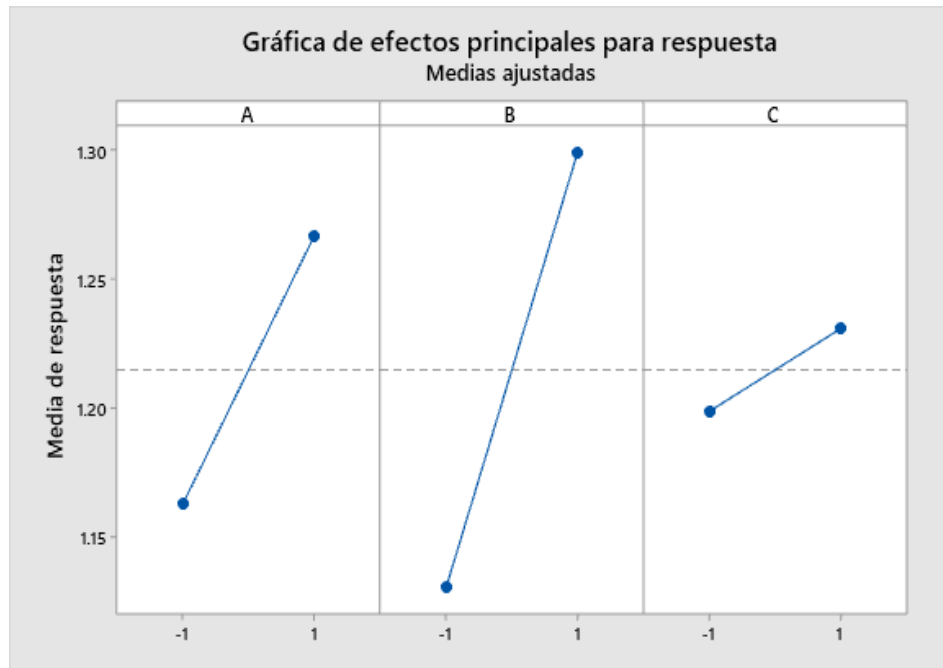


Figura 16. Gráfica de Efectos Principales

En la Figura 17 se muestra la gráfica de interacción para respuesta donde las líneas que están en paralelas son insignificativas y las que no están en paralelas son significativas. Las dos interacciones que tienen influencia en la respuesta está dada por los factores A, B y C, donde se puede verificar en la figura 12 de diagramas de pareto de efecto estandarizado.

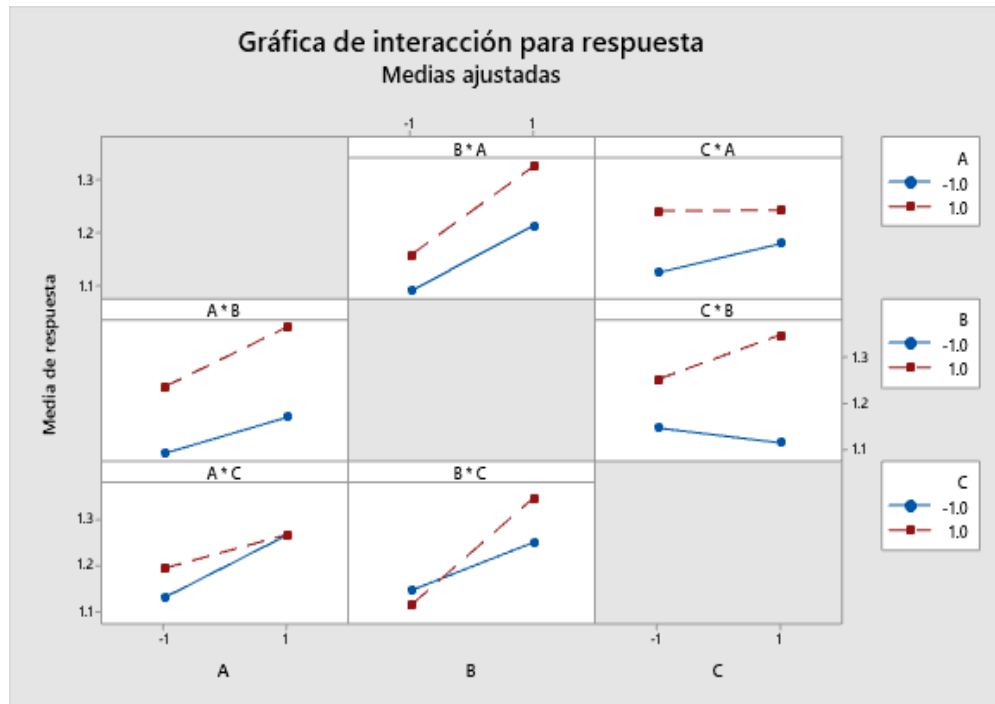


Figura 17. Gráfica de Efectos Principales

La grafica de cubos (Figura 18) se utiliza para mostrar las relaciones entre los 3 factores con o sin una medida de respuesta.

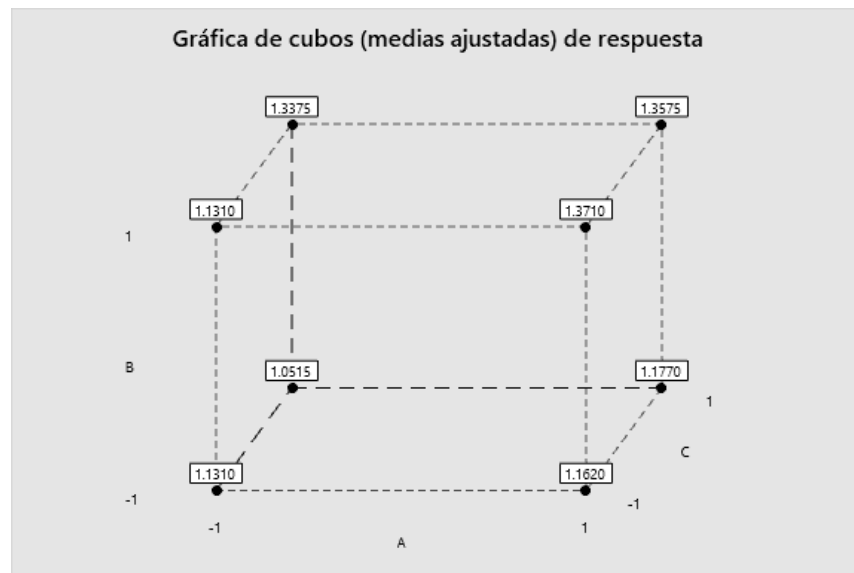


Figura 18. Gráfica de Cubos



Ecuación de regresión

$$\text{respuesta} = 1.21481 + 0.05206 A + 0.08444 B + 0.01606 C + 0.01294 A*B - 0.01569 A*C + 0.03219 B*C - 0.03931 A*B*C$$

4.1.7 Cálculos

Utilizando la formula expresada en la metodología tenemos:

$$AAs \text{ Muestra (abs)} = Au \text{ AAs (abs)} - Bk \text{ AAs (abs)}$$

El blanco es despreciable ya que no tiene concentración de oro, por lo cual se usó.

La siguiente para hacer el cuadro de resultados:

$$Au (g/Tm) = \frac{St (mg/L) * AAs \text{ Muestra (abs)} * V(ml) * D}{AAs \text{ St (abs)} * PM}$$

Dónde: Au AAs, es la lectura de absorbancia de la muestra, Bk AAs, es la lectura de absorbancia del blanco, St, es la concentración del estándar en mg/L, AAs Muestra, es la lectura de absorbancia total de la muestra, V, es el volumen de aforo en mL, D, es la dilución, AAs St, es la lectura de absorbancia del estándar y PM, es el peso de muestra.

PRUEBA EXPERIMENTAL N° 1: CODIGO DE MUESTRA M – O PE-01

$$Au (g/Tm) = \frac{0.500 \text{ mg/L} * 0.004516 * 100\text{mL} * 1}{0.010 * 20 \text{ g}}$$

$$Au (g/Tm) = 1.129 \text{ g/Tm}$$

PRUEBA EXPERIMENTAL N° 2: CODIGO DE MUESTRA M – O PE - 02

$$Au (g/Tm) = \frac{0.500 \text{ mg/L} * 0.004632 * 100\text{mL} * 1}{0.010 * 20 \text{ g}}$$

$$Au (g/Tm) = 1.158 \text{ g/Tm}$$

PRUEBA EXPERIMENTAL N° 3: CODIGO DE MUESTRA M – O PE - 03

$$Au (g/Tm) = \frac{0.500 \text{ mg/L} * 0.004540 * 100\text{mL} * 1}{0.010 * 20 \text{ g}}$$

$$Au (g/Tm) = 1.135 \text{ g/Tm}$$



PRUEBA EXPERIMENTAL N° 4: CODIGO DE MUESTRA M – O PE - 04

$$Au (g/Tm) = \frac{0.500 \text{ mg/L} * 0.00541 * 100\text{mL} * 1}{0.010 * 20 \text{ g}}$$

$$Au (g/Tm) = 1.353 \text{ g/Tm}$$

PRUEBA EXPERIMENTAL N° 5: CODIGO DE MUESTRA M – O PE - 05

$$Au (g/Tm) = \frac{0.500 \text{ mg/L} * 0.004252 * 100\text{mL} * 1}{0.010 * 20 \text{ g}}$$

$$Au (g/Tm) = 1.063 \text{ g/Tm}$$

PRUEBA EXPERIMENTAL N° 6: CODIGO DE MUESTRA M – O PE - 06

$$Au (g/Tm) = \frac{0.500 \text{ mg/L} * 0.004692 * 100\text{mL} * 1}{0.010 * 20 \text{ g}}$$

$$Au (g/Tm) = 1.173 \text{ g/Tm}$$

PRUEBA EXPERIMENTAL N° 7: CODIGO DE MUESTRA M – O PE - 07

$$Au (g/Tm) = \frac{0.500 \text{ mg/L} * 0.005344 * 100\text{mL} * 1}{0.010 * 20 \text{ g}}$$

$$Au (g/Tm) = 1.336 \text{ g/Tm}$$

PRUEBA EXPERIMENTAL N° 8: CODIGO DE MUESTRA M – O PE - 08

$$Au (g/Tm) = \frac{0.500 \text{ mg/L} * 0.005460 * 100\text{mL} * 1}{0.010 * 20 \text{ g}}$$

$$Au (g/Tm) = 1.365 \text{ g/Tm}$$

PRUEBA EXPERIMENTAL N° 9: CODIGO DE MUESTRA M – O PE - 09

$$Au (g/Tm) = \frac{0.500 \text{ mg/L} * 0.005436 * 100\text{mL} * 1}{0.010 * 20 \text{ g}}$$

$$Au (g/Tm) = 1.359 \text{ g/Tm}$$

PRUEBA EXPERIMENTAL N° 10: CODIGO DE MUESTRA M – O PE – 10

$$Au (g/Tm) = \frac{0.500 \text{ mg/L} * 0.005456 * 100\text{mL} * 1}{0.010 * 20 \text{ g}}$$

$$Au \left(\frac{\text{g}}{\text{Tm}} \right) = 1.364 \text{ g/Tm}$$



PRUEBA EXPERIMENTAL N° 11: CODIGO DE MUESTRA M – O PE - 11

$$Au (g/Tm) = \frac{0.500 \text{ mg/L} * 0.005440 * 100\text{mL} * 1}{0.010 * 20 \text{ g}}$$

$$Au (g/Tm) = 1.360 \text{ g/Tm}$$

4.2 RESULTADOS DE ENSAYOS REALIZADOS PARA COMPROBAR EFECTIVIDAD DEL CARBONATO DE CALCIO EN LA MEZCLA FUNDENTE

Tabla 23: Resultados de leyes de oro por absorción atómica

N°	Muestra	Peso	Lectura abs	volumen	Concentración g/Tm	% de recuperación
1	M - O PE-01	20	0,004516	100	1,129	82.3
2	M - O PE-02	20	0,004632	100	1,158	84.5
3	M - O PE-03	20	0,004540	100	1,135	82.8
4	M - O PE-04	20	0,005410	100	1,353	98.7
5	M - O PE-05	20	0,004252	100	1,063	77.5
6	M - O PE-06	20	0,004692	100	1,173	85.6
7	M - O PE-07	20	0,005344	100	1,336	97.4
8	M - O PE-08	20	0,005460	100	1,365	99.6

Fuente: Elaboración propia

4.3 INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Según Iza, (2011) hizo pruebas de ensayo al fuego para diferentes zonas de concentrados de flotación. Donde la concentración de oro a 900°C del ensayo estándar de Pacto es de 22,07 g/TM, en las pruebas con sustitución al 100% y temperaturas de 960°C y 1200°C, se obtuvo 23,50 y 24,67 g/TM respectivamente. Donde se concluye que a mayor tiempo y temperatura la recuperación de oro es más eficiente.

Rodriguez, et al., (2013) hizo pruebas paralelas con dos laboratorios usando la misma técnica de método combinado (ensayo al fuego y espectrofotometría de absorción atómica), donde se demuestra que hay consistencia en el método utilizado, porque no hay variación significativa ya que el valor de la $F_{exp} (1,01) < (2,012) F_{tab}$, al igual con la exactitud, ya que el valor de la $t_{exp} (0,005) < (1,684) t_{tab}$. La validación del método



Ensayo al Fuego Combinado con Espectrofotometría de Absorción Atómica, (bajo las condiciones experimentales del Laboratorio Central de la empresa Geominera del Centro, para la determinación de oro en muestras geológicas, permitió certificar una metodología analítica confiable. Los parámetros evaluados en esta validación, corroboran que el método es específico para la determinación de los contenidos de oro en muestras geológicas. Esta técnica presenta L.D y L.C de (0,060 y 0,20) mg/L Au respectivamente y se comporta linealmente en el rango de (2-7) mg/L de Au. Los análisis realizados en términos de precisión intermedia, veracidad y robustez, validan que el método es preciso, veraz y robusto, bajo las condiciones estudiadas.

Según las pruebas realizadas se puede considerar que los factores principales para que la fundición sea de mayor eficiencia y se pueda obtener una ley real son el tiempo y la temperatura, se demuestra que la eficiencia de la fundición es menor cuando el tiempo de fundición es una hora, pero no perjudica tanto la formación del regulo; siendo el factor de mayor importancia la temperatura de fundición, como se ve en las prueba número 1 y número 5 en las que la muestra fundida al ser expuesta a una temperatura de 950°C durante una hora, el regulo alcanzo un tamaño de 24,45 gramos y 15,5 gramos respectivamente, siendo la única diferencia el porcentaje de sustitución de carbonato de calcio por carbonato de sodio, lo que determina que el carbonato de sodio aporta mayor fluidez a la escoria, y correspondiente al tamaño de regulo el oro obtenido al final de la prueba es menor considerando estas condiciones.

La muestra enviada a Laboratorios Analíticos del Sur reporto una concentración de 1,367 g/TM, mientras que el resultado interno del laboratorio RH-LAB de la muestra oxidada es de 1,371 g/TM a temperaturas de 1100°C y 2 horas. En los ensayos al fuego con diferentes porcentajes de sustitución el resultado más eficiente es la prueba número 8 con una temperatura de 1100°C y mayor tiempo de fundición, donde se obtuvo una

concentración de 1,365 g/TM, donde se concluye que el carbonato de calcio es eficiente para la recuperación de oro en análisis de oro para muestras de tipo oxidado a estas condiciones de trabajo.

Se realizó 3 pruebas experimentales adicionales replicando la prueba número 8 que tiene 100% de sustitución de carbonato de calcio (Tabla 24) para determinar la reproducibilidad del método usado en la investigación, que demostró ser confiable a través de los resultados obtenidos.

Tabla 24: Reproducibilidad del mejor resultado

Nº	Muestra	Peso (g)	Lectura abs	Volumen (ml)	Concentración g/Tm
1	M - O PE-09	20	0,005436	100	1,359
2	M - O PE-10	20	0,005456	100	1,364
3	M - O PE-11	20	0,005440	100	1,360

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 25 se hace una comparación del mejor resultado M – O PE-08 con el resultado interno del mineral analizado de RH-LAB y el resultado de LAS (Laboratorios Analíticos del Sur).

Tabla 25: Comparación de resultados

Muestra	Concentración g/Tm
M – O PE-08	1,365
RH-LAB	1,371
LAS	1,367

Fuente: Elaboración propia



V. CONCLUSIONES

- Se demuestra que el carbonato de calcio es un buen sustituto para el carbonato de sodio, dando resultados parecidos entre RH-LAB y LAS (Laboratorios Analíticos del Sur).
- Se concluyó que la sustitución de carbonato de calcio por carbonato de sodio con una sustitución de 100% y mayor temperatura tiene una buena recuperación de oro para minerales de tipo oxidado.
- En la muestra M – O PE-08, se trabajó a una temperatura de 1100°C y un tiempo de fundición de 2 horas, demostrando así que a mayor temperatura y mayor tiempo de fundición hay una óptima recuperación de oro para minerales tipo oxidado.
- En los análisis a las escorias realizadas de las pruebas experimentales, se concluye que, a mayor temperatura y tiempo de fundición, la pérdida de oro en las escorias es insignificante.
- La formulación química del fundente suele variar entre los tipos de mineral o material a fundir, pero para las muestras del tipo oxidado es la más simple pues este tipo de mineral no ofrece resistencia a la fundición, y suele ser material de baja ley. Por lo que es una buena opción para pruebas de nuevos componentes del fundente como es el carbonato de calcio.
- Los beneficios del carbonato de calcio son sobre todo la accesibilidad a su adquisición como el bajo precio que tiene.
- Según evaluación de los ensayos se concluye también que la sustitución del reactivo conlleva también a un gasto agregado por el tiempo de fundición, lo que quiere decir que hay un aumento de energía eléctrica y gas usados, siendo algo evaluable.



VI. RECOMENDACIONES

- Para una mejor fundición se recomienda un horno eléctrico para tener una temperatura constante.
- Se recomienda tener los equipos y materiales de trabajo limpios y operativos para evitar alguna contaminación en el proceso y que pueda interferir en los resultados
- Se recomienda incluir el carbonato de calcio como sustituto del carbonato de sodio dentro de la carga fundente para análisis de minerales tipo oxidado.
- Se recomienda usar todos los equipos de protección personal de seguridad para cada proceso del análisis tanto como en preparación mecánica del mineral, fundición y ataque químico.
- Recomendar nuevas investigaciones para la recuperación de oro en análisis químico de minerales



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Antezana W. (2013). Análisis de oro y plata en horno mufla utilizando cobre como colector en la corporación minera ananea. Universidad Nacional del Altiplano, Puno.
- Ayres G. (2001). Análisis Químico Cuantitativo, Edición del Castillo S.A. British Columbia Institute: Noviembre (2010), Muestreo y Preparación de Muestras versión 2.2
- Blanco E. (2011). La Densidad y el Peso Específico de los Minerales.
- Brito V. & Delgado J. (2005). Estudio Preliminar de la Potencialidad de algunos Minerales Cubanos para Fabricar Biomateriales.
- Bugbee E. (1940). A Textbook of Fire Assaying, 3ra. edición, Colorado School of Mines Press, Golden, Colorado, 204 pp.
- Calvo F. & Ballester A. (2008). Pérdidas de Plomo en la Escoria de un Horno de Fusión Reductora Influencia de los Componentes de la Escoria, pp 83,397.
- Chaize T. (2004). Producción Mundial de Oro entre 1840 Y 2003.
- Coudurier et al., (1971). Fundamentos de los Procesos Metalúrgicos. Departamento de Metalurgia Extractiva. Universidad de Concepción. Chile, pp 272-291.
- de la Torre (1988). Apuntes sobre Pirometalurgia, Curso de Maestría en Ciencias Aplicadas, Universidad Católica de Lovania, Bélgica.
- Gaviria et al., (2003). Estudio Cinético de la Descomposición del CaCO_3 por Cromatografía Gaseosa. Conamet, pp 1 (9), 30.
- Guijarro M. (2018). Análisis Instrumental: Espectrofotometría de Absorción Atómica
- JIS M 811: (1963). Norma Internacional – Método para la Determinación del Oro y la Plata.
- Lenahan W. & Murray-Smith R. (1986). Assay and Analytical Practice in the South



- African Mining, The South African Institute of Mining and Metallurgy, Johannesburg, pp 41-230.
- Lipa, R. (2019). Análisis Químico de Oro y Plata en sus Diferentes Procesos en la Empresa Minera S.A.C. Ocuvi-Lampa: Laboratorio Químico. Universidad Nacional del Altiplano, Puno.
- Luque F. & Sierra J. (2011). Practicas Mineralógicas II (NO-SILICATOS).
- Mantari W. & Paucar E. (2009). Estudio de los Parámetros para el Análisis Químico del Oro Empleando el Nitrato de Potasio en la Vía Pirometalurgia de la Empresa Chancadora Centauro SAC. Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo.
- Marsden J. & House I. (1993). The Chemistry of Gold Extraction, Ellis Horwood Limited, West Sussex, England, pp 680.
- Mercado J. (2013). Estudio Comparativo de Análisis de Oro Entre los Métodos Vía Seca y Vía Húmeda en los Minerales Concentrados. Universidad Nacional del Callao, Callao.
- Núñez R. & Naula V. (2015). Optimización del Análisis Gravimétrico de Oro por Oxidación del Flujo Fundente en la Empresa Luz del Sol S.A.C. Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo.
- Rosado J. (2017). Mejoramiento del Análisis Químico para Minerales de Oro. Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa.
- Rosenqvist T. (1983). Principles of Extractive Metallurgy, 2da. Edition, Mc Graw-Hill Inc. New York, pp 528.
- Schuhmann (1968). INGENIERÍA METALURGICA, Tomo I, Centro Regional de Ayuda Técnica para el Desarrollo Internacional, Mexico, pp 325-348.
- Smith E. (1987). The Sampling and Assay of the Precious Metals, Met-Chem, Research, Inc., Boulder, Colorado, pp 492.



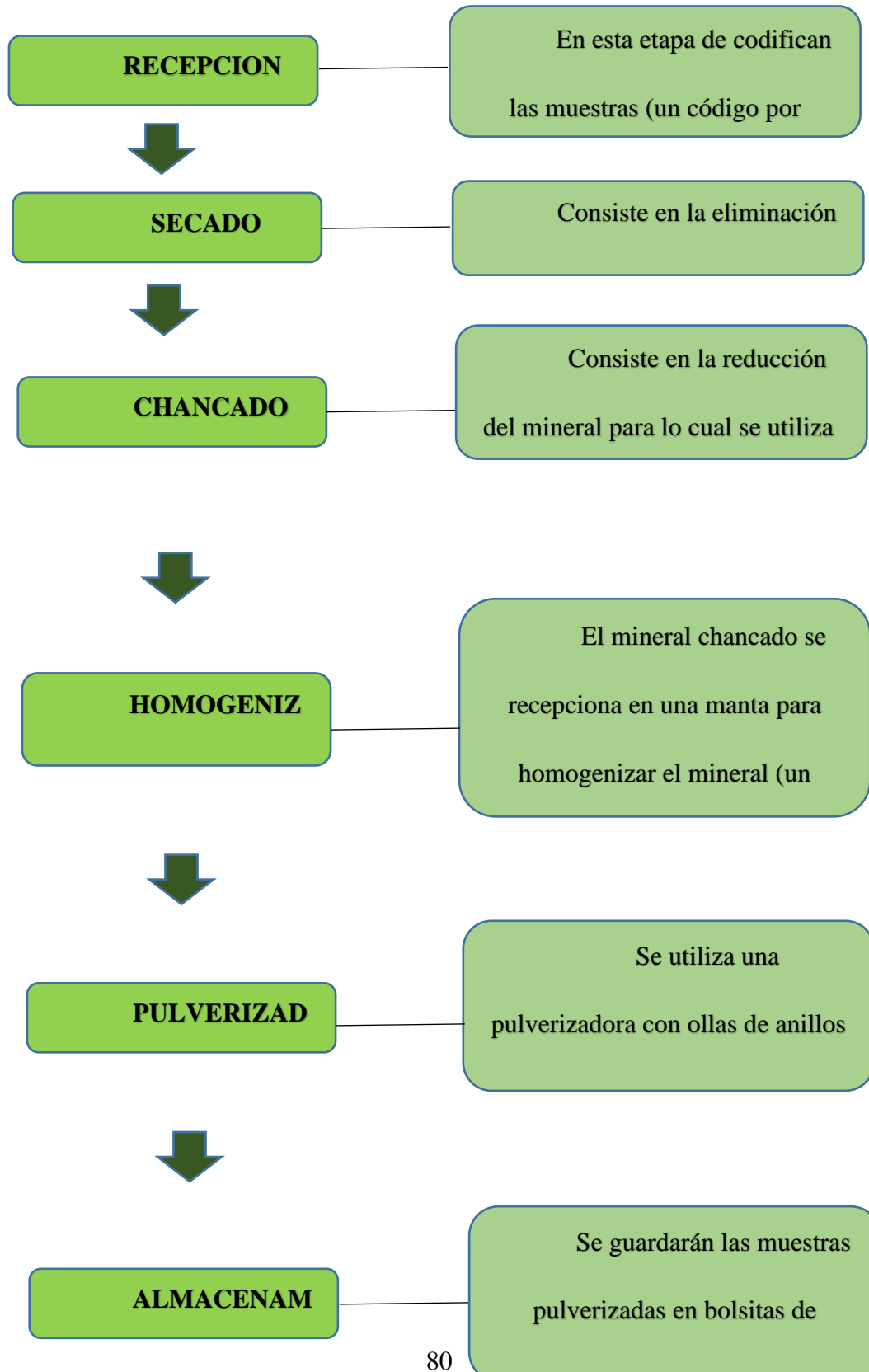
TECSUP (2007). Procesamiento de Minerales.

Yang Q. et al., (2009). Modification Study of Steel Slag to Prevent the Slag Deintegration
After Metal Recovery and to Enhance Slag Utilization.

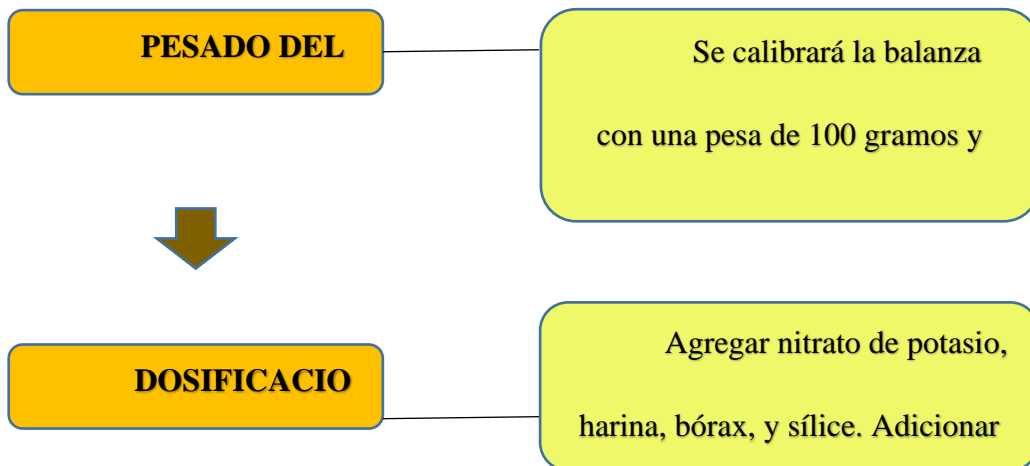
Yosuke M. et al., (2009). The Effect of Na_2O on the Viscosity of Mould Flux.

ANEXOS

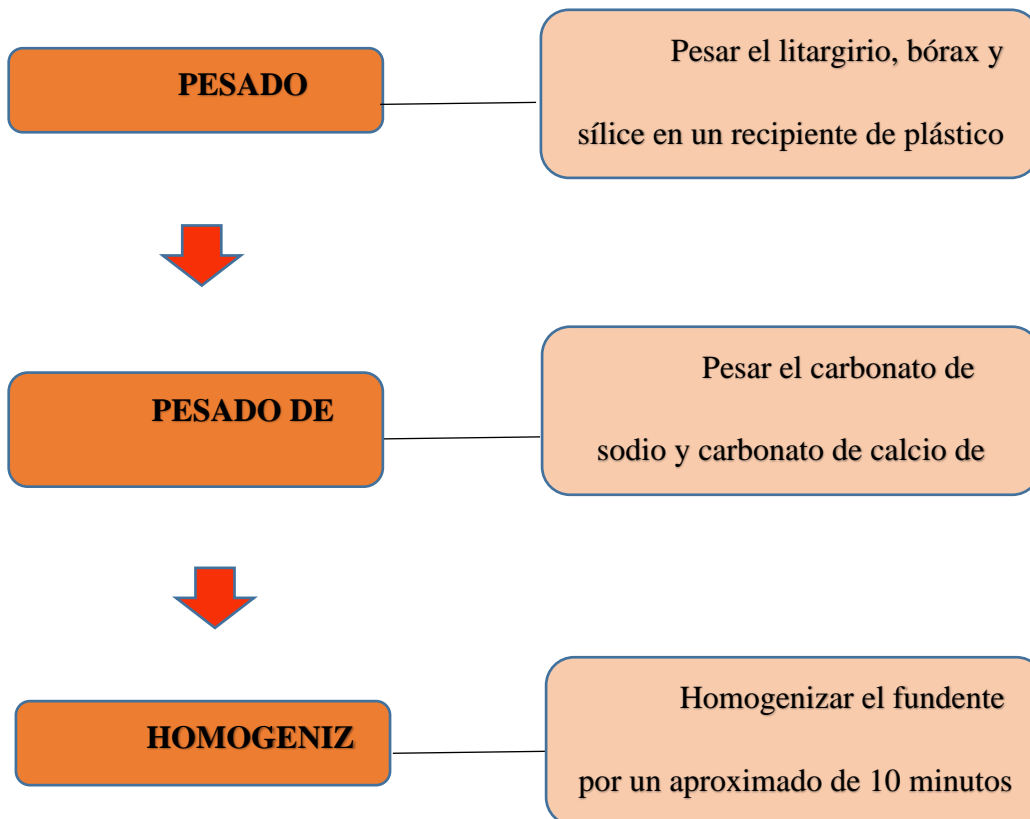
Anexo A.1. Etapa de la Preparación Mecánica del Mineral



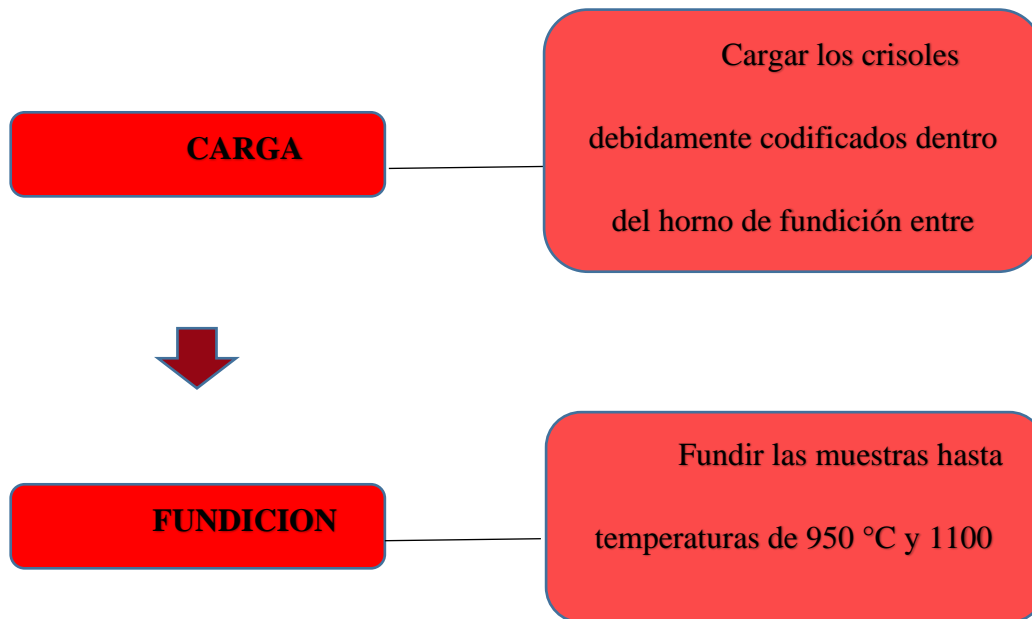
Anexo A.2. Etapa de Pesado de la muestra



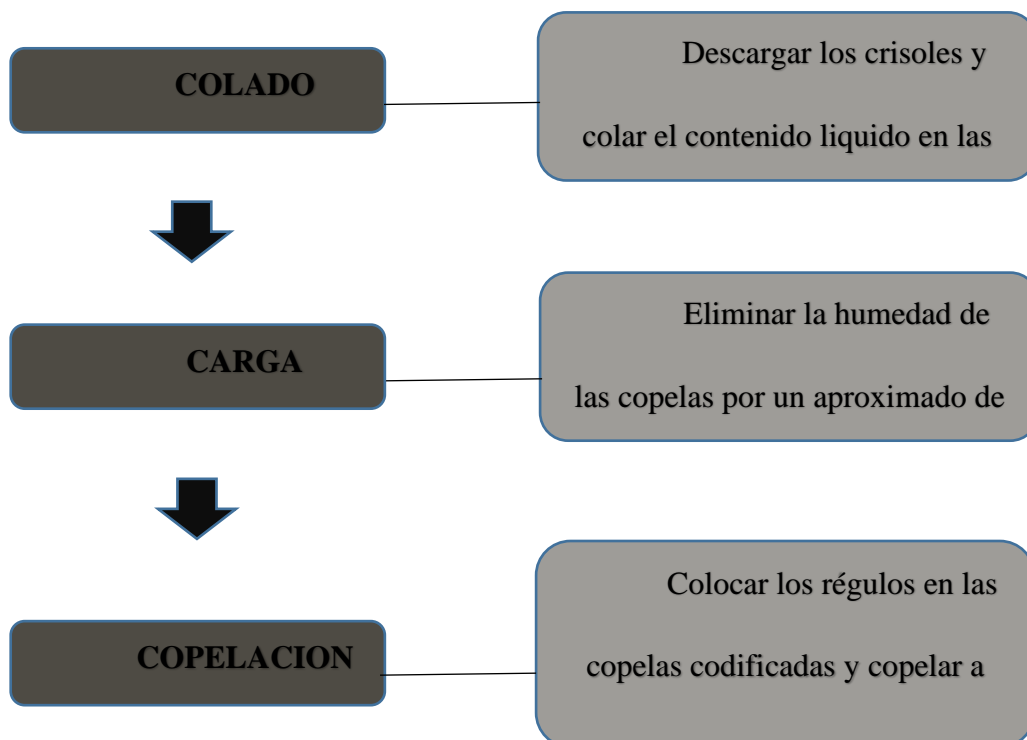
Anexo A.3. Preparación del Fundente



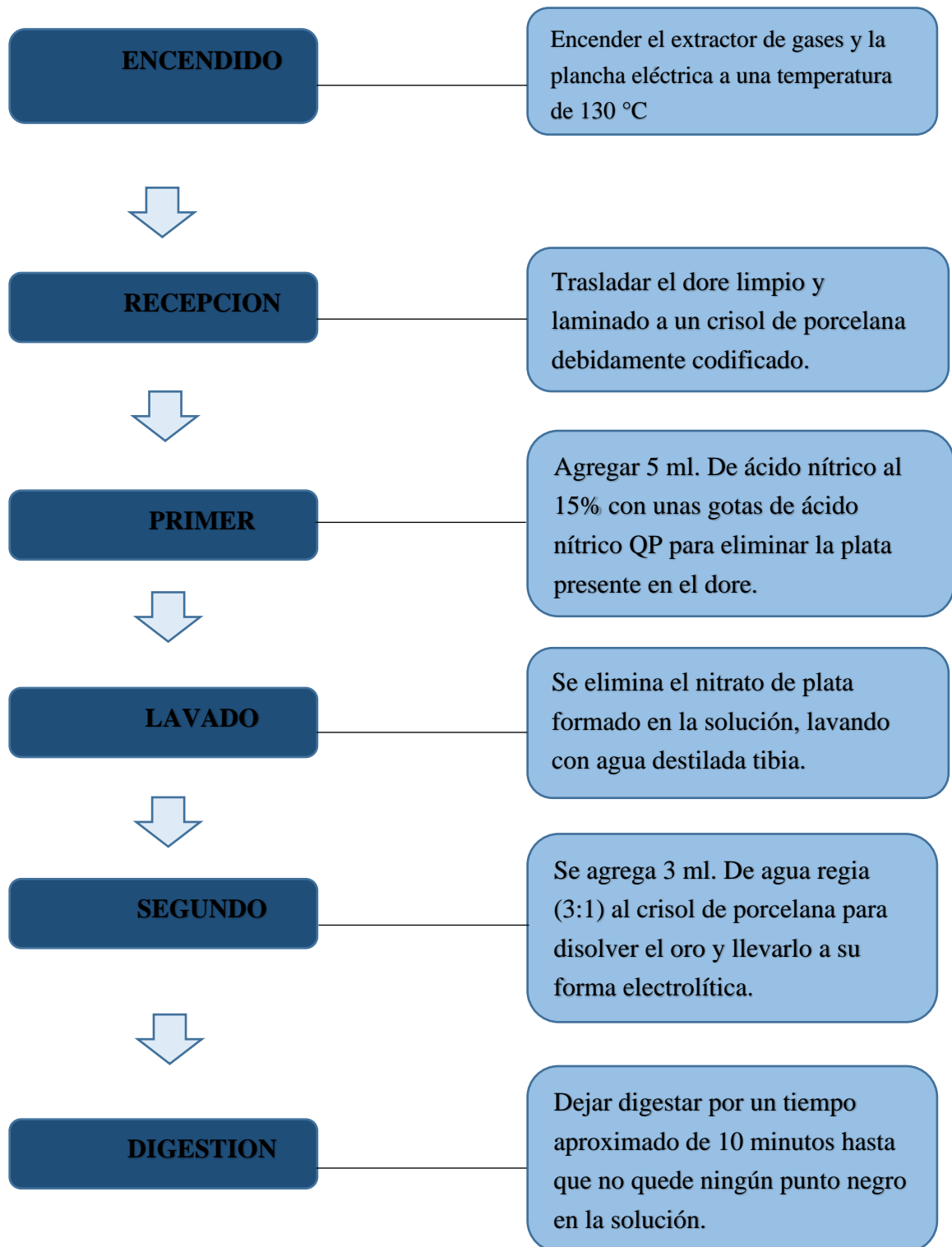
Anexo A.4. Etapa de Fundición

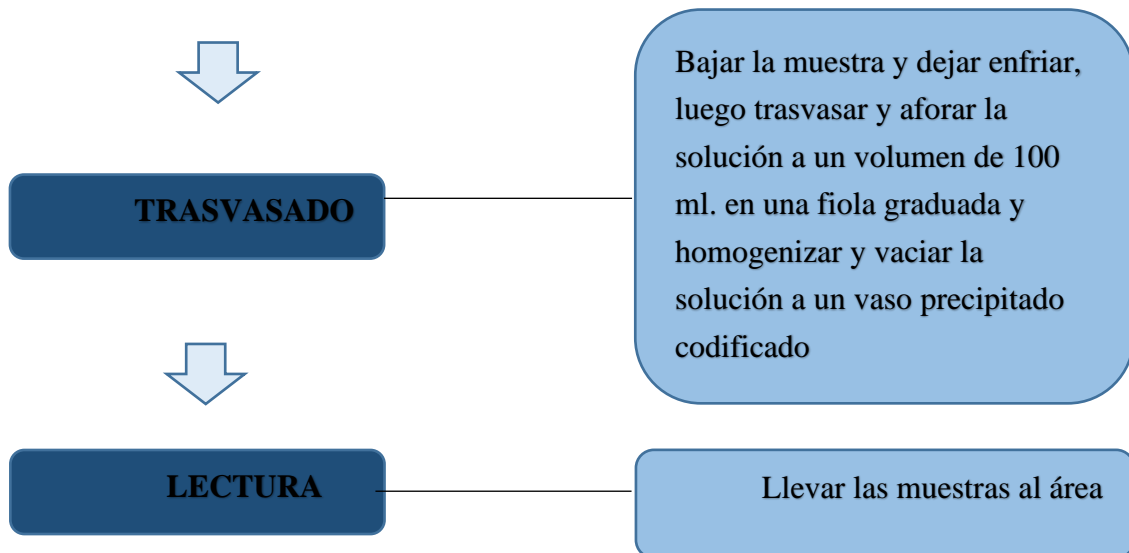


Anexo A.5. Etapa de Copelación

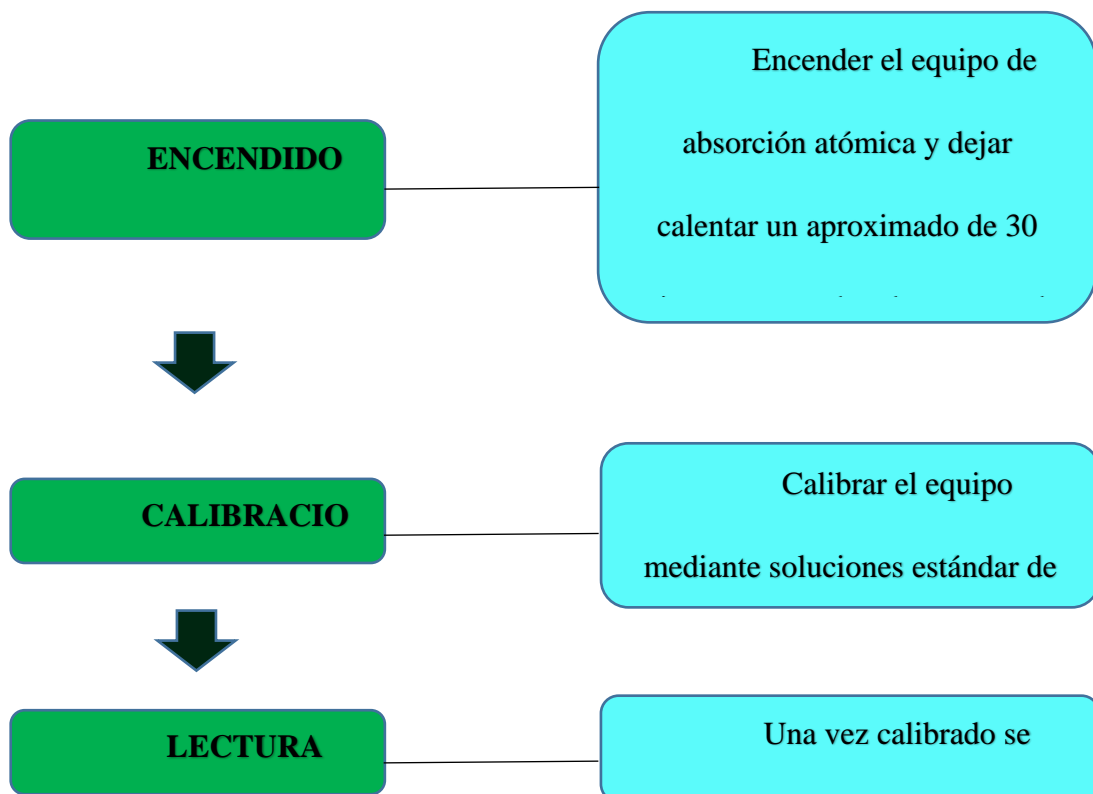


Anexo A.6. Ataque Químico y Digestión





Anexo A.7. Etapa de Espectrofotometría de Absorción Atómica





Anexo B. Resultado de la Contramuestra Enviada a LAS



Laboratorios Analíticos del Sur

Laboratorios Analíticos del Sur

Parque Industrial Río Seco C-1 Cerro Colorado – Arequipa – Perú
www.laboratoriosanaliticosdelsur.com

+51 (054) 443294
+51 (054) 444582
+51 958 961 254
+51 958 961 253

INFORME DE ENSAYO LAS01-MN-21-06080

Fecha de emisión: 18/09/2021

Página 1 de 1
Clave generada : 1477230D

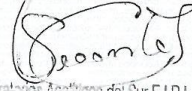
Señores: CHATA YANA, MAXIMO BRADLEY
Dirección: PUNO
Atención: CHATA YANA, MAXIMO BRADLEY
Recepción: 15/09/2021
Realización: 15/09/2021
Observación: El Laboratorio no realiza la toma de muestra.

Métodos ensayados

*551 Método de ensayo a fuego para oro por reconocimiento absorción atómica

Código Interno L.A.S.	Nombre de Muestra	Procedencia de Muestra	Descripción de Muestra	*551	
				Au	
				g/TM	oz/TC
MN21012613	MINERAL OXIDADO	No proporcionado por el cliente.	Mineral pulverizado	1,367	0,03989

Fin del informe


Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
Srta. Victoria Juárez Noira
Gerente General
Inp. Químico C.I.R. 10474

"a<Valor numérico">=Límite de detección del método, "b<Valor Numérico">=Límite de cuantificación del método

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados sólo están relacionados a la muestra ensayada. Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

Los resultados se aplican a la muestra como se recibió

Web: <https://www.laboratoriosanaliticosdelsur.com>. Parque Ind. Río Seco C-1 C. Colorado-Arequipa-Perú.(054)443294 - (054)444582.



Validar el informe
vía web



Anexo C. Resultado de muestra oxidada interna



RH-M43-1583

INFORME DE ENSAYO

DATOS DEL CLIENTE

A SOLICITUD DE : **Sra. MARIA BRISEIDA BERNEDO DELGADO**

ASUNTO : Determinación Analítica del contenido metálico total en la muestra

CANTIDAD DE MUESTRAS : 01

SOLICITUD DE ENSAYO : Análisis Químico de Oro (Au)

RECEPCION DE MUESTRAS : Bolsa de plastico

FECHA DE REALIZACION DEL ENSAYO : 04/08/2018 al 06/08/2018

DETALLE DEL INFORME

RESULTADO DE ENSAYO					
N°	N° RII	Código de cliente	Au Gr/Tm		
			E1	E2	Promedio
1	RH-M43682	Muestra Oxidada	1.373	1.369	1.371

Los resultados obtenidos y que se consignan en el presente informe corresponden al ensayo solicitado en las muestras recibidas del cliente.

* E1: Ensayo 1

* E2: Ensayo 2

METODOS DE REFERENCIA

* Determinación de Oro (Au) en mineral - Método Vía Seca

Av Martires del 4 de Noviembre N° 2414 (Salida Puno - Frente a Covisur) Cel: 978645480 - 9305008140



Anexo D. Hoja de Seguridad del Ácido Clorhídrico

HDSM_0030_



ELMER JO ANAYA S.A.C.
PRODUCTOS QUÍMICOS - FABRICANTE
ACIDO SULFURICO P.A., ACIDO CLORHIDRICO P.A.
ACIDO NITRICO P.A., NITRATO DE PLATA P.A., OTROS

HOJA DE SEGURIDAD ACIDO CLORHÍDRICO P.A. – Q.P.


1. PRODUCTO QUÍMICO E IDENTIFICACIÓN DE LA EMPRESA

1.1. NOMBRE DEL PRODUCTO	Ácido Clorhídrico P.A. – Q.P. al 37.5 +/- 0.5%
FORMULA QUÍMICA	HCl
PESO MOLECULAR	36.46
GRUPO QUÍMICO	Ácido inorgánico
NUMERO CAS	7647-01-0
NUMERO NU	1789
1.2. FABRICANTE	ELMER JO ANAYA S.A.C. Jr. El Níquel 277, Infantas – Los Olivos Lima – Perú Telf.: (51) (1) 528-3221 / (51) (1) 528-1032

2. COMPOSICIÓN E INFORMACIÓN DE SUS COMPONENTES

Componente	Numero CAS	% P/P	Riesgoso
Ácido Clorhídrico	7647-01-0	37-38	Si
Agua	7732-18-5	62-63	No

3. IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS

RIESGO PRINCIPAL	Corrosivo y tóxico.				0 = Ninguno 1 = Mínimo 2 = Medio 3 = Riesgoso 4 = Muy riesgoso
VALORES NORMA NFPA 704	3	0	0		
	SALUD	INFLAMABLE	REACTIVO	OTROS	
CÓDIGO DE RIESGO	R 34-37 S 26-36/37/39-45				
RÓTULO DE TRANSPORTE: Clase 8					

EFECTOS DE SOBREEXPOSICION	
Inhalación	Corrosivo. La inhalación de los vapores puede producir tos, asfixia inflamación de la nariz, garganta y tracto respiratorio superior y en casos severos, edema pulmonar, fallo circulatorio y muerte.

Jr. El Níquel 277 Los Olivos - Lima - Perú Teléfono (51 1)528-3221 (51 1)528-1032
e-mail: elmer@joanaya.com, ejoanaya@gmail.com



ELMER JO ANAYA S.A.C.
PRODUCTOS QUIMICOS - FABRICANTE
ACIDO SULFURICO P.A., ACIDO CLORHIDRICO P.A.
ACIDO NITRICO P.A., NITRATO DE PLATA P.A., OTROS

Contacto con la piel	Corrosivo. Puede causar enrojecimiento, dolor y quemaduras severas de la piel. Las soluciones concentradas causan úlceras profundas y decoloración de la piel.
Contacto con los ojos	Corrosivo. Los vapores son irritantes y pueden causar daño ocular. El contacto puede causar severas quemaduras y daño ocular permanente.
Ingestión	Corrosivo. La ingestión de ácido clorhídrico puede causar dolor inmediato y quemaduras en la boca, garganta, esófago y tracto gastrointestinal. Puede causar náuseas, vómitos y diarrea. La ingestión puede ser fatal.

4. MEDIDAS DE PRIMEROS AUXILIOS

Inhalación	Si inhalara, retirarse al aire fresco. Si la persona no respira, dar respiración artificial. Si respiración fuera difícil, dar oxígeno. Consiga atención médica inmediatamente.
Contacto con la piel	En caso de contacto, lave la piel de inmediato con agua abundante por lo menos 15 minutos, mientras se quita la ropa y zapatos contaminados. Sacarse la ropa contaminada y luego lavarla o desecharla. Busque atención médica inmediatamente.
Contacto con los ojos	Lave los ojos inmediatamente con abundante agua, por lo menos 15 minutos, elevando los párpados superior e inferior ocasionalmente. Busque atención médica inmediatamente.
Ingestión	NO INDUZCA VÓMITO. Administre grandes cantidades de agua o leche si se encuentra disponible. Nunca administre nada por la boca a una persona inconsciente. Busque atención médica inmediatamente.

5. MEDIDAS CONTRA INCENDIOS

Incendio	El calor extremo o el contacto con metales pueden liberar gas de hidrógeno inflamable.
Explosión	No es considerado peligroso de explosión.
Medios de extinción	Si está involucrado en un incendio, utilice rociado de agua. Neutralice con carbonato de sodio anhidro o cal muerta.
Información especial	En caso de fuego, utilizar vestimenta protectora completa y aparato respiratorio autónomo con mascarilla. La ropa protectora corriente de los bomberos no es efectiva para incendios donde está presente el ácido clorhídrico. Manténgase alejado de los extremos de los tanques. Enfríe los tanques con pulverizadores de agua por mucho tiempo, aún después de que el incendio se ha extinguido.

Jr. El Níquel 277 Los Olivos - Lima - Perú Teléfono (51 1)528-3221 (51 1)528-1032
e-mail: elmer@joanaya.com, ejoanaya@gmail.com

MSDS 03 ver 11 10/01/18

Página 2 de 5



ELMER JO ANAYA S.A.C.
PRODUCTOS QUIMICOS - FABRICANTE
ACIDO SULFURICO P.A., ACIDO CLORHIDRICO P.A.
ACIDO NITRICO P.A., NITRATO DE PLATA P.A., OTROS

6. MEDIDAS EN CASO DE DERRAMES Y FUGAS ACCIDENTALES

Ventile el área donde ocurrió la fuga o derrame. Use el apropiado equipo protector personal como se especifica en la Sección 8. Aíse el área peligrosa. Evite la entrada de personal innecesario y no protegido. Contenga y recupere el líquido cuando sea posible. Neutralice con material alcalino (ceniza de sosa, cal) a pH 6-8 y luego absorba con un material inerte (ej. vermiculita, arena seca, tierra) y coloque en un recipiente para desechos químicos empleando envases de polietileno. Luego de haber absorbido/recogido, limpie la superficie contaminada con exceso de agua. No use materiales combustibles como el aserrín. Dar aviso a la autoridad policial según normativa vigente.

7. MANIPULEO Y ALMACENAMIENTO

Almacenamiento	Almacene en un área de almacenamiento fresco, seco y ventilado, con pisos resistentes a los ácidos y buen drenaje.
	Proteja del daño físico.
	Mantenga fuera de la luz solar directa y lejos del calor, agua y materiales incompatibles.
	Señalización de riesgo.
Manipuleo	Cuando diluya, el ácido siempre debe ser adicionado lentamente al agua y en pequeñas cantidades.
	Nunca use agua caliente y nunca adicione agua al ácido. El agua adicionada al ácido puede causar ebullición y salpicaduras.
	No lave el recipiente ni lo utilice para otros propósitos.
	Cuando abra recipientes de metal, use herramientas que no produzcan chispas, por la posibilidad de que esté presente el gas hidrógeno.
	Los envases de este material pueden ser peligrosos cuando están vacíos ya que retienen residuos del producto (vapores, líquido).
Observe todas las advertencias y precauciones que se listan para el producto.	

8. CONTROLES DE EXPOSICIÓN Y PROTECCIÓN PERSONAL

Límite de exposición permisible en el centro de trabajo (OSHA-NIOSH)	5 mg/m ³
Protección Respiratoria	Si se sobrepasa el límite de exposición, se debe usar un respirador que cubra toda la cara con un cartucho para gases ácidos, si se sobrepasa hasta 50 veces el límite de exposición o la concentración máxima de uso especificada por la agencia reguladora apropiada o el proveedor del respirador, lo que sea menos. En emergencias o situaciones donde no se conocen los niveles de exposición, use un respirador que cubra toda la cara, de presión positiva y abastecida por aire. ADVERTENCIA: Los respiradores con purificadores de aire no protegen a los trabajadores en atmósferas deficientes de oxígeno. Utilizar campana de laboratorio. No utilizar la boca para pipetear.

Jr. El Níquel 277 Los Olivos - Lima - Perú Teléfono (51 1)528-3221 (51 1)528-1032
e-mail: elmer@joanaya.com, ejoanaya@gmail.com



ELMER JO ANAYA S.A.C.
PRODUCTOS QUÍMICOS - FABRICANTE
ACIDO SULFURICO P.A., ACIDO CLORHIDRICO P.A.
ACIDO NITRICO P.A., NITRATO DE PLATA P.A., OTROS

Protección dérmica:	Guantes de hule o de neopreno y protección adicional incluyendo botas impermeables, delantal o traje de faena, según se requiera en áreas de exposición inusual para impedir el contacto con la piel.
Protección ocular:	Utilice gafas protectoras contra productos químicos y/o un protector facial completo donde el contacto sea posible. Mantener en el área de trabajo una instalación destinada al lavado, remojo y enjuague rápido de los ojos.

9. PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS

Estado Físico	Líquido
Apariencia	Incoloro
Olor	Picante e irritante
Punto de ebullición	Aprox. 109 °C (hervor)
Punto de fusión	Aprox. -28 °C
Densidad (g/cm³ a 20°C)	1.19
Solubilidad	Completamente soluble en agua, muy soluble en alcohol.

10. ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD

Estabilidad	Estable en condiciones ordinarias de uso y almacenamiento. Los recipientes pueden explotar cuando se calientan.
Incompatibilidades	Incompatible con cianuro, sulfitos y formaldehídos. Altamente reactivo con bases fuertes, metales, óxidos, hidróxidos, aminas, carbonatos y otras bases.
Polimerización	No ocurre.
Productos peligrosos de descomposición	Emite vapores tóxicos de cloruro de hidrógeno cuando se calienta hasta la descomposición y reacciona con agua o vapor de agua para producir calor y vapores tóxicos y corrosivos. La descomposición térmica oxidativa produce vapores tóxicos de cloro e hidrógeno gaseoso.

11. INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA

Inhalación en ratas LC₅₀: 3124 ppm/1H.

Oral en conejos LD₅₀: 900 mg/Kg (ácido clorhídrico concentrado). Ha sido investigado como mutagénico y como causante de efectos reproductivos.

Componente	Número CAS	Carcinógeno		
		Conocido	Anticipado	Categoría IARC
Ácido Clorhídrico	7647-01-0	No	No	3
Agua	7732-18-5	No	No	Ninguno

Jr. El Níquel 277 Los Olivos - Lima - Perú Teléfono (51 1)528-3221 (51 1)528-1032
e-mail: elmer@joanaya.com, ejoanaya@gmail.com



ELMER JO ANAYA S.A.C.
PRODUCTOS QUIMICOS - FABRICANTE
ACIDO SULFURICO P.A., ACIDO CLORHIDRICO P.A.
ACIDO NITRICO P.A., NITRATO DE PLATA P.A., OTROS

12. INFORMACIÓN ECOLÓGICA

Efecto Ecológico y Toxicidad Ambiental:

No se espera que se biodegrade cuando se elimina en el suelo, pudiendo filtrar a las aguas subterráneas. Se espera que sea tóxico para la vida acuática.

13. COSIDERACIONES DE ELIMINACIÓN

La disposición final debe hacerse siguiendo las regulaciones ambientales locales y nacionales vigentes. Consulte a las autoridades locales sobre las alternativas de disposición final.

14. INFORMACIÓN DE TRANSPORTE

Carretera (Tierra) e Internacional (Marítimo):

Nombre Legal de Embarque: ÁCIDO CLORHÍDRICO

Clase Peligrosa: 8

UN/NA: UN1789

Grupo de Empaque: II

15. INFORMACIÓN REGULATORIA

Insumo Químico y Producto Fiscalizado – IQPF.

Legislación Nacional: D.L. 1126, DS 024-2013-EF, DS 009-2013-IN.

Reglamento: DS 044-2013-EF, DS 107-2013-EF.

Transporte regulado por D.S. 021-2008-MTC, R.M. 350-2013-MTC/02.

16. INFORMACIÓN ADICIONAL

Empresa responsable de la Hoja de Seguridad	Teléfono	Versión y fecha
Elmer Jo Anaya S.A.C.	(51 1) 528-3221 (51 1) 528-1032	MSDS 03 versión 11 10/01/2018

ELMER JO ANAYA S.A.C. NO GESTIONA O DA GARANTÍA ALGUNA, EXPRESA O IMPLÍCITA, CON RESPECTO A LA INFORMACIÓN EXPUESTA EN EL PRESENTE DOCUMENTO O DEL PRODUCTO AL QUE SE REFIERE. POR CONSIGUIENTE, ELMER JO ANAYA S.A.C. NO SERÁ RESPONSABLE DE DAÑOS QUE RESULTEN DEL USO O CONFIANZA QUE SE TENGA EN ESTA INFORMACIÓN.

Jr. El Níquel 277 Los Olivos - Lima - Perú Teléfono (51 1)528-3221 (51 1)528-1032
e-mail: elmer@joanaya.com, ejoanaya@gmail.com

MSDS 03 ver 11 10/01/18

Página 5 de 5



Anexo E. Hoja de Seguridad del Acido Nitrico

HDSM_0025



ELMER JO ANAYA S.A.C.
PRODUCTOS QUIMICOS - FABRICANTE
ACIDO SULFURICO P.A., ACIDO CLORHIDRICO P.A.
ACIDO NITRICO P.A., NITRATO DE PLATA P.A., OTROS

HOJA DE SEGURIDAD ACIDO NITRICO P.A. – Q.P.



1. PRODUCTO QUÍMICO E IDENTIFICACIÓN DE LA EMPRESA

1.1 NOMBRE DEL PRODUCTO :	Ácido Nítrico P.A. – Q.P. al 68.5 +/- 0.5%
FORMULA QUÍMICA :	HNO ₃
PESO MOLECULAR :	63.01
GRUPO QUÍMICO :	Ácido inorgánico
NUMERO CAS :	7697-37-2
NUMERO NU :	2031
1.2. FABRICANTE	ELMER JO ANAYA S.A.C. Jr. El Níquel 277, Infantas – Los Olivos Lima – Perú Telf: (51) (1) 528-3221 / (51) (1) 528-1032

2. COMPOSICIÓN E INFORMACIÓN DE SUS COMPONENTES

Componente	Número CAS	% W/W	RIESGOSO
Ácido Nítrico	7697-37-2	68-69	Si
Agua	7732-18-5	31-32	No

3. IDENTIFICACION DE PELIGROS

RIESGO PRINCIPAL	Corrosivo, comburente y oxidante.				
VALORES NORMA NFPA 704	3	0	0	OX	0 = Ninguno
	SALUD	INFLAMABLE	REACTIVO	OTROS	1 = Mínimo
CÓDIGO DE RIESGO	R 35 S 23.2-26-36/37/39/45				2 = Medio
RÓTULO DE TRANSPORTE:	Clase 8 (5.1)				3 = Riesgoso
					4 = Muy riesgoso

EFECTOS DE SOBREEXPOSICION	
Inhalación	Corrosivo. La inhalación de los vapores puede producir dificultades respiratorias y conducir a neumonía y edema pulmonar que pueden ser fatales. Otros síntomas pueden ser tos, asfixia e irritación de la nariz, garganta y tracto respiratorio.
Contacto con la piel	Corrosivo. Puede causar enrojecimiento, dolor y quemaduras severas de la piel. Las soluciones concentradas causan úlceras profundas y manchas amarillas o amarillo-café de la piel.
Contacto con los ojos	Corrosivo. Los vapores son irritantes y pueden causar daño ocular. El

Jr. El Níquel 277 Los Olivos - Lima - Perú Teléfono (51 1) 528-3221
(51 1) 528-1032 e-mail: elmer@joanaya.com, ejoanaya@gmail.com



ELMER JO ANAYA S.A.C.
PRODUCTOS QUIMICOS - FABRICANTE
ACIDO SULFURICO P.A., ACIDO CLORHIDRICO P.A.
ACIDO NITRICO P.A., NITRATO DE PLATA P.A., OTROS

	contacto puede causar severas quemaduras y daño ocular permanente.
Ingestión	Corrosivo. La ingestión de ácido nítrico puede causar dolor inmediato y quemaduras en la boca, garganta, esófago y tracto gastrointestinal.

4. MEDIDAS DE PRIMEROS AUXILIOS

Inhalación	Si inhalara, retirarse al aire fresco. Si la persona no respira, dar respiración artificial. Si respiración fuera difícil, dar oxígeno. Consiga atención médica inmediatamente.
Contacto con la piel	En caso de contacto, lave la piel de inmediato con agua abundante por lo menos 15 minutos, mientras se quita la ropa y zapatos contaminados. Sacarse la ropa contaminada y luego lavarla o desecharla. Busque atención médica inmediatamente.
Contacto con los ojos	Lave los ojos inmediatamente con abundante agua, por lo menos 15 minutos, elevando los párpados superior e inferior ocasionalmente. Busque atención médica inmediatamente.
Ingestión	NO INDUZCA VÓMITO. Administre grandes cantidades de agua o leche si se encuentra disponible. Nunca administre nada por la boca a una persona inconsciente. Busque atención médica inmediatamente.

5. MEDIDAS CONTRA INCENDIOS

Incendio	No combustible, pero la sustancia es un fuerte oxidante y su calor de reacción con agentes reductores o combustibles pueden provocar ignición. Puede reaccionar con metales para liberar gas de hidrógeno inflamable.
Explosión	Reacciona explosivamente con materiales orgánicos combustibles o fácilmente oxidables tales como: alcoholes, carbón trementina, desperdicios orgánicos, metal en polvo, sulfuro de hidrógeno, etc. Reacciona con la mayoría de los metales para liberar gas de hidrógeno que puede formar mezclas explosivas con el aire.
Medios de extinción	Si está involucrado en un incendio, utilice rociado de agua. No permita que entre agua dentro del envase.
Información especial	Aumenta la inflamabilidad de materiales combustibles, orgánicos y fácilmente oxidables. En caso de fuego, vestimenta protectora completa y aparato respiratorio autónomo con mascarilla.

6. MEDIDAS EN CASO DE DERRAMES Y FUGAS ACCIDENTALES

Ventile el área donde ocurrió la fuga o derrame. Use el equipo de protección personal apropiado como se especifica en la Sección 8. Aísle el área peligrosa. Evite la entrada de personal innecesario y no protegido. Contenga y recupere el líquido cuando sea posible. Neutralice con material alcalino (ceniza de sosa, cal) a pH 6-8 y luego absorba con un material inerte (ej. vermiculita, arena seca, tierra) y coloque en un recipiente para desechos químicos, empleando envases de PVC, polietileno o acero inoxidable con tapa. No use materiales combustibles como el aserrín. Luego de haber absorbido/recogido, limpie la

Jr. El Níquel 277 Los Olivos - Lima - Perú Teléfono (51 1) 528-3221
(51 1) 528-1032 e-mail: elmer@joanaya.com, ejoanaya@gmail.com



ELMER JO ANAYA S.A.C.
PRODUCTOS QUIMICOS - FABRICANTE
ACIDO SULFURICO P.A., ACIDO CLORHIDRICO P.A.
ACIDO NITRICO P.A., NITRATO DE PLATA P.A., OTROS

superficie contaminada con exceso de agua. Dar aviso a la autoridad según normativa vigente. Limpiar la ropa y equipo al terminar el trabajo.

7. MANIPULEO Y ALMACENAMIENTO

Almacenamiento	Almacene en un área de almacenamiento fresco, seco y ventilado, con pisos resistentes a los ácidos y buen drenaje.
	Proteja del daño físico.
	Mantenga fuera de la luz solar directa y lejos del calor, agua y materiales incompatibles.
	Señalización de riesgo.
Manipuleo	Cuando diluya, el ácido siempre debe ser adicionado lentamente al agua y en pequeñas cantidades.
	Nunca use agua caliente y nunca adicione agua al ácido. El agua adicionada al ácido puede causar ebullición y salpicaduras.
	No lave el recipiente ni lo utilice para otros propósitos.
	Cuando abra recipientes de metal, use herramientas que no produzcan chispas, por la posibilidad de que esté presente el gas hidrógeno.
	Los envases de este material pueden ser peligrosos cuando están vacíos ya que retienen residuos del producto (vapores, líquido).

8. CONTROLES DE EXPOSICIÓN Y PROTECCIÓN PERSONAL

Límite de exposición permisible en el centro de trabajo (OSHA-NIOSH)	2 mg/m ³ como promedio durante una jornada de 8 horas y 4 mg/m ³ como máximo para exposiciones cortas (15 min)
Protección Respiratoria	Si se sobrepasa el límite de exposición, se debe usar un respirador que cubra toda la cara con un cartucho para gases ácidos, si se sobrepasa hasta 50 veces el límite de exposición o la concentración máxima de uso especificada por la agencia reguladora apropiada o el proveedor del respirador, lo que sea menos. En emergencias o situaciones donde no se conocen los niveles de exposición, use un respirador que cubra toda la cara, de presión positiva y abastecida por aire. ADVERTENCIA: Los respiradores con purificadores de aire no protegen a los trabajadores en atmósferas deficientes de oxígeno. Utilizar campana de laboratorio. No utilizar la boca para pipetear.
Protección dérmica	Guantes de hule o de neopreno y protección adicional incluyendo botas impermeables, delantal o traje de faena, según se requiera en áreas de exposición inusual para impedir el contacto con la piel.
Protección ocular	Utilice gafas protectoras contra productos químicos y/o un protector facial completo donde el contacto sea posible. Mantener en el área de trabajo una instalación destinada al lavado, remojo y enjuague rápido de los ojos.

Jr. El Níquel 277 Los Olivos - Lima - Perú Teléfono (51 1) 528-3221
(51 1) 528-1032 e-mail: elmer@joanaya.com, ejoanaya@gmail.com



ELMER JO ANAYA S.A.C.
PRODUCTOS QUÍMICOS - FABRICANTE
ACIDO SULFURICO P.A., ACIDO CLORHIDRICO P.A.
ACIDO NITRICO P.A., NITRATO DE PLATA P.A., OTROS

9. PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS

Estado Físico	Líquido
Apariencia	Incoloro a ligeramente amarillento
Olor	Olor característico, sofocante
Punto de ebullición	Aprox. 122 °C
Punto de fusión	Aprox. -41 °C
Densidad (g/cm³ a 20°C)	1.40
Solubilidad	Completamente soluble en agua, muy soluble en alcohol.

10. ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD

Estabilidad	Estable en condiciones ordinarias de uso y almacenamiento. Los recipientes pueden explotar cuando se calientan. Proteger de la luz.
Incompatibilidades	Agente oxidante poderoso y peligroso, ácido nítrico concentrado es incompatible con muchas sustancias, especialmente bases fuertes, polvos metálicos, sulfuro de hidrógeno y combustibles orgánicos.
Polimerización	No ocurre.
Productos peligrosos de descomposición	Emite vapores tóxicos de óxido de nitrógeno y de nitrato de hidrógeno cuando se calienta hasta la descomposición. Reacciona con el agua o vapor de agua para producir calor y vapores tóxicos y corrosivos.

11. INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA

Inhalación en ratas LC₅₀: 244 ppm (NO₂)/30M. Ha sido investigado como mutagénico y como causante de efectos reproductivos. Oral en humanos LDLo: 430 mg/kg.

Componente	Número CAS	Carcinógeno		
		Conocido	Anticipado	Categoría IARC
Ácido Nítrico	7697-37-2	No	No	Ninguno
Agua	7732-18-5	No	No	Ninguno

12. INFORMACIÓN ECOLÓGICA

Efecto Ecológico y Toxicidad Ambiental:

Efectos tóxicos en peces y plánton. Efecto dañino debido al cambio de pH. Forma mezclas corrosivas con el agua incluso diluido. No causa deficiencia biológica de oxígeno. Peligroso en suministros de agua bebible. No permita entrar en las aguas, aguas residuales o suelo.

13. CONSIDERACIONES DE ELIMINACIÓN

La disposición final debe hacerse siguiendo las regulaciones ambientales locales y nacionales vigentes. Consulte a las autoridades locales sobre las alternativas de disposición final.

Jr. El Níquel 277 Los Olivos - Lima - Perú Teléfono (51 1) 528-3221
(51 1) 528-1032 e-mail: elmer@joanaya.com, ejoanaya@gmail.com



ELMER JO ANAYA S.A.C.
PRODUCTOS QUIMICOS - FABRICANTE
ACIDO SULFURICO P.A., ACIDO CLORHIDRICO P.A.
ACIDO NITRICO P.A., NITRATO DE PLATA P.A., OTROS

14. INFORMACIÓN DE TRANSPORTE

Carretera (Tierra) e Internacional (Marítimo)

Nombre Legal de Embarque: ÁCIDO NÍTRICO

Clase Peligrosa: 8 (5.1)

UN/NA: UN2031

Grupo de Empaque: II

15. INFORMACIÓN REGULATORIA

Insumo Químico y Producto Fiscalizado – IQPF.

Legislación Nacional: D.L. 1126, DS 024-2013-EF, DS 009-2013-IN.

Reglamento: DS 044-2013-EF, DS 107-2013-EF.

Transporte regulado por D.S. 021-2008-MTC, R.M. 350-2013-MTC/02.

16. INFORMACIÓN ADICIONAL

Empresa responsable de la Hoja de Seguridad	Teléfono	Versión y fecha
Elmer Jo Anaya S.A.C.	(51 1) 528-3221 (51 1) 528-1032	MSDS 02 versión 13 10/01/2018

ELMER JO ANAYA S.A.C. NO GESTIONA O DA GARANTÍA ALGUNA, EXPRESA O IMPLÍCITA, CON RESPECTO A LA INFORMACIÓN EXPUESTA EN EL PRESENTE DOCUMENTO O DEL PRODUCTO AL QUE SE REFIERE. POR CONSIGUIENTE, ELMER JO ANAYA S.A.C. NO SERÁ RESPONSABLE DE DAÑOS QUE RESULTEN DEL USO O CONFIANZA QUE SE TENGA EN ESTA INFORMACIÓN.

Jr. El Níquel 277 Los Olivos - Lima - Perú Teléfono (51 1) 528-3221
(51 1) 528-1032 e-mail: elmer@joanaya.com, ejoanaya@gmail.com

Anexo F. Hoja de Seguridad de Carbonato de Sodio

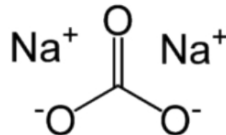


Hoja de seguridad Carbonato de sodio MSDS



Sección 1. Identificación del producto

- **Nombre de la sustancia:** carbonato de sodio.
- **Número CAS:** 497-19-8.
- **RTECS:** VZ4050000.
- **Fórmula química:** Na_2CO_3 .
- **Estructura química:**



- **Masa molar:** 105.9784 g / mol
- **Sinónimos:** carbonato de cristal, carbonato disódico, soda de lavado.
- **Usos recomendados:** Fabricación de vidrio, fabricación de detergentes, fabricación de pasta y papel, tratamiento de salmuera, eliminación de dureza del agua, ajuste de pH en agua o aguas residuales, desulfuración de gas, la regeneración de resina de intercambio iónico.
- **Número de atención de emergencias:** TRANSMEDIC 2280-0999 / 2245-3757 (TM 203 503 Campus Omar Dengo, TM 203 504 Campus Benjamín Núñez) 911 Servicio de emergencia, 2261-2198 Bomberos de Heredia.

Sección 2. Identificación del peligro o peligros

Descripción de peligros:



Misceláneo

Información pertinente a los peligros para el hombre y el ambiente:

El principal peligro de esta sustancia es el pH alto que genera en disolución o en contacto con los órganos del cuerpo.

Sistemas de clasificación:

-NFPA(escala 0-4):



-HMIS(escala 0-4):

SALUD	2
INFLAMABILIDAD	0
REACTIVIDAD	1



Consejos de prudencia:

- Mantener la mínima protección para resguardar las vías respiratorias y la piel.

Sección 3. Composición/información sobre los constituyentes

Composición

Número CAS	Componentes peligrosos	% m/m
497-19-8	Carbonato de sodio	99%

Sección 4. Primeros auxilios

- **Información general:** en caso de pérdida del conocimiento, nunca dar a beber ni provocar el vómito.
- **Contacto ocular:** Limpiar los ojos abiertos durante varios minutos con agua corriente. En caso de trastornos persistentes consultar un médico.
- **Contacto dérmico:** Lavar la piel inmediatamente con abundante agua durante al menos 15 minutos. Quítese la ropa y el calzado contaminados.
- **Inhalación:** Suministrar aire fresco. En caso de trastornos, consultar al médico.
- **Ingestión:** Consultar un médico si los trastornos persisten.

Efectos por exposición

- **Contacto ocular:** Irritaciones.
- **Contacto dérmico:** Irritaciones.
- **Inhalación:** Irritaciones en vías respiratorias.
- **Ingestión:** Irritaciones en mucosas de la boca, garganta, esófago y tracto intestinal.

Atención médica

- **Tratamiento:** No disponible.
- **Efectos retardados:** no disponible.
- **Antídotos conocidos:** No disponible.

Sección 5. Medidas de lucha contra incendios

- **Agentes extintores:** CO₂, polvo extintor o chorro de agua rociada. Combatir incendios mayores con chorro de agua rociada o espuma resistente al alcohol.
- **Equipo de protección para combatir fuego:** Mascarilla con suministro de oxígeno y ropa protectora para prevenir contacto con la piel y ojos.
- **Productos peligrosos por combustión:** Óxidos de carbono.



Sección 6. Medidas que deben tomarse en caso de vertido accidental

- **Precauciones personales, equipo protector y procedimiento de emergencia:** Evacuar o aislar el área de peligro.
- **Precauciones relativas al medio ambiente:** No permitir que caiga en fuentes de agua y alcantarillas.
- **Métodos y materiales para la contención y limpieza de vertidos:** Absorber con material inerte como arena o tierra. Recoger y depositar en contenedores con cierre hermético, cerrados, limpios, secos y marcados. Lavar con abundante agua el piso.

Sección 7. Manipulación y almacenamiento

- **Manipulación de recipientes:** Si se manipulan correctamente, no se requieren medidas especiales. Mantener estrictas normas de higiene, no fumar, beber, ni comer en el sitio de trabajo. Lavarse las manos después de usar el producto.
- **Condiciones de almacenamiento:** Exigencias con respecto al almacén y los recipientes: No se requieren medidas especiales. Normas en caso de un almacenamiento conjunto: No es necesario. Mantener el recipiente cerrado herméticamente.

Sección 8. Controles de exposición/ protección personal

Parámetros de control (valores límite que requieren monitoreo)

TWA	10 mg/m ³
STEL	15 mg/m ³

- **Condiciones de ventilación:** No disponible.
- **Equipo de protección respiratoria:** Si la exposición va a ser breve o de poca intensidad, colocarse una máscara respiratoria. Para una exposición más intensa o de mayor duración, usar un aparato de respiración autónomo.
- **Equipo de protección ocular:** Gafas de protección herméticas
- **Equipo de protección dérmica:** Selección del material de los guantes en función de los tiempos de rotura, grado de permeabilidad y degradación. El tiempo de resistencia a la penetración exacto deberá ser pedido al fabricante de los guantes. Este tiempo debe ser respetado.

Sección 9. Propiedades físicas y químicas

Estado físico	Polvo cristalino
Color	Blanco
Olor	Inodoro
Umbral olfativo	No disponible
pH	11,5 en solución acuosa al 1%
Punto de fusión	854°C
Punto de ebullición	Indeterminado
Tasa de volatilización	No disponible
Temperatura de autoinflamación	No aplica
Punto de inflamación	No aplica



Peligro de explosión	No aplica
Límites de explosión	No aplica
Presión de vapor a 20°C	No disponible
Densidad relativa de vapor (aire=1)	No disponible
Densidad relativa (agua=1)	2,533
Solubilidad en agua	212 g/L
Solubilidad en otros disolventes	Soluble en glicerol, insoluble en acetona.
Coefficiente de reparto n-octanol/agua (Log pow)	No disponible
Temperatura de descomposición	No disponible
Viscosidad	No disponible

Reactividad y estabilidad

- **Estabilidad:** Básico, no se descompone al emplearse adecuadamente.
- **Incompatibilidad:** Ácidos. Aluminio. Metales alcalinotérreos en polvo. Compuestos orgánicos de nitrógeno. Flúor. Metales alcalinos. Óxidos no metálicos y Calor.
- **Productos peligrosos de la descomposición:** CO, CO₂ y óxidos de sodio.
- **Productos de polimerización:** no ocurre.

Sección 11. Información toxicológica

- **Toxicidad agua:** compuesto poco contaminante del agua (1 según Clasificación Alemana).
- **Corrosión/irritación cutáneas:** Sí.
- **Lesiones oculares graves/irritación ocular:** Sí.
- **Sensibilización respiratoria o cutánea:** Sí.
- **Mutagenicidad en células germinales:** No.
- **Carcinogenicidad:** No.
- **Toxicidad para la reproducción:** No.
- **Toxicidad sistémica específica de órganos diana:** cutáneo.
- **Peligro por aspiración:** Sí.
- **Posibles vías de exposición:** dermal y respiratoria.
- **Efectos inmediatos:** irritación leve.
- **Efectos retardados:** irritación leve.
- **Efectos crónicos:** irritación leve.
- **LD/LC50:**

Oral (LD-50)	4000 mg/kg (rata)
Dermal (LD-50)	No disponible
Inhalativa (LC-50/4h)	2300 mg/m ³ 2h



Sección 12. Información ecotoxicológica

- **Toxicidad Acuática:** Clasificación Alemana de contaminación del agua: 1 (Compuestos poco contaminantes del agua).
 - **DBOs:** No disponible.
 - **Persistencia y degradabilidad:** Este material no está sujeto a biodegradación.
 - **Potencial de bioacumulación:** No se considera agente de bioacumulación.
 - **Movilidad en el suelo:** No disponible
- Otros efectos adversos:** Puede aumentar el pH de los conductos de agua y tener efectos adversos sobre la vida acuática

Sección 13. Información relativa a la eliminación de los productos

Se puede reutilizar o volver a procesar. Mida el pH de las soluciones para determinar las restricciones para su desecho. Desechar de acuerdo a las regulaciones apropiadas

Información de transporte

- **N° ONU:** 2789.
 - **Designación oficial de transporte de las Naciones Unidas** Etiqueta blanco y negro con el número 9 y la leyenda "misceláneo".
 - **Riesgos ambientales:** Puede generar irritación leves en grandes cantidades a los organismos con los que entre en contacto.
- Precauciones especiales:** No requiere manipulación especial.

Sección 15. Información sobre la reglamentación

Los desechos de los productos químicos están regulados por el Reglamento sobre las características y el listado de los desechos peligrosos industriales (Decreto N°27000-MINAE), el Reglamento para el Manejo de los Desechos Peligrosos Industriales (Decreto N° 27001-MINAE), y el transporte de los mismos está regulado por el Reglamento de transporte terrestre de productos peligrosos (Decreto 27008-MINAE). Este producto es considerado una sustancia esencial para la fabricación ilícita de drogas según la Lista 3 del artículo 51 del Reglamento General a la Ley Sobre Estupefacientes, Sustancias Psicotrópicas, Drogas de Uso no Autorizado, Legitimación de Capitales y Actividades Conexas (Decreto N°31684 –MP-MSP-H-COMEX-S).



Sección 16. Otras informaciones

Frases R:

R 36: Irrita los ojos.

Frases S:

S 2: Manténgase fuera del alcance de los niños.

S 22: No respirar el polvo.

S 26: En caso de contacto con los ojos, lávense inmediata y abundantemente con agua y acúdase a un médico.

Fecha de preparación de la hoja de seguridad: 22 de julio de 2011.

Versión: 1.1

Modificaciones respecto a versión anterior: 31 de mayo de 2016.



Anexo G. Hoja de Seguridad del Litargirio

HDMS_0210

DERIPLOM

Página 1 de 6
Rev. 5 octubre 2014

MATERIAL SAFETY DATA SHEET LITARGIRIO CANARIO

1. IDENTIFICACION DEL PRODUCTO Y DEL PROVEEDOR

Nombre comercial : LITARGIRIO CANARIO

Nombre químico : MONOXIDO DE PLOMO

Usos : En fabricación de fritas y esmaltes, como estabilizante de PVC y plásticos en general, etc.

Símbolo químico : Pb O

Oficinas Comerciales
Blanco Encalada 3277. B1824JEW
Lantús Este. Buenos Aires, Argentina

Planta Industrial
Blanco Encalada 3277. B1824JEW
Lantús Este. Buenos Aires, Argentina

Teléfono +54 (11) 4246-5793 / Fax +54 (11) 4230-8693
info@deriplom.com.ar - deriplom@deriplom.com.ar

CENTRO NACIONAL DE INTOXICACIONES

Línea Gratuita Nacional: 0.800.333.0160 Teléfonos : (011) 4654.6648 / (011) 4658.7777
GUARDIA 24 HORAS Adultos y Niños

2. IDENTIFICACION DE LOS PELIGROS GHS

CLASIFICACION	Toxicidad aguda por ingestión Categoría 3	Toxicidad aguda por inhalación Categoría 3	Carcinogenicidad 2	Toxicidad para la reproducción 2
Pictogramas del SGA				
Palabra de advertencia	Peligro	Peligro	Atención	Atención
Indicación peligro	H301 Tóxico en caso de ingestión	H331 Tóxico si se inhala	H351 Susceptible de causar cáncer	H341 Susceptible de provocar defectos genéticos
Consejo de prudencia prevención	P270- P264- P272	P260-P263- P271	P201-P202-P260- 270- P280	P201-P202-P260- 270-P280
Consejo de prudencia intervención	P301*P310 - P312	P304+P312+P340-	P308+P313	P308+P313
Consejo de prudencia almacenamiento	P404	*	P401 (lejos de alimentos y/o bebidas)	*
Consejo de prudencia eliminación	P501	*	P501	*
* No exigido				

MEDIO AMBIENTE ACUATICO -PELIGRO A LARGO PLAZO	
CLASIFICACION	Categoría 3
Pictogramas del SGA	
Palabra de advertencia	Peligro
Indicación peligro	H411 Toxico para organismos acuáticos con efecto nocivos duraderos



PROGRAMA CUIDADO RESPONSABLE DEL MEDIO AMBIENTE ®

Consejo de prudencia prevención	P273
Consejo de prudencia intervención	P391
Consejo de prudencia almacenamiento	*
Consejo de prudencia eliminación	P501
* No exigido	

Otros



Salud 3
Inflamabilidad: 0
Reactividad: 0
Especial: N/A



Mantener alejado
de alimentos

3. COMPOSICION E INFORMACION DE LOS COMPONENTES

Nombre: Litargirio - Monóxido de plomo

INGREDIENTES	US-NIOSH RTECS.N°	US-OSHA 8-Hs AL	US-OSHA 8-Hs PEL	AGGIH 8-Hs TLV	WT. % (*)
PLOMO CAS N° : 1317-36-8	OF 7525000	0.03 mg/m ³	0.05 mg/m ³	0.05 mg/m ³	90.0 – 98.9

Nota: (*) : Aleación, dependiente específico. - NE: No establecido. - NA: Nivel de acción
LEP : Limite de exposición permisible - VLU: Valor límite de Umbral.

N° CAS : 1317-36-8
ONU: 3288
EC-No : 215-267-0
Símbolo: T (Tóxico), N (Peligroso para el medioambiente).
Frases R: 61-62-20/22-33-50/53

4. MEDIDAS DE PRIMEROS AUXILIOS

Inhalación: Retirar de la exposición. Puede causar irritación en la parte superior de la garganta y pulmones, dolor de pecho. Recurrir inmediatamente a la atención médica. Si el proceso respiratorio se detiene comenzar de inmediato la resucitación.

Ingestión: Causará en casi la totalidad de los casos irritación gastrointestinal aguda, pérdida del apetito, mareos y anemia. Inducir vómitos únicamente en un estado consciente y no convulsivo. Obtener atención médica calificada.

Ojos: El polvo actúa como agente externo y puede ocasionar irritación. Usar agua para remover las partículas. Obtener asistencia médica.

Piel: El polvo puede irritar la piel. Lavar con jabón y agua. Si la irritación persiste obtener atención médica.

5. MEDIDAS CONTRA INCENDIO

El producto NO ES COMBUSTIBLE.

En caso de incendio, los óxidos de plomo pueden presentarse como polvo o gas.

1.- **Medios de extinción:** Utilizar agua en espray, CO₂, espuma, o un extintor de polvo inerte.
Evitar la utilización de productos halógenos en la extinción de incendios próximos.



PROGRAMA CUIDADO RESPONSABLE DEL MEDIO AMBIENTE ®



2.- **Equipos de protección:** Evitar la inhalación de polvo y humos tóxicos, si es posible, mediante la utilización de equipos de respiración autónomos.

6. MEDIDAS EN CASO DE VERTIDO ACCIDENTAL

1.- **Precauciones para la protección personal:** Tener cuidado con el polvo. Evitar su manipulación con las manos desprovistas de guantes, y utilizar mascarillas antipolvo. Mantener alejadas a las personas que no dispongan de la protección adecuada.

2.- **Protección del medio ambiente:** Los residuos y el material contaminado se deben depositar en un contenedor debidamente señalado, para prevenir la contaminación del suelo, del alcantarillado y de las aguas superficiales.

3.- **Métodos de Limpieza:** Limpiar inmediatamente con materiales absorbentes o húmedos, o utilizando la aspiración mecánica, depositando el material en un contenedor adecuado. Cuidado con el polvo.

7. MANIPULACION Y ALMACENAMIENTO

1.- Manipulación:

Prevenir la acumulación de polvo y tener cuidado con respirar polvo.

Se deben manipular según las normas expuestas anteriormente y utilizando métodos de ventilación y extracción adecuados.

Mantener alejado de los niños y de su medio ambiente.

2.- Almacenamiento:

Se almacenará a temperatura ambiente en zonas debidamente señalizadas y en recipientes ó contenedores cerrados, aislados de la humedad, de ácidos ó material inflamable.

También se mantendrá alejado de alimentos, bebida.

8. CONTROLES DE EXPOSICION Y PROTECCION PERSONAL

C.M.P.: 0,05 mg/ m³ - TLV-TWA: 0,05 mg/ m³ (ACGIH)

En la actualidad la IARC a listado al plomo y sus compuestos inorgánicos en el **Grupo 2B**.
Posible carcinógeno para el hombre.

Índice Biológico de Exposición

- Plombemia Valor normal: < a 30 mcg/100 ml de sangre. Actualmente la ACGIH ha fijado el Índice Biológico de Exposición en 30 mcg/100 ml de sangre.
- Protoporfirinas libres Valor normal: < 75 mcg/100 ml de hematies. Índice Biológico de Exposición: hasta 300 mcg/100 ml de hematies.
- Acido delta-amino-levulinico Valor normal: < a 4,5 mg/g de creatinina. Índice Biológico de Exposición: 10 mg/g de creatinina

Conducta a adoptar de acuerdo a los resultados de los exámenes periódicos:

- **Plombemia < a 30 mcg/100 ml, y/o ALA-U < a 10 mg/g. de creatinina o PPE < a 300 mcg/100 ml.**
 - a) Control semestral
- **Plombemia de 30 a 60 mcg/100 ml, y/o ALA-U 10 a 15 mg/g. de creatinina. o PPE > a 300 mcg/100 ml.**
 - a) Evaluación del medio ambiente laboral y corrección de falencias que condicionan la exposición al contaminante.
 - b) Educación del trabajador sobre normas de higiene y protección personal
 - c) Control trimestral hasta normalización de los valores.
 - d) Luego, control semestral.
- **Plombemia de 60 a 80 mcg/100 ml, y/o ALA-U > a 15 mg/g. de creatinina., o PPE > a 300 mcg/100 ml**
 - a) Proceder de acuerdo a la normativa vigente en materia de enfermedades profesionales.

PROTECCION PERSONAL

Protección Respiratoria: Uso semimáscara con filtro para particulado de polvo tóxicos

Guantes Protectores: De uso general para manipuleo de metales pesados.

Protección Ocular: Gafas protectoras o antiparras son recomendadas alrededor de la fundición de metales en donde existe una elevada concentración de polvo y contaminantes.

Ventilación: Se requiere ventilación mecánica localizada para polvo- humo.

No permitir comer o tomar alimentos o fumar mientras se manipula el material o en el área de proceso de trabajo.



La ropa de trabajo debe permanecer en un área designada a la contaminación y nunca ser llevada a la casa ni tampoco lavada con la ropa personal.
Lavarse las manos, brazos y cara antes de comer, fumar o tomar líquidos. Una buena higiene personal es muy importante.

Pictogramas de seguridad de la unión Europea (Directiva 92/58/CEE del 24 junio 1992



Protección obligatoria de las vías respiratorias



Protección obligatoria de las manos



Protección obligatoria del cuerpo



Protección obligatoria de la cara



Protección obligatoria de los pies

9. PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS

- a) Apariencia Color: Amarillento. Aspecto: Polvo.
- b) Olor: Inoloro
- c) pH: 5-6 (50g/1)
- d) P. fusión: 885 °C
- e) P. ebullición: 1470 °C
- f) Punto inflamación : N/A
- g) Limite superior e inferior de. inflamabilidad : Sólido No Inflamable y No Explosivo
- h) Presión : 20 mmHg a 1134 °C
- i) Coeficiente de partición en n-octanol/ agua : sin datos disponibles
- j) Densidad: 9,5 gr/ml
- k) Solubilidad: 17.2 mg/l agua 20 °C. (Prácticamente insoluble)
- l) Soluble en : ácido acético, ácido nítrico con H₂O₂, álcalis caliente

10. ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD

No se descompone en condiciones adecuadas de almacenamiento, descritas anteriormente.

1.- **Condiciones a evitar:** Que se produzcan polvos ó vapores sin disponer de la ventilación adecuada.

2.- **Materiales a evitar:** Ácidos y Álcalis.

3.- **Productos de descomposición peligrosos:** Emisión de vapores de plomo a temperaturas superiores a 1.470 °C

11. INFORMACIÓN TOXICOLOGICA

Toxicidad Instantánea:

Concentración	Tipo	Unidades	Especies	Bibliografía
DL ₅₀	oral	> 10.000 mg/Kg	rata	bibliografía
DL ₅₀	i.p	17700 mg/kg	ratón	bibliografía
DL ₅₀	i.p	220 mg/Kg	cerdo de guinea	Merck
DLLo	i.p	430 mg/kg	rata	bibliografía

Test de sensibilización piel (conejos): 100 mg/24h: leve

Irritación Primaria:

Piel: No irritante (conejo)

Ojo: No irritante (conejo)

EFFECTOS POR SOBREEXPOSICION



PROGRAMA CUIDADO RESPONSABLE DEL MEDIO AMBIENTE ®



Sobre-exposición Aguda: Sucede cuando se absorbe una alta cantidad de tóxico en un corto periodo de tiempo. Esta puede ocasionar una condición denominada encefalopatía que evoluciona con resultados de ataques de epilepsia y a menudo muerte.

Sobreexposición crónica: Ocurre con la lenta y continua absorción del tóxico en un prolongado periodo de tiempo.

La Sobreexposición crónica al **plomo**, puede afectar ciertas funciones vitales del cuerpo como también dañar algunos órganos. Sobre las partes afectadas por el **plomo** están la sangre, el tracto gastrointestinal, el sistema nervioso, los riñones y el sistema reproductor

Toxicidad en las mujeres: Las mujeres embarazadas ó en edad de procrear deberán someterse a controles médicos más estrictos. Deberán alejarse de las zonas afectadas por el plomo, durante el periodo de gestación y lactancia.

Possible carcinógeno para el hombre. Grupo 2B

12. INFORMACIÓN ECOTOXICOLÓGICA

Ecotoxicidad: Bacterias (*Ps. putida*) (Pb) = 1,4 mg/l; Clasificación : Extremadamente tóxico.
Algas (*Sc. quadricauda*) (Pb) = 3,7 mg/l; Clasificación : Extremadamente tóxico.
Algas (*M. aeruginosa*) (Pb) = 0,45 mg/l; Clasificación : Extremadamente tóxico.
Protozoos (*E. sulcatum*) (Pb) = 0,02 mg/l; Clasificación : Extremadamente tóxico.
Protozoos (*U. parduczi*) (Pb) = 0,07 mg/l; Clasificación : Extremadamente tóxico.
Crustáceos (*Daphnia Magna*) (Pb) = 2,5 mg/l; Clasificación : Extremadamente tóxico.
Peces (*Salmo gairdneri*) (Pb) = 0,14 mg/l; Clasificación : Extremadamente tóxico.
Peces (*Leuciscus Idus*) (Pb) = 546 mg/l; Clasificación : Altamente tóxico.
Test EC50 (mg/l):

Riesgo para el medio acuático = Alto

Riesgo para el medio terrestre = Medio

Degradabilidad:

DBO5/DQO Biodegradabilidad: Sin información

Degradación abiótica según pH: Sin información

Movilidad en el suelo : Si información

Potencial de bioacumulación : Si información

No permitir su incorporación al suelo ni a acuíferos. Producto contaminante del agua.

13. CONSIDERACIONES DE DISPOSICION FINAL

Los residuos deben ser dispuestos como residuos peligrosos de acuerdo a la legislación y/o reglamentación local, provincial o nacional vigente.

Corriente de desecho Y) 31 (plomo, compuesto de plomo)

Los envases contaminados deberán tratarse como el propio producto contenido.

14. INFORMACION PARA EL TRANSPORTE

Terrestre (ADR) : Sólido tóxico inorgánico, N.E.P.

Información relativa al transporte

Denominación técnica:

ONU: 3288 Clase: 6.1 Grupo de embalaje: III

Marítimo (IMDG) : Denominación técnica: Sólido tóxico inorgánico, N.E.P.

ONU: 3288 Clase: 6.1 Grupo de embalaje: III. Contaminante marino : SI

Aéreo (ICAO-IATA) : Denominación técnica: Sólido tóxico inorgánico, N.E.P.

ONU: 3288 Clase: 6.1 Grupo de embalaje: III

15. INFORMACION REGULATORIA



PROGRAMA CUIDADO RESPONSABLE DEL MEDIO AMBIENTE ®



DERIPLM

Página 6 de 6
Rev. 5 octubre 2014

SOLAS Capítulo VII transporte de mercancías peligrosas.
MARPOL Anexo III transporte de las sustancias perjudiciales transportadas en bultos
IMDG Código Marítimo Internacional de Mercancías Peligrosas
REGINAVE Título 4 Capítulo 14 (Prefectura Naval Argentina)
Argentina : Ley 25.841 Apruébase un Acuerdo Marco sobre Medio Ambiente del MERCOSUR, suscripto en Asunción
Pcia Buenos Aires : Decreto N° 3395/96. Reglamento de la Ley N° 5965
E.E.U.U. : Lista de Prioridad de Sustancias Peligrosas bajo la Ley de Responsabilidad, Compensación y Recuperación Ambiental (CERCLA) (Comprehensive Environmental Response Compensation and Liability Act,)
Canada : WHMIS Lists - Hazardous Products Act (HPA)
Convenio de Basilea 1989
Unión Europea : ECHA UE Información sobre sustancias químicas

16. OTRAS INFORMACIONES

Esta Hoja de Seguridad es ofrecida únicamente para su información, consideración e investigación Industrias Deriplom S.A. no proporciona garantías, de ningún tipo, y no asume responsabilidad alguna por la precisión detallada en este documento. La Hoja de Seguridad se relaciona únicamente con este producto y no con la combinación del mismo con otros o de los procesos implícitos en dicha realización



PROGRAMA CUIDADO RESPONSABLE DEL MEDIO AMBIENTE ®



Anexo H. Hoja de Seguridad del Carbonato de Calcio.

Página: 1 de 5
557-53-

HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD DEL MATERIAL

Fecha de Revisión: 06/09/2017

I. INFORMACION GENERAL

Fabricante: **SURQUIMICA S.A.**
Calle 38, contiguo al cementerio La Uruca
San José, Costa Rica, Centro América

Tel Información: (506) 2211-3800
Fax: (506) 2257-2028

Teléfono de emergencia: **CHEMTREC: 1-800-424-9300 (USA)**
703-527-3887

SURQUIMICA S.A.: (506) 2211-3911

Nombre de Producto:
CARBONATO DE CALCIO (016/180/320/325/600)

Códigos de Producto:

53016000K01, 53016000K25, 53016000K40, 53016000K50, 53208000BG1, 53180000K01,
53180000K25, 53320000K25, 53325000BG1, 53325000K01, 53325000K25, 53325000K40,
53325010BG1, 53325010K25, 53325010K40, 53600000BG1, 53600000K24, 53600000K25,
53600000k40

Número CAS: 1317-65-3

Descripción del producto: Carbonato de calcio natural

Composición del producto: Carbonato de calcio > 96 %

II. INGREDIENTES PELIGROSOS

Este producto no contiene ingredientes peligrosos en porcentajes superiores al 1%.

Este producto no contiene ingredientes catalogados como cancerígenos, mutagénico o teratogénicos de acuerdo con la IARC en concentraciones superiores al 0,1%.

El contacto prolongado puede originar a irritación

III. RIESGOS PARA LA SALUD

Resumen general de emergencia: no posee efectos peligrosos significativos.

Ingestión: No tóxico, pero la ingestión de grandes cantidades puede provocar la obstrucción intestinal y/o constipación.



Contacto dérmico: Repetida o prolongada exposición puede tener un efecto de reseca la piel, que podría manifestarse desde una ligera irritación hasta dermatitis en personas predispuestas.

Inhalación: La inhalación de polvo puede reseca las fosas nasales y garganta, irritación nasal y/o estornudos.

Contacto con los ojos: Irritación leve y reseca

Rutas primarias de ingreso: Contacto con la piel, inhalación, contacto con los ojos.

IV. PRIMEROS AUXILIOS

Ingestión: Nunca debe administrarse nada por la boca a una persona inconsciente. Lavar la boca con agua y después beber agua abundante.

Inhalación: No se requieren medidas especiales de auxilio. En caso asfixia salir al aire libre.

Contacto dérmico: Lávese inmediatamente con jabón y agua abundante.

Contacto ocular: Si el material cae en los ojos, enjuagarlos inmediatamente con agua durante 15 minutos. Consultar a un médico.

V. RIESGOS DE FUEGO Y EXPLOSIÓN

Punto de flama (°C): No inflamable

Límites de inflamabilidad en % volumen: LIE: N.A.; LSE: N.A.

Agentes extintores recomendados: No aplica, producto no inflamable

Peligros por explosión y fuego: Ninguno

Procedimiento contra incendio: Ninguno

Productos peligrosos por combustión: Ninguno

VI. PROCEDIMIENTO ANTE UN DERRAME Y FUGA

En caso de derrame o fuga: Evitar la formación de polvos. Formar un dique para evitar la entrada en cualquier alcantarilla o vía de agua. Transferir el sólido a un recipiente de retención.

Eliminación de desechos: No tirar los residuos por el desagüe. Si no se puede reciclar, elimínese conforme a la normativa local.

VII. MANIPULACION Y ALMACENAMIENTO

Instrucciones de manipulación: No se requiere consejo de manipulación especial. Evite la formación de polvos. Manipular con las precauciones de higiene industrial adecuadas, y respetar las prácticas de seguridad. No dejar que el producto entre en el sistema de alcantarillado.

Almacenamiento: Conservar en un lugar seco. Manténgase el recipiente bien cerrado. No almacene cerca de ácidos fuertes.



VIII. PROTECCION PERSONAL

Ventilación: Se recomienda proveer de ventilación adecuada.

Protección respiratoria: Se recomienda utilizar equipo respiratorio (NIOSH/MSHA) para evitar la inhalación de partículas.

Protección dérmica: Se recomienda el uso guantes desechables de PVC y ropa de protección.

Protección ocular: Se recomienda el uso gafas protectoras con cubiertas laterales

IX. PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS

Color: Blanco	Densidad, valor más bajo según color, (g/mL): 2.43
Forma/Apariencia: Polvo granulado	Densidad, valor más alto según color, (g/mL): 2.70
Olor: Sin olor	pH: 8.5-9.5
% Volátiles (p/p): N.A.	Punto de flama (° C): No inflamable
Densidad de vapor (aire = 1.0): N.A.	V.O.C. (g/L): N.A.
Solubilidad en agua: Insoluble	

X. ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD

Estabilidad: Estable

Riesgo de polimerización peligrosa: No

Incompatibilidad: Ácidos fuertes; metales: magnesio, aluminio; halógenos: flúor, hidrógeno.

Productos de la descomposición térmica: No Información.

XI. INFORMACION SOBRE TOXICOLOGIA

<u>Componente Peligroso</u>	<u>No CAS</u>	<u>Oral DL50</u>
Carbonato de Calcio	1317-65-3	>5000 mg/kg

XII. INFORMACION SOBRE ECOLOGIA

No se tienen estudios eco-tóxicos como producto final. Por no tener datos como puede actuar sobre la ecología, se recomienda evitar el ingreso a las aguas superficiales y/o subterráneas. No se conocen ni esperan daños ecológicos bajo uso normal.

XIII. DISPOSICION FINAL DEL PRODUCTO

Disposición: No tirar los residuos por el desagüe. Si no se puede reciclar, elimínese conforme a la normativa local.



XIV. TRANSPORTE

IATA/IMDG:

Nombre de embarque: No regulado

Número UN: No regulado

Clase: No Regulado

Grupo de embalaje: No Regulado

No regulado como material peligroso para transporte terrestre en los Estados Unidos (DOT) o Canadá (TDG)

XV. INFORMACION REGULATORIA

Regulación Nacional:

No Información.

Otras regulaciones:

No Información.

XVI. OTRA INFORMACION

Productos incluidos en esta hoja de seguridad (identificados por su código): 53016000K01, 53016000K25, 53016000K40, 53016000K50, 53208000BG1, 53180000K01, 53180000K25, 53320000K25, 53325000BG1, 53325000K01, 53325000K25, 53325000K40, 53325010BG1, 53325010K25, 53325010K40, 53600000bg1, 53600000K24, 53600000k25, 53600000k40

Sistema de Información de Material Peligroso: HMIS (Hazardous Material Information System)

Salud: 1 - Leve
Inflamabilidad: 0 - No Inflamable
Reactividad: 0 - Ningún peligro
Protección Personal: E

Asociación Nacional de Protección contra el Fuego: NFPA

Salud: 1 - Leve
Inflamabilidad: 0 - No Inflamable
Reactividad: 0 - ningún peligro
Especial: __Snfpa__

Los valores de HMIS y NFPA implican las interpretaciones de los datos, que pueden variar de compañía a compañía, su objetivo es permitir una identificación rápida y general de la magnitud del peligro específico. A fin de manejar este producto en forma segura se debe tener en cuenta la totalidad de la información contenida en esta hoja de seguridad.

Nota: El destinatario debería tratar de que esta hoja de seguridad sea enviada hacia cualquier transportador o usuario eventual de nuestro producto. La información ofrecida en esta hoja de seguridad está basada en datos suministrados por nuestros proveedores y datos determinados en nuestra planta, aun cuando hemos considerado ser fiables con la información, el producto es vendido para ser usado con un propósito definido. SURQUIMICA S.A. no asume