

UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACÁDEMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS



**“ANÁLISIS DEL INCREMENTO DE LA OXIDACION DE SULFUROS CON
ALTO CONTENIDO DE ORO, PARA MEJORAR LA RECUPERACIÓN
METALÚRGICA EN EL CENTRO MINERO MINASPATA PACHACONAS-
ANTABAMBA-APURIMAC 2014”**

TESIS

PRESENTADO POR

BACH. JOSÉ ANTONIO MALPARTIDA PERALTA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE

INGENIERO DE MINAS

ABANCAY - PERÚ

2019



UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACÁDEMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS



TESIS

“ANÁLISIS DEL INCREMENTO DE LA OXIDACIÓN DE SULFUROS CON
ALTO CONTENIDO DE ORO, PARA MEJORAR LA RECUPERACIÓN
METALÚRGICA EN EL CENTRO MINERO MINASPATA PACHACONAS-
ANTABAMBA-APURIMAC 2014”.

Presidente:

Ing. Edgar Crispín Huacac Farfán

Primer miembro:

Ing. Walquer Huacani Calsin

Segundo miembro:

Ing. José Adolfo Cárdenas Catalán

Asesor:

Ing. Darío Sánchez Castillo

**“ANÁLISIS DEL INCREMENTO DE LA OXIDACIÓN DE SULFUROS CON
ALTO CONTENIDO DE ORO, PARA MEJORAR LA RECUPERACIÓN
METALÚRGICA EN EL CENTRO MINERO MINASPATA PACHACONAS-
ANTABAMBA-APURÍMAC 2014”.**

Esta publicación está bajo una licencia Creative Commons



Reconocimiento: Se permite el uso comercial de la obra, pero no la generación de obras derivadas

AGRADECIMIENTO

A dios por permitirme llegar a estas instancias, a mi padre José Malpartida Solís Q.E.P.D. por todo el apoyo que me brindo de la misma forma a todas las personas que de alguna u otra forma me dieron su apoyo.



DEDICATORIA

Este trabajo donde finalizo una etapa de mi vida es solo para comenzar una nueva etapa de retos y más aun de sacrificios.

Tengo presente siempre el apoyo incondicional de parte de mi padre y madre Q.E.P.D. para poder llegar a estas instancias, y así mismo a dios todopoderoso que no desampara a sus hijos.



INDICE DE CONTENIDO

INTRODUCCION.....	1
RESUMEN	2
ABSTRACT	3
CAPÍTULO I.....	4
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	4
1.1. DESCRIPCION DEL PROBLEMA	4
1.2. ENUNCIADO	5
1.2.1. GENERAL.....	5
1.2.2 ESPECIFICO	5
1.3. OBJETIVOS.....	5
1.3.1. GENERAL.....	5
1.3.2. ESPECIFICOS.....	5
1.4. JUSTIFICACION.....	6
1.5. LIMITACIONES.....	6
CAPÍTULO II.....	7
MARCO TEORICO	7
2.1. ANTECEDENTES	7
2.2. MARCO REFERENCIAL.....	8
2.2.1. TIPO DE EMPRESA.....	8
2.2.2. UBICACIÓN.....	8
2.2.3. EQUIPOS Y HERRAMIENTAS:.....	9
2.2.4. ACCESIBILIDAD	9
2.2.5. ANTECEDENTES.....	11
2.2.6 ORGANIZACIÓN	12
2.2.6.1. ORGANIGRAMA EMPRESARIAL 2014 EMPRESA MINERA AMAPA S.R.L	12
2.2.7. COMERCIALIZACIÓN	12
2.2.8. ASPECTOS AMBIENTALES.....	13
2.2.9. ASPECTOS GEOLOGICOS	13
2.2.9.1. GEOLOGIA LOCAL.....	14
2.2.9.2. GEOLOGÍA REGIONAL.....	14
2.2.9.3. ANALISIS ESTRUCTURAL	14
2.2.9.4. GEOMORFOLOGIA	15
2.2.9.5. MINERALIZACIÓN	15
2.3. DEFINICION DE TERMINOS.....	16
2.3.1. TRABAJOS PRELIMINARES EN EL USO DEL OZONO	16



2.3.2. PROPIEDADES FISICO -QUIMICOS DEL OZONO	16
2.3.2.1. APLICACIONES GENERALES DEL OZONO	19
2.3.2.2. ESTUDIOS PRELIMINARES DEL USO DEL OZONO EN LA OXIDACION DE MINERALES SULFURADOS.	20
2.4. TIPO Y NIVEL DE LA INVESTIGACION.....	23
2.4.1. EL OZONO Y SUS PROPIEDADES PARA EL USO EN LA METALURGIA ..	24
2.4.2. PRODUCCIÓN DEL OZONO	24
2.4.3. APLICACIÓN DEL OZONO EN LA OXIDACIÓN DE SULFUROS.....	24
2.4.4. PRODUCCIÓN DE OZONO PARA LOS TRABAJOS PRELIMINARES	24
2.5. MÉTODO DE EXPLOTACIÓN DE LA MINA “AMAPA”	25
2.5.1. MINADO EN CORTE Y RELLENO CONVENCIONAL ASCENDENTE	25
2.5.2. OPERACIONES UNITARIAS DEL SISTEMA DE EXPLOTACION – BENEFICIO (AMAPA).....	26
2.5.3. PERFORACIÓN	26
2.5.4. EQUIPOS Y ACCESORIOS DE PERFORACIÓN	27
2.5.4.1. ACCESORIOS DE PERFORACIÓN	28
2.5.4.2. HERRAMIENTAS DE PERFORACIÓN	28
2.5.4.3. NÚMERO DE TALADROS.....	29
2.5.4.4. TIPO DE ARRANQUE UTILIZADO EN AMAPA	30
2.5.4.5. CALCULO DE PERFORACION EN EL SUB NIVEL 3778.....	31
2.6. EXPLOSIVOS Y ACCESORIOS UTILIZADOS EN VOLADURA.....	33
2.6.1. CALCULOS REALIZADOS EN VOLADURA.....	34
2.6.2. VENTILACIÓN.....	35
2.6.2.1. VENTILACIÓN NATURAL.....	35
2.6.2.2. VENTILACIÓN MECÁNICA	35
2.6.2.3. REGADO	36
2.6.2.4. DESQUINCHE O DESATADO DE ROCAS	36
2.6.2.5. LIMPIEZA Y ACARREO	36
2.6.2.6. CÁLCULO DE LIMPIEZA:.....	37
2.6.3. SOSTENIMIENTO	39
CAPÍTULO III	41
DISEÑO METODOLÓGICO	41
3.1 DEFINICIÓN DE VARIABLES	41
3.2. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	41
3.3. HIPOTESIS DE LA INVESTIGACION.....	42
3.3.1. HIPOTESIS GENERAL	42
3.3.2. HIPOTESIS ESPECÍFICO	42
3.4. TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACION	43
3.4.1. TIPO Y NIVEL DE LA INVESTIGACION	43
3.5. POBLACION Y MUESTRA.....	43
3.6. PROCEDIMIENTOS DE LA INVESTIGACION	43

3.7. MATERIAL DE INVESTIGACION	44
3.7.1. PRUEBAS DE ENTRADA PROCESO Y SALIDA DE LA INVESTIGACION	45
3.7.2. INSTRUMENTOS DE LA INVESTIGACION	45
CAPÍTULO IV.....	46
RESULTADOS	46
4.1. DESCRIPCION DE LOS RESULTADOS	46
4.2. INVESTIGACIÓN DEL PROCESO DE OXIDACIÓN DEL OZONO.....	46
4.3.1. CARACTERISTICAS DE LOS SULFUROS CON ALTO CONTENIDO DE ARSENOPIRITA	47
4.3.2. TRABAJOS PRELIMINARES EN EL USO DEL OZONO.....	48
4.3.3. CARACTERISTICAS DE LOS SULFUROS CON CONTENIDO DE ARSENICO	48
4.3.4. COMPORTAMIENTO DEL ARSENICO EN LOS PROCESOS METALURGICOS.....	48
4.3.6. CLASIFICACION DE LOS MINERALES REFRACTARIOS.....	49
4.4. OXIDACION DEL CIANURO CON EL OZONO.....	50
4.5. MATERIALES, EQUIPOS Y METODOS	52
4.5.1. MUESTRAS.....	52
4.5.2. MOLINO DE BOLAS	55
4.5.3. OZONIZADOR.....	56
4.5.4. MINICOMPRESORA.....	57
4.5.5. COLUMNA DE AIREACION	58
4.6. PARTE EXPERIMENTAL	60
4.7. ASPECTOS OPERACIONALES DEL PROCESO DE PRETRATAMIENTO	61
4.7.1. GENERALIDADES.....	61
4.7.2. DISEÑO DE UN PROTOTIPO DE PLANTA PILOTO DE OXIDACION DE SULFUROS CON OZONO	62
4.7.3. CONTROL DE PARAMETROS EN EL PROCESO DE OXIDACION.....	63
4.7.4. CONTROL DEL PROCESO	65
4.7.5. VARIABLES QUE INTERFIEREN EN EL PROCESO DE OXIDACION CON EL OZONO	66
4.8. INTERPRETACION Y ANALISIS	67
4.8.1. OBSERVACION DEL PRETRATAMIENTO	67
4.8.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACION.	68
4.8.3. PRINCIPIO DE LA OXIDACION CON OZONO EN LABORATORIO.....	68
4.8.4. INSTRUMENTOS DE LA RECOLECCION DE DATOS.....	68
4.8.5. CONFIABILIDAD.....	69
4.9. PROCESAMIENTO DE RECOLECCION DE DATOS.	71
CAPÍTULO IV.....	72
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	72

CONCLUSIONES	72
RECOMENDACIONES.....	74
MATRIZ DE CONSISTENCIA.....	78
ANEXOS	80

ÍNDICE DE FOTOGRAFIAS

Fotografía N°01: Buzamiento de veta.....	15
Fotografía N°02: Veta mineralizada.....	16
Fotografía N°03: Mineral oxidado.....	19
Fotografía N°04: Muestra de arsenopirita ensamble con pirita argentita.....	52
Fotografía N°05: Muestra de arsenopirita.....	53
Fotografía N°06: Muestra de arsenopirita y pirita.....	54
Fotografía N°07: Muestra A después de ser oxidada por método indirecto.....	54
Fotografía N°08: Muestra B después de ser oxidada por el método directo.....	55
Fotografía N°09: Molino de bolas.....	56
Fotografía N°10: Ozonizador.....	57
Fotografía N°11: Minicompresora.....	57
Fotografía N°12: Columna de aireación.....	59
Fotografía N°13: Circuito del proceso de oxidación con ozono.....	59
Fotografía N°14: Tobogán.....	81
Fotografía N°15: selección y ensacado de mineral.....	82
Fotografía N°16: Cancha de mineral.....	83
Fotografía N°17: Tolva con cuadro de madera.....	84
Fotografía N°18: Generador eléctrico.....	85
Fotografía N°19: Equipos y accesorios de perforación.....	86
Fotografía N°20: Compresora de 120 PSI.....	87



ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO N°01: Vista satelital de pachaconas.....	9
CUADRO N°02: Concesión minas minaspata.....	11
CUADRO N°03: Características de la máquina perforadora jackleg.....	27
CUADRO N°04: Modelos de máquinas perforadoras.....	28
CUADRO N°05: Distanciamiento de los taladros según dureza de la roca (I).....	29
CUADRO N°06: Distanciamiento de los taladros según dureza de la roca (II).....	29
CUADRO N°07: Datos de la perforación.....	31
CUADRO N°08: Cantidad de explosivos a usarse.....	34
CUADRO N°09: Tiempo de limpieza del frente.....	38
CUADRO N°10: Sistema de variables e índices.....	42

ÍNDICE DE DIAGRAMAS

Diagrama N°01: Organigrama de AMAPA.....	12
Diagrama N°02: Proceso de minado.....	26

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N°01: Principales formas resonantes de la molécula de ozono.....	17
Figura N°02: Sistema operacional de un ozonizador.....	26
Figura N°03: Preparación de bloques.....	26
Figura N°04: Opciones generales en el tratamiento de oxidación de sulfuros con contenido de arsénico,zinc,bismuto.....	47
Figura N°05: Diagrama del proceso de oxidación.....	60
Figura N°06: Esquema de un generador de ozono.....	62
Figura N°07: Esquema electrónico de un ozonizador.....	63

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N°01: La accesibilidad es posible a través del siguiente itinerario.....	10
Tabla N°02: Propiedades físicas generales del ozono.....	17
Tabla N°03: Relación Molar Ozono cianuro.....	51
Tabla N°04: Confiabilidad de resultados de prueba piloto.....	71
Tabla N°05: Control de longitud de avance en la labor principal y tajeo (mes de noviembre).....	77
Tabla N°06: Controles de factor de carga de la labor principal.....	78
Tabla N°07: Producción del mes de febrero (toneladas).....	79



INTRODUCCIÓN

La creciente preocupación de, bajar costos de operación principalmente, por otro lado, en el desarrollo de tecnologías limpias en los procesos extractivos metalúrgicos, una alternativa atractiva es el uso de gases oxidantes donde el ozono aparece como uno de los principales, debido principalmente a su efecto de : controlar el potencial electroquímico oxidante en los procesos, y como degradante de residuos orgánicos presentes en dichos procesos, este trabajo da cuenta de las potencialidades del uso de este gas en la industria minera del cobre, (Cifuentes, et al 2014).

Asimismo se utilizan tecnologías convencionales como la aplicación de cloro y la ozonificación para la desinfección del agua, sin embargo para la presente tesis utilizaremos las grandes propiedades oxidantes que tiene el ozono.

Numerosos tratamientos pueden ser usados para la producción de los metales como el oro y plata, presentes específicamente en una mineralización netamente oxidada. Utilizando la lixiviación y como medio de disolución el solvente Cianuro, por su buena extracción de los metales, su fácil manejo y transporte, bajo costo.

Para nuestro estudio el yacimiento Minaspata que es materia de estudio, contiene una mineralización de minerales sulfurados tales como la Arsenopirita, Arsenopirita-Pirita con leyes sumamente apreciables de Au y Ag, los cuales se encuentran encapsulados en la matriz de estos minerales que tienen un comportamiento refractario.

En estos últimos la asociación del oro con sulfuros como pirita, arsenopirita y pirrotita, principales minerales huésped, puede llegar a niveles atómicos de manera que una gran proporción de los valores no pueden ser eficientemente extraídos. La presencia de materia carbonosa, arcillas, cianicidas, películas pasivantes, telurios y otros muchos factores pueden también propiciar la refractariedad de una mena (Yannopoulos, 1991).

Comúnmente, antes de poder cianurar eficientemente los metales preciosos las menas refractarias requieren de un pretratamiento oxidante. Los procesos de pretratamiento son caros de instalar y operar, así que para que las menas sean económicamente viables de procesar deben ser de alta ley (Michaelis, 1993).



RESUMEN

En Perú, como en la mayoría de los países, la mayor parte de los metales preciosos se obtiene de la cianuración de sulfuros. Cuando el oro se encuentra finamente diseminado en sulfuros tales como la pirita o pirrotita, generalmente se obtienen bajas recuperaciones (< 80 %) debido a las asociaciones oro-sulfuro que se dan a nivel atómico y que impiden la disolución del oro. En el caso de la plata, además de su complejidad mineralógica (existen más de 200 especies de plata), la presencia de pequeñas cantidades de sulfuro (10^{-7} M) provocan la reprecipitación de la plata como sulfuro. Generalmente, los minerales en los que los metales preciosos están asociados con sulfuros deben de ser oxidados en una etapa previa a la cianuración. Aun cuando el ozono es un oxidante con un alto poder de oxidación y con otras ventajas adicionales, hay muy poca información disponible acerca de su empleo en la lixiviación de sulfuros. Las muestras fueron tratadas mediante el proceso de oxidación con ozono seguida del proceso de remosion y lixiviación con cianuro.

Asimismo las muestras se sometieron al proceso de ozonización utilizando dos métodos de contacto: Directo e indirecto.

PALABRAS CLAVES: Ozono, Sulfuros, Mineral refractario de Au y Ag.



ABSTRACT

In Peru, as in most countries, most of the precious metals are obtained from the cyanidation of sulfides. When gold is finely disseminated in sulfides such as pyrite or pyrrhotite, low recoveries are generally obtained (<80%) due to the gold-sulfide associations that occur at the atomic level and prevent the dissolution of gold. In the case of silver, in addition to its mineralogical complexity (there are more than 200 species of silver), the presence of small amounts of sulfur (10^{-7} M) causes reprecipitation of silver as sulfur. Generally, minerals in which precious metals are associated with sulfides must be oxidized at a stage prior to cyanidation. Even though ozone is an oxidant with a high oxidizing power and with other additional advantages, there is very little information available about its use in sulphide leaching. This thesis presents the results obtained when two flotation tails containing gold and silver were treated by an oxidation process with ozone followed by cyanidation.

The minerals were subjected to the ozonation process using two methods of contact: direct and indirect.

KEYWORDS: Ozone, Sulfur, Au and Ag refractory mineral.



CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Diversos tratamientos pueden ser usados para la producción de los metales a partir de sus menas. En el caso de oro y gran parte de la plata, el método usado para su recuperación son principalmente el uso del cianuro y la flotación pero solo en menas con bajo contenido de metales penables, en caso de alto contenido de arsénico y otros como es el caso de algunas labores de pachaconas, se tendrá que hacer previamente un pretratamiento.

En países en el que la investigación sobre el uso de solventes diferentes a cianuro se remonta a muchos años atrás, los estudios recientes de lixiviación con tiourea sobre concentrados de oro conteniendo antimonio muestran altas recuperaciones del metal precioso. Lo anterior como resultado de que el antimonio tiene un efecto menos nocivo en la tiourea que en el cianuro. Asimismo, el uso de este lixivante a escala piloto para concentrados de sulfuros de plata: argentita, pirargirita y proustita, ha mostrado mejores recuperaciones y ventajas económicas con respecto al uso de cianuro (Levis, 1998; Lodeischikov, 2006). A pesar de estos resultados, es indiscutible que el cianuro se sigue empleando ampliamente en la extracción de oro y plata, y que las nuevas operaciones industriales están iniciando con el proceso de cianuración.



Casi invariablemente cuando el oro y plata están presentes en el mismo mineral son recuperados usando el mismo proceso; sin embargo, debido a diferencias básicas como concentración en la mena, tamaño de grano, número de especies, etc.

1.2. ENUNCIADO

1.2.1. GENERAL

¿De qué manera el pretratamiento en la oxidación de minerales sulfurados haciendo el uso del gas ozono podrá mejorar la recuperación metalúrgica?

1.2.2 ESPECIFICO

¿Cómo se incrementará las utilidades con la oxidación de los minerales sulfurados con alto contenido de arsénico?

¿Cómo se podrá explotar yacimientos de minerales refractarios?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. GENERAL

-Poder hacer viable la explotación de yacimientos que contienen altas concentraciones de (arsénico, Zinc, bismuto) para hacerlo usaremos el pre tratamiento con ozono en forma directa o indirecta.

1.3.2. ESPECÍFICOS

Lixiviar los minerales refractarios que interfieren con los procesos metalúrgicos tales como arsénico bismuto y zinc.

Hacer económicamente rentable la explotación del yacimiento mediante el pre tratamiento con ozono antes de ser enviado a la planta.



1.4. JUSTIFICACIÓN

Muchos de los minerales de oro y plata son refractarios a los procesos convencionales de extracción, lo cual hace difícil su recuperación. Una situación bastante común que da la Refractariedad de tales minerales, es la distribución del oro y plata en sulfuros de hierro, formados principalmente por las especies de pirita, arsenopirita o ambas a la vez.

Para liberar los metales preciosos contenidos en este tipo de minerales, es necesario realizar un tratamiento previo de oxidación de la matriz sulfurosa que permita el contacto directo de los metales con el reactivo de lixiviación.

De forma general, el proceso de cianuración es el más ampliamente utilizado para la extracción de oro y plata a partir de sus minerales. Este proceso convencional utiliza oxígeno

Que se encuentra en el aire como oxidante y al ion CN^- como agente complejante. Este método se basa en que el oro y la plata se disuelven fácilmente en una solución acuosa diluida de cianuro de sodio o de potasio, con relativa facilidad si se mantienen condiciones oxidantes favorables.

1.5. LIMITACIONES

a. limitación espacial

La delimitación espacial en la que se enfoca la tesis es: la difícil comercialización de minerales sulfurados u oxidados con alto contenido de arsénico.

b. limitación temporal

La investigación se llevó a cabo durante el periodo 2014-2015, años en el que se empezó a realizar las investigaciones propiamente dichas.

c. limitación de contenido

La investigación viene limitado por los cambios de variables en la investigación los cuales fluctúan dentro del proceso.



CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1. ANTECEDENTES

Este distrito de la provincia de Antabamba, pertenecía durante el virreinato al distrito de Oropesa, en su condición de curato y título de Partido. Posteriormente se le separó y se constituyó en el distrito de Pachaconas en virtud de que Pachaconas la capital, quedaba muy alejada de la capital del distrito Oropesa.

Entre los habitantes de Pachaconas hay algunos grupos de gente que trabajan y poseen lavaderos de oro, lagunillas explotables y cerros con buenas vetas de oro.

Pachaconas deriva de dos partes; una la es la raíz PACHA que significa TIERRA, y la otra CONAS cuyas estructura gramatical sería la forma del plural KUNA asimismo, PACHA (Glotalizada) significa ROPA.

El distrito fue creado por ley s/n del 20 de agosto de 1872, durante el periodo de gobierno de Manuel pardo y Lavalle.

Hay que mencionar que pachaconas se encuentra a una altura de 3849 msnm. Cuenta con una población aproximadamente de todo el distrito de 1112 habitantes, actualmente más del 80% de su población se dedica a la minería artesanal e informal.

2.2. MARCO REFERENCIAL



Se da a conocer en este capítulo los aspectos de alcances y limitaciones, tipo de empresa, equipos y herramientas, accesibilidad, antecedentes, organización organigrama empresarial 2014 empresa minera AMAPA S.R.L., comercialización aspectos ambientales, (flora, fauna), aspectos geológicos (geología local, geología regional, análisis estructural, geomorfología, mineralización).

2.2.1. TIPO DE EMPRESA

El “GRUPO MINERO AMAPA S.R.L” Es una empresa minera, que inicio sus Actividades el 27 Mayo 2009 y dedicada a la extracción de recursos metálicos especialmente del oro y conformado por una sociedad de mineros artesanales del Distrito Pachaconas, catalogada como pequeño productor Minero, actualmente está operando en la unidad “Minaspata 2004.

2.2.2. UBICACIÓN

El distrito de pachaconas, se encuentra enclavado a una altitud de 3449 msnm.

Código Ubigeo: 030306

03 APURIMAC

0303 ANTABAMBA

030306 PACHACONAS

Altitud: 3449 msnm

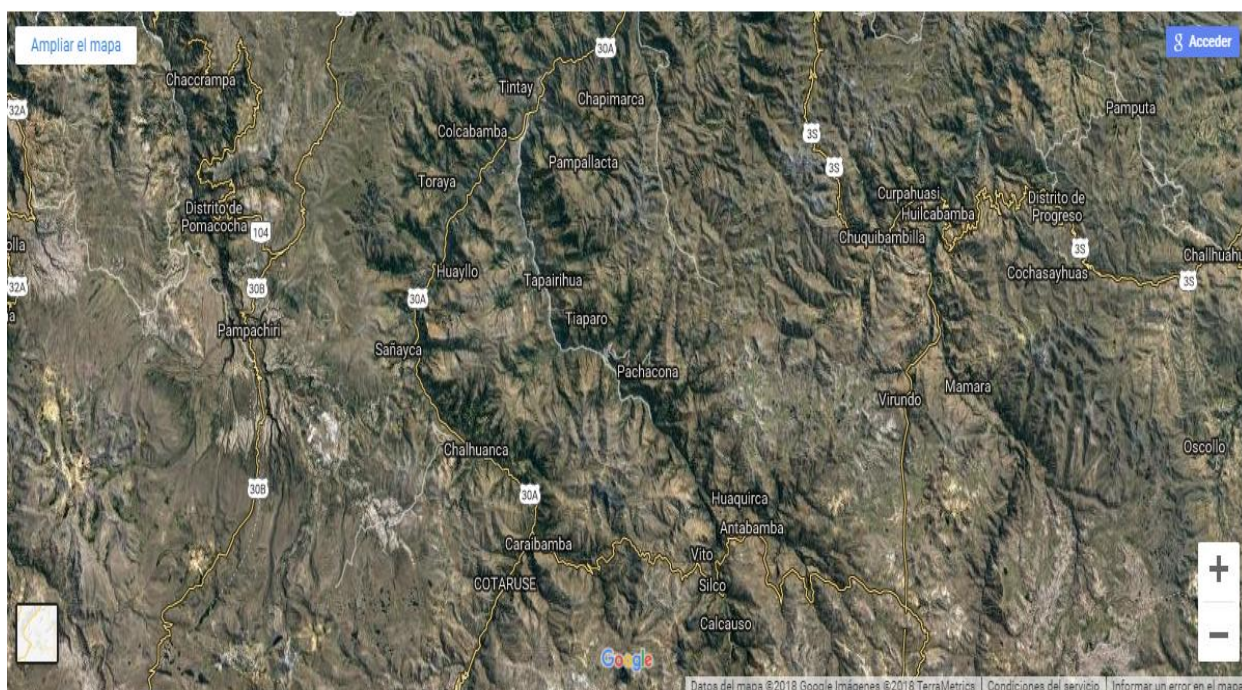
Latitud: 14°13'28" SUR.

Longitud: 73°00'53" OESTE.

Superficie: 226.73 Km²

Cuadro N°01: Vista satelital de Pachaconas





Fuente: Google Maps Apurímac.

2.2.3. EQUIPOS Y HERRAMIENTAS:

La empresa AMAPA S.R.L. cuenta con los siguientes equipos y herramientas:

- ❖ 4 Perforadoras Jack Leg ATLAS COPCO BBC-34W con sus respectivas barras de avance
- ❖ Una compresora (de 200 psi)
- ❖ Dos carritos mineros de con una capacidad de 800kg y 1tm
- ❖ 2 Grupos Electrónicos.
- ❖ 2 Máquinas Bosch de 2,5 kilowatts de potencia
- ❖ Brocas helicoidales de 3 y 4pies por 7/8 de pulgada.
- ❖ Cuatro juegos de barrenos integrales
- ❖ Equipos auxiliares (motosierras, carretillas, palas. Picos, combas, aceite, etc.
- ❖ Entre otros

2.2.4. ACCESIBILIDAD

El acceso es por la carretera Panamericana Sur ingresando por Nazca - Chalhuana, luego por carretera afirmada hasta Yanaca y desde ahí se sigue por Huancapampa a través de trocha Carrozable, continuando hacia Ayahuay, luego a Pachaconas y finalmente un tramo final de 3 kilómetros al Este para llegar a la mina.:

Tabla N°01: La accesibilidad es posible a través del siguiente itinerario

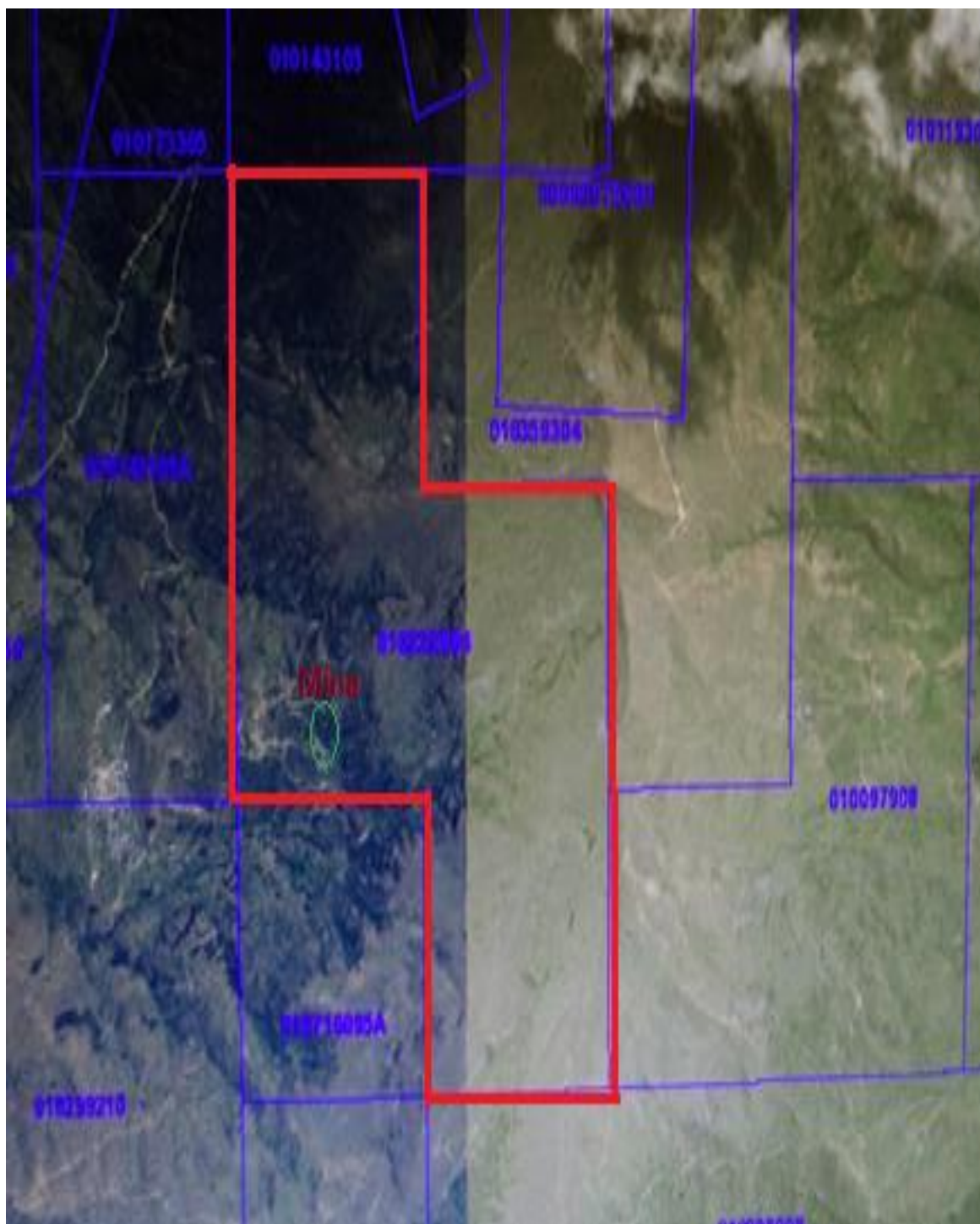
Tramo	Distancia (Km.)	Estado de la Vía
Lima – Santa Rosa	882.58	Asfaltado.
Santa Rosa – Ayahuay	59	Afirmada.
Ayahuay– Mina	06	Trocha Carrozable
Distancia Total	947.58	

Fuente:Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

Tramo	Distancia Km.	Estado de la Vía
Abancay-Santa Rosa	23	Asfaltada
Santa Rosa-Ayahuay	59	Afirmada
Ayahuay-Mina	06	Trocha
Distancia Total	128	

Fuente: propia

Cuadro N° 02: concesión mina Minas pata.



Fuente: Ingemet, zona 18L

2.2.5. ANTECEDENTES

Este distrito de la provincia de Antabamba, pertenecía durante el virreinato al distrito de Oropeza, en su condición de curato y título de Partido. Posteriormente se le separó y se constituyó en el distrito de Pachaconas en virtud de que Pachaconas la capital, quedaba muy alejada de la capital del distrito Oropeza.

Entre los habitantes de Pachaconas hay algunos grupos de gente que trabajan y poseen lavaderos de oro, lagunillas explotables y cerros con buenas vetas de oro.

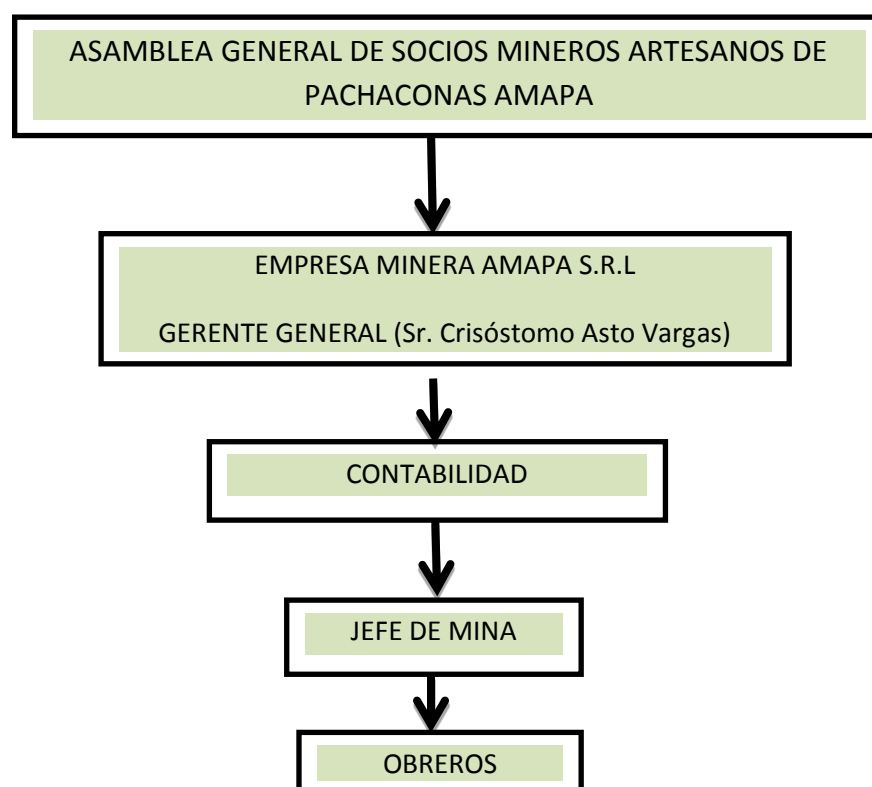
Pachaconas deriva de dos partes; una la es la raíz PACHA que significa TIERRA, y la otra CONAS cuyas estructura gramatical sería la forma del plural KUNA asimismo, PACHA (Glotalizada) significa ROPA.

2.2.6 ORGANIZACIÓN

La empresa minera a la fecha en que se realizó este trabajo de investigación estaba conformada de acuerdo al diagrama N° 01.

2.2.6.1. ORGANIGRAMA EMPRESARIAL 2014 EMPRESA MINERA AMAPA S.R.L

Diagrama N° 01: organigrama de AMAPA



Fuente: Organigrama de AMAPA S.R.L.

2.2.7. COMERCIALIZACIÓN

El sistema de comercialización es a pequeña escala. La extracción de mineral por cada día es variable, las leyes de oro de las vetas tipo rosario auríferos en la zona se presentan con una ley mínima de 0.64 onza-Au/t. y variaciones registradas de 1.12 onza-Au/t. las cuales dependen de la potencia del mineral y de las zonas de extracción.

El producto de beneficio de la mina es principalmente Oro, que se obtiene de las siguientes formas: minerales, pirita aurífera, arsenopirita (tipo de textura de exolución).

El mineral es transportado y vendido a la empresa LAYTARUMA bajo las condiciones de la misma.

2.2.8. ASPECTOS AMBIENTALES

2.2.8.1. Flora

El ecosistema de los bosques montañosos ubicados en la sierra del Perú se caracteriza, por la diversidad de especies de flora y fauna que constituyen conjuntamente con los minerales, los recursos naturales importantes en la cuenca del río Antabamba y de las quebradas afluentes.

La zona del proyecto se ha descrito abarcándolos diferentes biotipos existentes, la cobertura vegetal, diversidad de especies, es decir, de la riqueza presente en el área del proyecto.

La vegetación natural está conformada casi integralmente por pastos naturales y los suelos son de origen residuales, como producto de la meteorización físico-químico predominante en la zona.

En la zona de estudio se encuentran especies nativas importantes como se indica a continuación.

- ❖ **Pajonal:** Ichu, grava dulce
- ❖ **Semi-arbusto:** Chilcas, Eucalipto
- ❖ **Productos que cultivan:** Papa, Maíz, Haba, Quinoa, Cebada.

2.2.8.2. Fauna

Consideramos fauna al conjunto de especies animales de una determinada región, para el presente informe mencionamos las especies silvestres distribuidas dentro de la zona, que a continuación se mencionan. Especies encontradas dentro del Proyecto

Mamíferos: Zorro Andino, Ratón de Campo, Puma

Aves: Perdiz, Huallata

2.2.9. ASPECTOS GEOLOGICOS

La zona de estudio está constituida por fragmentos de rocas sedimentarias y volcánicas en una matriz de areniscas compuestas por granos de cuarzo con cemento de cericita y arcilla que pertenecen a la formación cachios del jurásico medio. La mayoría de estos depósitos son de cobre, plata, oro, plomo y zinc, que se localizan en las zonas de contacto entre las tonalitas y granodioritas con las calizas.



2.2.9.1. GEOLOGIA LOCAL

El estudio petrográfico clasifica a la roca como un micro conglomerado en el que se observan fragmentos de color gris oscuro en matriz de color gris claro. Gruesas venas con espesores que llegan a medir más de 7 milímetros y venillas rellenas con carbonatos que atraviesan la muestra cortando la vena de cuarzo y de minerales opacos.

La mineralización está relacionada con pequeños stock hipa bísales recientes y que consisten en vetas con rumbo N 80° E y buzamiento subvertical, asociados con oro, y sulfuros de cobre, plomo y zinc

Formación o rocas encajonantes son las rocas pizarras que son rocas generalmente suaves al cual va asociado el mineral en este caso la pirita esto es en la caja piso en la parte del techo tenemos a las cuarcitas

El afloramiento en superficie sigue una orientación de norte a sur
Se presentan alteraciones como la sericita.

2.2.9.2. GEOLOGÍA REGIONAL

A nivel de Apurímac se tienen rocas sedimentarias tectonizada cuyas edades son del pérmico inferior medio al pérmico superior.

Grupo Copacabana: aflora en los cerros puncajasa, milpo, pullumjoc, pucatoroyoc presentan un espesor de 2 metros con buzamiento de 25° SE. La serie está constituido por calizas y lutitas negras.

Regionalmente el proyecto se localiza dentro de una amplia franja de rocas sedimentarias clásticas y calcáreas del Mesozoico, conformado por areniscas del Grupo Yura del Cretaceo inferior, intruídas por rocas ígneas calcoalcalinas del Oligoceno Temprano que forman parte del Batolito de Abancay.

2.2.9.3. ANALISIS ESTRUCTURAL

En el área de estudio se ha determinado estructuras típicas de falla veta predominantemente 1) N-S /E, 2) N330°-345°E 3) N335°E. Con buzamientos de 65°-75°NE.



Fotografía N°01: Buzamiento de veta

Fuente: Elaboración Propia

2.2.9.4. GEOMORFOLOGIA

El relieve en general es bastante accidentado, con una configuración topográfica heterogénea con predominancia de elevaciones escarpadas, también áreas de origen fluvioglacial a partir de los 3 800 msnm. – 4 500 msnm. La zona es de superficie puna montañosa.

El modelo superficial del lugar de estudio es variado, en cuyas estribaciones altitudinales se aprecian accidentes geográficos con afloramientos rocosos, laderas, colinas, cuencas hidrográficas de fuerte pendiente, suelos inclinados y muy escasos suelos planos.

2.2.9.5. MINERALIZACIÓN

La mineralización del sector AMAPA, se hospeda en secuencias medias de areniscas de rumbo N100°E con buzamientos de 5-10°SE. Los cuales son afectados por fallas de Rumbo N-S, los

cuales controlan la mineralización de vetas conformada por cuarzo-pirita-calcopirita-argentita-calcita, denominando al principal elemento oro. Como el elemento predominante.

Fotografía N°2: veta mineralizada



Fuente: AMAPA

2.3. DEFINICION DE TERMINOS

2.3.1. TRABAJOS PRELIMINARES EN EL USO DEL OZONO

En condiciones normales algunos yacimientos de sulfuros tienden a sufrir un cambio por los procesos químicos ambientales convirtiéndolos en yacimientos supergenicos de óxidos y carbonatos, pero estos procesos en condiciones ambientales se dan en varios cientos de años, además esta oxidación y carbonatación del mineral no permite lixiviar los elementos que interfieren con los procesos metalúrgicos. Se ha comprobado que el ozono es un poderoso oxidante el cual interactúa con los sulfuros precipitando rápidamente su oxidación.

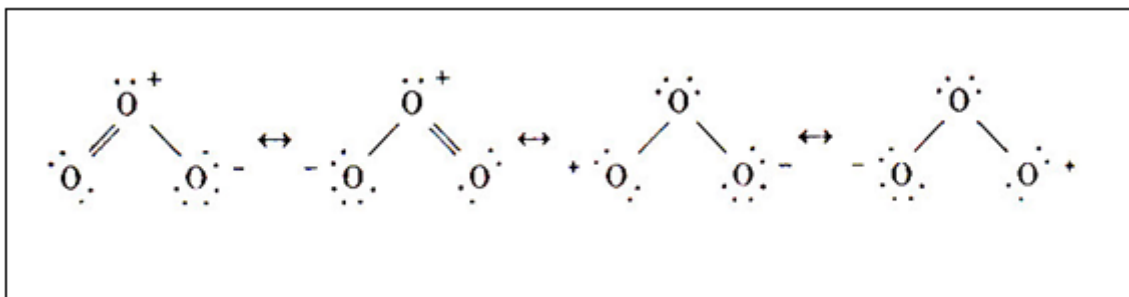
2.3.2. PROPIEDADES FISICO -QUIMICOS DEL OZONO

El ozono es una forma alotrópica del oxígeno de formula O_3 . La geometría es de tipo angular con un ángulo de enlace de $116^{\circ}49' \pm 30$ y una distancia: $O-O$ de 1.278 ± 0.003 esta incertidumbre

debida a la dificultad de preparar muestras de ozono libres de oxígeno. Los estudios espectrales son también complicados debido a la posibilidad de que la radiación incidente excite la molécula.

Su estructura molecular viene representada por varias formas resonantes:

Figura N° 01: Principales formas resonantes de la molécula de ozono.



Fuente: (E.Elorza-Rodriguez)

El ozono es un gas de color azul pálido irritante explosivo y toxico incluso a muy bajas concentraciones.es fácilmente detectable en el aire, así como en el aire que rodea a muchos de los aparatos eléctricos debido a su olor penetrante es muy característico.

El ozono es soluble en muchas sustancias formando soluciones estables o meta-estables. En agua es 14 veces más soluble que el oxígeno, pero forma una solución meta-estable que depende principalmente de la presión, temperatura así como la presencia de impurezas. Tales como cationes de metales pesados y óxidos metálicos. De ahí la variedad de valores bibliográficos para la solubilidad del ozono.

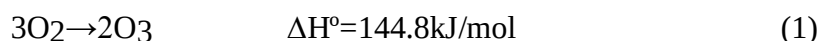
Tabla N° 2. Propiedades físicas generales del ozono.

Masa molecular	48g/mol
Punto de ebullición.	-111.9°C
Punto de fusión.	-192.7°C
Temperatura critica.	-12.1°C
Presión critica.	5.53MPa
Densidad critica.	437kg/m ³
Volumen crítico.	1.471*10 ⁻⁴ m ³ /mol
Densidad de gas(0°C,101kPa)	2.144kg/m ³

Densidad del líquido(-112°C)	1358kg/m ³
Tensión superficial(-183°C)	3.84*10 ⁻² N/m
Viscosidad del líquido-183°C	1.57*10 ⁻³ Pas
Calor de evaporización.	15.2kJmol

Fuente: (E.Elorza-Rodriguez) Edición 2010

La formación del ozono es una reacción endotérmica:



El ozono es termodinámicamente inestable y de forma espontánea descompone dando oxígeno. Este proceso es promovido por la presencia de metales de transición de sus óxidos. La principal consecuencia de la inestabilidad del ozono es que no puede ser almacenado ni transportado por distancias que impliquen un largo periodo de tiempo. Por lo tanto su producción deberá de efectuarse en el momento y en el lugar de utilización. El ozono es un poderoso agente oxidante.

Capaz de participar en muchas reacciones químicas ya sean de origen orgánico o inorgánico. El poder oxidante del ozono es claramente superior al del oxígeno. Si bien el oxígeno se combina con todos los elementos, lo hace a temperaturas altas, mientras que el ozono reacciona con numerosas sustancias en condiciones en las que el oxígeno sería inactivo. El potencial de oxidación del ozono a PH=0 es:



Fotografía N°03: Mineral oxidado

Fuente: Elaboración propia

Siendo superior al cloro o al peróxido de hidrógeno. En medio ácido el poder oxidante del ozono es superado únicamente por el flúor, el ion perxenato el oxígeno atómico, el radical OH y pocas otras especies. La química del ozono viene regida por su naturaleza electrófilo. Mucha de la química orgánica está basada en el ataque al doble enlace del carbono en un proceso conocido como ozonólisis y que consiste en una adición electrolítica al doble enlace en este campo cabe destacar el uso del ozono en la conversión de olefinas a aldehídos.

2.3.2.1. APLICACIONES GENERALES DEL OZONO

Los campos de aplicación del ozono son amplios y variados:

Potabilización: el ozono se usa para facilitar los procesos de filtración y como agente desinfectante el principal efecto de la ozonización es la oxidación de sustancias orgánicas e inorgánicas eliminación de la turbidez o suspensión de sólidos por micro floculación: eliminando de esta forma olores y color sin generar ningún tipo de residuo, la principal ventaja del ozono frente al cloro que se ha venido utilizando hasta ahora, es que no solo elimina las bacterias si no también destruye los virus y parásitos.

Tratamiento de aguas residuales: durante años el cloro ha sido el gas más utilizado para el tratamiento de este tipo de aguas, la presencia de compuestos orgánicos carcinógenos en aguas tratadas atribuidos a vertidos clorados de plantas de tratamiento de aguas residuales, ha hecho reconsiderar el uso en beneficio del ozono que ha visto muy aumentada su demanda. El tratamiento de aguas residuales con ozono evita la formación de este tipo de compuestos.

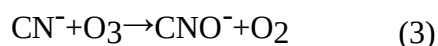
Aparte de sus cualidades como desinfectante, disminuye la turbidez y mejora el color del agua.

Blanqueo: el impacto ambiental del uso del cloro y derivados clorados en el blanqueo de la pulpa de papel ha hecho considerar seriamente el uso del ozono como una vía alternativa. Estudios realizados en este campo, demuestran que las reacciones de blanqueo con ozono transcurren a velocidades elevadas, proporcionando un grado de blanqueo considerable para las cantidades de ozono aplicadas.

Otros usos: el ozono también es usado en la industria de la bebida para eliminar compuestos orgánicos que podrían ocasionar problemas de gusto y olor. La industria micro eléctrica también necesita de agua altamente purificada para lavado en distintas etapas del proceso. El ozono protege estos sistemas de la suciedad biológica, sin causar contaminación iónica. No menos importante es el uso del ozono en el campo de la química orgánica, basado principalmente en la ozonólisis en la actualidad se continúa investigando con la finalidad de mejorar y ampliar su campo de aplicación. Pruebas de ello son las numerosas publicaciones de artículos en revistas específicas como “wáter research” Ozone:sciencean”,etc.

2.3.2.2. ESTUDIOS PRELIMINARES DEL USO DEL OZONO EN LA OXIDACION DE MINERALES SULFURADOS.

A diferencia de otros campos, la investigación del uso del ozono en lo que es la, Metalurgia, extractiva, ha sido muy limitada la aplicación es más significativas en estas vertientes son: Hidrometalurgia del oro: En la que el ozono se ha estudiado como agente oxidante para la destrucción del ion cianuro de las soluciones de descarte:

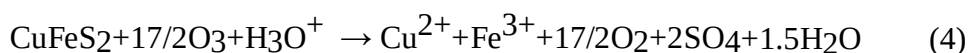


Separación de metales en solución: estudios representativos de ellos son la oxidación del Ni(OH)_2 A Ni(OH)_3 por ozonización como paso previo a la precipitación del cobalto en la que el Ni(OH)_3 producido será reutilizado como agente precipitante y la separación de arsénico de soluciones o precipitación del As(V) procedente de la oxidación con ozono.

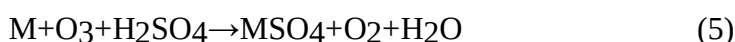
El estudio del ozono como agente lixiviante de metales minerales ha sido muy escaso el estudio del ozono no como agente lixiviante de metales minerales ha sido muy escaso, en la hidrometalurgia ello puede ser debido a la existencia de otros reactivos oxidantes de bajo costo (ácido nítrico alógenos). Actualmente, la mayor concienciación en las cuestiones medioambientales conduce a la búsqueda de agentes oxidantes respetuosos con el medio ambiente, se hizo una revisión general de la bibliografía referente a la lixiviación con ozono y



una revisión más exhaustiva para aquella que contenía alguna referencia a la recuperación/lixiviación del oro, de la plata. Otras lixivitaciones estudiadas son las correspondientes a la calcopirita y a otros sulfuros de cobre. Las investigaciones demuestran la efectividad de la lixiviación de la calcopirita en medio ácido la velocidad de aireaciones elevada viene controlada por transferencia de materia. El principio al inconveniente es la estequiometría, la obtención de un mol de cobre requeriría el consumo de 8.5 moles de ozono.



Por lo tanto desde el punto de vista económico la aplicabilidad del ozono sobre metales de valor moderado habrá de limitar la lixiviación es de estequiometría favorable, como por ejemplo:



Donde M se refiere al metal en cuestión (calcopirita, pirita, arsenopirita). En el caso de los metales nobles o escasos, la estequiometría no parece ser un factor tan determinante, prueba de ello son los varios estudios de lixiviación con ozono de metales nobles o escasos Ag, Te, Se, Pt, Au procedentes de metales. De minerales o de lodos de electro finados.

Todos los estudios efectuados hasta el presente con ozono como agente lixivante, ha sido de tipo básicamente cualitativo. La estequiometría de los procesos no se ha determinado claramente quizás por las posibilidades dificultades experimentales. Cantidades de ozono involucradas. Del mismo modo, en los estudios previos de tipo cinético. Las concentraciones instantáneas de ozono son conocidas por lo cual los resultados son de difícil correlación con las variables que afectan la velocidad de reacción. Para ello, uno de los objetivos prioritarios de nuestro grupo de investigación fue establecer un sistema de reacción sólido/líquido/gas en que pudiera ser medido tanto el caudal básico de entrada y salida de ozono como la concentración del mismo en las fases gaseosa y líquida.

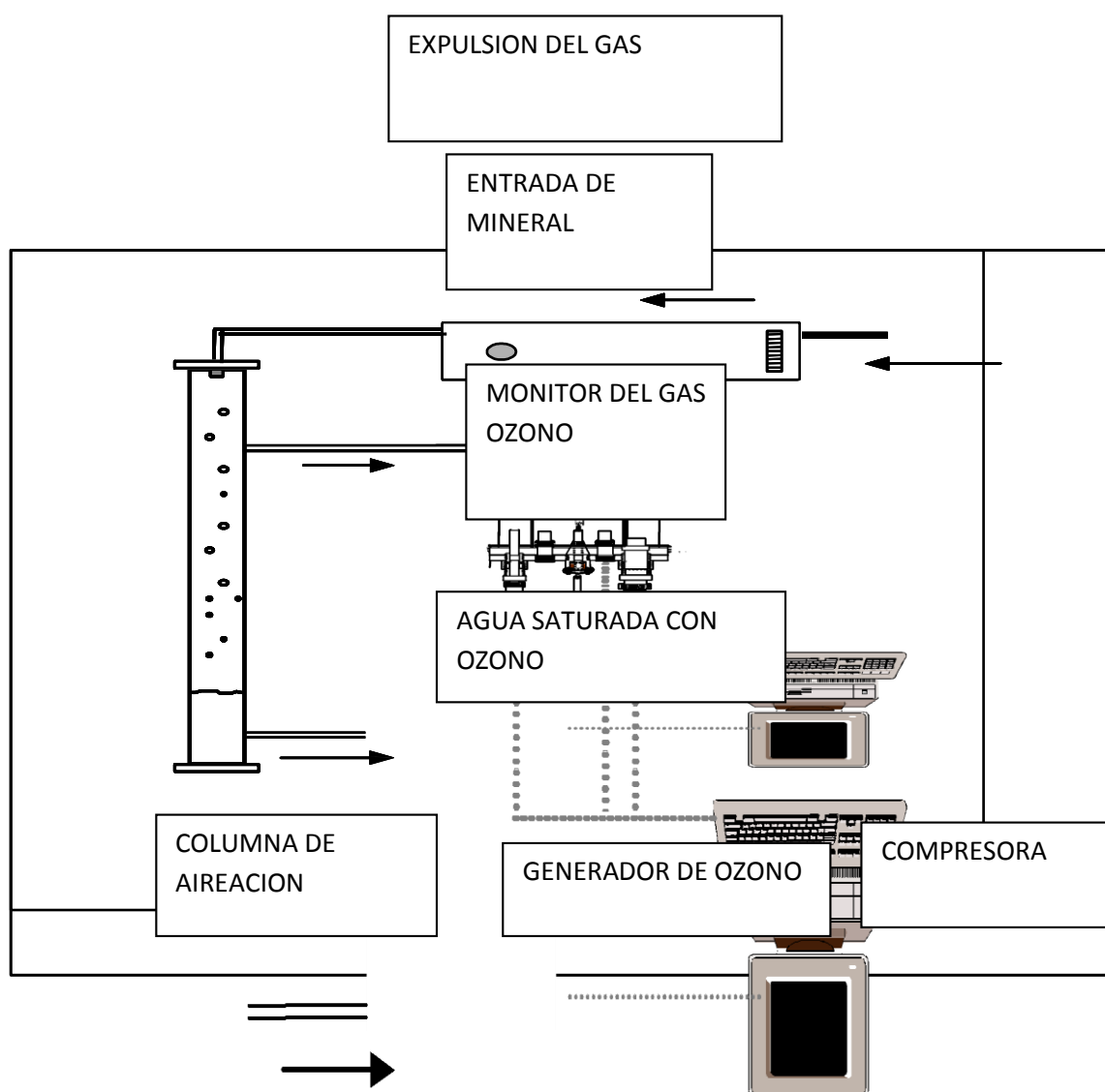
En las etapas previas al experimento, se investigó la reacción de los metales y compuestos a la oxidación, para luego hacer los mismos experimentos con el ozono, dando indicios claros a la diferencia que existe en el tratamiento con oxígeno y ozono, destacando principalmente la rápida interacción del ozono con los metales, y compuestos que con el oxígeno, donde los tiempos de interacción son más prolongados.

Enfocando posteriormente los experimentos, a la mejor opción de aplicar el ozono a los metales y compuestos, donde se experimentó con el método directo e indirecto, de donde se

obtuvo mejor resultado, con el método directo, debido a su mayor eficiencia, en tiempo y oxidación.

Posteriormente también se tuvo que analizar las ventajas de usar el ozono, en la oxidación de compuestos, principalmente sulfuros con alto contenido de arsénico, puesto que los métodos conocidos para el tratamiento de estos minerales, involucra procesos muy costosos, siendo el uso del ozono una alternativa muy ventajosa, desde el punto de vista de costos y también por la eficiencia de oxidar sulfuros, también hay que reiterar y destacar que el proceso es ecológico, y que no daña el medio ambiente, a diferencia de hacer la oxidación con otros gases, ejemplo el cloro o el flúor.

Figura N°02: sistema operacional de un ozonizador



Fuente: (Weir, 1984)

2.3.2.3. METODOLOGIA DE LA APLICACIÓN DEL OZONO PARA LA OXIDACION DE LOS SULFUROS.

Durante el periodo, el estudio de investigación estudio la potencial aplicabilidad de mezclas de O₃/O₂ acuosos en la lixiviación de los siguientes metales y aleaciones: Cu, aleaciones Cu/Ni, Ag, Au. Los resultados más significativos del estudio se exponen a continuación:

El pre tratamiento oxidativo fue realizado de dos maneras: directo e indirecto.

En el primer caso el pre tratamiento de ozonización consistió en contactar bajo agitación intensa tres veces la muestra de mineral con un cierto volumen de mineral (2.5 L) saturada con ozono por espacio de dos horas en una columna burbujeando con un gasto de O₃/O₂ fue de 3 L /min. Con una concentración de 94g O₃/Nm por espacio de 5 minutos alcanzando la saturación

En el pre tratamiento directo, 300 gramos de muestra y 2.5 litros de agua destilada fueron colocadas en el reactor. Enseguida se estableció la agitación a 800rpm y se inyectaron 3L/min de una mezcla de gases de O₃/O₂ con una concentración de 50 g O₃/Nm³.

En el pre tratamiento directo con ozono fue burbujeando a la pulpa en agitación

2.4. TIPO Y NIVEL DE LA INVESTIGACION.

Las muestras utilizadas en esta experimentación fueron dos muestras de mineral sulfurado, proporcionadas por grupo Minero Amapa. Después de preparadas y homogeneizadas según los procedimientos estándar, las muestras fueron analizadas vía seca/absorción atómica y caracterizadas mineralógicamente.

Ambas muestras son de matriz pirítica (Muestra **A**–68% y Muestra **B**–38%). En muestra **A** la mayor proporción del oro (60%) se encuentra libre y tiene un tamaño de partícula entre 6 y 20 :m, otra parte del oro (20%) se encuentra asociada o incluida en pirita y el restante 20% se presenta asociado a cuarzo.

Las especies de plata identificadas en muestra **A** fueron pirargirita y freibergita. La primera de éstas, 31.6% de la plata se presenta tanto libre como incluida. Aproximadamente el 68.4% de la plata se encuentra como freibergita y se presenta asociada, incluida y con inclusiones.

En muestra **B**, el 14.28% del oro se encuentra totalmente libre y tiene un tamaño de 8 micras, el restante se encuentra asociado e incluido en diversos sulfuros. Como en la muestra previa, las especies de plata identificadas son: pirargirita (22.2%) y tetrahedrita variedad freibergita

(77.8%). El 50% de la pirargirita se encuentra libre con tamaño promedio de 15 micras, la restante está asociada e incluida en cuarzo. Sólo el 42.85% de la freibergita se encuentra libre, el resto se encuentra asociada a esfalerita, pirita y calcopirita.

2.4.1. EL OZONO Y SUS PROPIEDADES PARA EL USO EN LA METALURGIA

El ozono (O_3) es una sustancia cuya molécula está compuesta por tres átomos de oxígeno, formada al disociarse los dos átomos que componen el gas de oxígeno. Cada átomo de oxígeno liberado se une a otra molécula de oxígeno gaseoso (O_2), formando moléculas de (O_3). Hay que indicar que a temperatura y presión ambientales es un gas de olor acre y generalmente incoloro, pero en grandes concentraciones puede volverse ligeramente azulado. Si se respira en grandes cantidades puede provocar una irritación en los ojos o en la garganta, la cual puede pasar al respirar aire fresco durante algunos minutos.

2.4.2. PRODUCCIÓN DEL OZONO

El ozono se puede producir en forma artificial al hacer pasar aire atmosférico por una corriente de alta tensión, la cual se llama generador de ozono y la cual será la forma como produciremos ozono para hacer nuestro trabajo de metalurgia. En la naturaleza se produce artificialmente en la atmósfera generalmente en las tormentas eléctricas.

2.4.3. APLICACIÓN DEL OZONO EN LA OXIDACIÓN DE SULFUROS

Tradicionalmente el ozono se usa para quitar malos olores, y otros procesos, en el caso de la oxidación de sulfuros debemos tener en cuenta que el ozono (O_3) no afecta el pH, además hay que tener en cuenta que una de sus principales ventajas del uso del ozono es su conversión a oxígeno O_2 , por lo cual podemos decir que no deja residuos al momento de hacer la aplicación a los sulfuros.

2.4.4. PRODUCCIÓN DE OZONO PARA LOS TRABAJOS PRELIMINARES

Para el trabajo de investigación realizado se usó un ozonizador de producción de 1 litro/hora marca BELTROM, cuya producción en costos solo tendríamos que tomar en cuenta el consumo de energía eléctrica (watt/hora).



2.5. MÈTODO DE EXPLOTACIÒN DE LA MINA “AMAPA”

Actualmente las operaciones se encuentran en preparación y desarrollo para su posterior explotación dejando preparados block de minerales para su posterior recuperación por el método de explotación de corte y relleno ascendente. El método q se aplica en la mina AMAPA es el método de corte y relleno ascendente convencional y se presentan condiciones geológicas y geomecánica no tan apropiadas para poder aplicar este método, pero si nos brinda ventajas de adaptabilidad del método de Corte y Relleno a las condiciones de este yacimiento dando como resultado uno de los métodos con menor costo y de mayor seguridad.

2.5.1. MINADO EN CORTE Y RELLENO CONVENCIONAL ASCENDENTE

Este método consiste en iniciar con la explotación del mineral existente hacia la caja techo, quedando la chimenea de preparación como canal principal para acarreo de mineral abatido, tanto del lateral como del piso superior inmediato.

Una vez cortada la estructura se desarrollan galerías norte y sur con longitudes de 35 m y 40 m en promedio (límite del tajo).

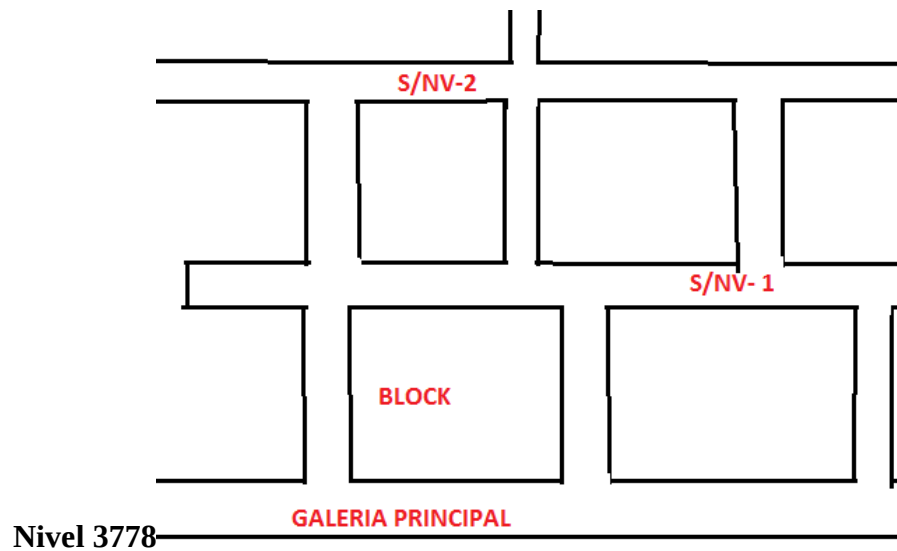
La perforación se inicia de la chimenea central (o de una lateral), se realiza horizontalmente con salida hacia la chimenea lateral libre, haciendo rebanadas de corte libre horizontales.

Terminada la limpieza inmediatamente se realiza el sostenimiento con cuadros, que algunas veces pueden ser cuadros cojos debido al buzamiento menor de veta, que son empalmados al cuadro del sub-nivel inferior quedando prácticamente cuadros de tipo SQUARE SET.

Cuando se termina la explotación total de un determinado piso del bloque, se realiza una limpieza general y luego se procede con la preparación para el relleno detrítico, y bloqueando las entradas de las chimeneas laterales para evitar la fuga del relleno.



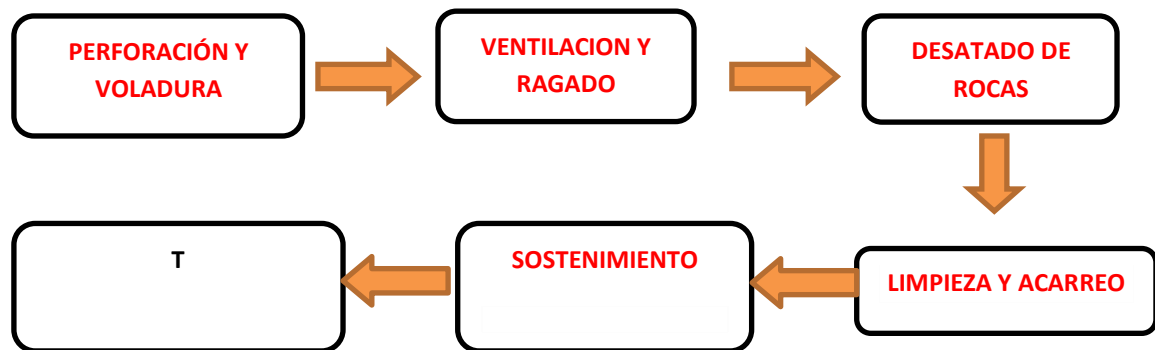
Figura N°03: Preparación de bloques



Fuente: elaboración propia

2.5.2. OPERACIONES UNITARIAS DEL SISTEMA DE EXPLOTACION – BENEFICIO (AMAPA)

Diagrama N° 02: proceso de minado



Fuente: elaboración propia.

2.5.3. PERFORACIÓN

Es una de las operaciones unitarias más importantes puesto que influye directamente en la eficiencia de los métodos de explotación. Tiene los siguientes parámetros:

- ❖ Velocidad de penetración en metros por minuto, que depende de la competencia del mineral perforado y del rendimiento del equipo usado.
- ❖ El consumo de barrenos para obtener una tonelada de mineral, que varía con el método de explotación.

- ❖ La velocidad de penetración, que es el factor para la determinación del costo unitario de 1 metro de taladro expresado en dólares por metro.
- ❖ El costo de perforación por tonelada de mineral expresado en dólares por tonelada métrica.

Para la perforación se utilizó perforadoras Jack leg con su respectivos accesorios

También hay operadores que realizan sus actividades con perforadoras eléctricas, especialmente la marca Bosch, cuyo uso original es en la industria de la construcción, para horadar concreto en trabajos de demolición. Este equipo se utilizó en frentes suaves

Para el caso de perforación de roca se utilizan taladros accionados con motor eléctrico de 2,5 kilowatts de potencia y brocas helicoidales de 3 y 4pies por 7/8 de pulgada.

2.5.4. EQUIPOS Y ACCESORIOS DE PERFORACIÓN

a) Máquina Perforadora

Cuadro N°03: Características de la Máquina Perforadora Jackleg

Presión de aire	80 a 90 Lb/pul ²
Consumo de aire	60 a 194 pies ³ /min
Consumo de agua	4 Lit./min
Velocidad de rotación	40 a 400 rpm
Velocidad de percusión	1500 a 3400 (golpes/minuto)

Fuente: López Jiménez edición (2003)

b) Maquinas utilizadas en la empresa

Cuadro N°04: Modelos de Máquinas Perforadoras

Marca	Modelo	Labores
Seco	Jack leg	Lineales, Tajos
Atlas	Jack leg	Tajos ,S/N, CHI,

Fuente: López Jiménez edición (2004)

2.5.4.1. ACCESORIOS DE PERFORACIÓN

- ❖ Los barrenos.
- ❖ Las brocas.
- ❖ Mangueras de aire y de agua con sus correspondientes conexiones.
- ❖ Lubricadores.
- ❖ Tapones para proteger la entrada de aire a la máquina perforadora.

2.5.4.2. HERRAMIENTAS DE PERFORACIÓN

- ❖ Barrerillas para desatar.
- ❖ Llaves Stillson.
- ❖ Llave saca barrenos.
- ❖ Cucharilla.
- ❖ Atacador de madera.
- ❖ Flexo o metro.
- ❖ Pico, lampa y comba.
- ❖ Fosforo.
- ❖ Cordel o pita.

- ❖ Saca barreno.
- ❖ Juego de barrerillas.
- ❖ Guiadores de madera.
- ❖ Caballete.
- ❖

2.5.4.3. NÚMERO DE TALADROS

Para determinar el número de taladros se tomó como referencia la formula y tablas de López Gimeno. Y el número de taladros dependerá de las características del macizo rocoso

$$N^{\circ} \text{ Tal} = (P/E) + (C \times S) \dots \text{Autor: López Jimeno C edición 2003} \dots (1)$$

Dónde:

P = Circunferencia o perímetro de la sección de la galería, en metros, que se

Obtiene con la fórmula:

$$P = 4\sqrt{S} \dots \text{Autor: López Jimeno C edición 2003} \dots (2)$$

S = Sección de la galería (m^2)

E = Distancia entre los taladros de la circunferencia o periféricos que usualmente es de:

C = coeficiente o factor de roca (usualmente de)

Cuadro N°05: Distanciamiento de los taladros según dureza de la roca (I)

DUREZA DE LA ROCA	DISTANCIA ENTRE TALADROS (m)
Tenaz	0,40 a 0,55
Intermedia	0,60 a 0,65
Friable	0,70 a 0,75

Fuente: López Jimeno C. Pág. 207 edición (2003)

Cuadro N°06: Distanciamiento de los taladros según dureza de la roca (II)

DUREZA DE LA ROCA	DISTANCIA ENTRE TALADROS (m)
Rocas duras difíciles de romper	2,00 a 2.25
Rocas intermedias	1,50 a 1.7
Rocas friables, suaves, pre fracturadas	1,00 a 1.2

Fuente: López Jimeno C. edición (2004)



❖ **Calculo de numero de taladros cargados en el frente de 2.10m x 1.80m en roca intermedia**

- **Formula Práctica**

$$N = P/E + C*S \dots \dots \dots (3)$$

Dónde:

N: Número de taladros cargados.

P: Circunferencia o perímetro de la sección del túnel que se obtiene con la formula.

$$P: 4\sqrt{S} \dots \dots \dots (4)$$

S: Área de la sección en m².

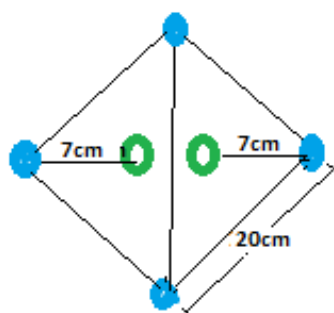
$$\text{Hallando P: } P = 4\sqrt{2.10*1.8} = 7.777\text{m.}$$

$$S = 3.78\text{m}^2, \text{ Roca dura difícil de romper } E = 0.60, C = 1.5$$

$$N = 7.777/0.6 + 1.5*3.78 = 18 \text{ taladros cargados/frente.}$$

2.5.4.4. TIPO DE ARRANQUE UTILIZADO EN AMAPA

Los puntos verdes son los cueles o maricones (sin carga), luego tenemos los puntos verdes que vienen a ser los arranques. Es de aquí de donde empieza el disparo de ahí la importancia que tiene este tipo de arranque



Fuente: Elaboración propia

2.5.4.5. CALCULO DE PERFORACION EN EL SUB NIVEL 3778

a) Datos obtenidos de perforación.

Cuadro N° 07: Datos de la Perforación.

Descripción: guardia/día	Labor:Sub nivel 3778
Labor:	S/N sub nivel
Nivel:	3778
Fecha:	18/02/14
Maestro perf:	CcahuanaHolguino, Alejandro
Ayudante perf:	Cuaresma Cuaresma Alfredo
N° tal./disparo	22
N° tal. Cargados	19
N° tal. Alivio	3
Longitud de barras:	4' y 6'
Diámetro de broca	38mm
Sección del frente	1.20m x 1.80m
Longitud promedio de perforación	1.16m y 1.69m
Peso específico de la roca	2.5 t/m ³
Tiempo total de perforación	47.5 minutos

Fuente: Elaboración Propia

❖ Longitud total de perforación/disparo (Lp).

$$L_p = (\text{Long. promedio perf.}) \times (\text{N}^\circ \text{ tal. perforados})$$

$$L_p = 1.16\text{m} \times 19$$

$$L_p = 22.04 \text{ m.} = 72.31 \text{ Pies}$$



❖ **Tiempo de perforación/taladro (Tp/tal).**

$$\frac{T_p}{\text{tal}} = \frac{\text{tiempo total de perforacion}}{N^{\circ} \text{ taladros}}$$

$$\frac{T_p}{\text{tal}} = \frac{45.5 \text{ min}}{19} = 2.4 \text{ min/tal}$$

❖ **Velocidad de perforación/tal (VP).**

$$VP = \frac{\text{long. perf./disparo}}{\text{Tiempo total de perforacion}}$$

$$VP = \frac{22.04 \text{ m}}{45.5 \text{ min.}} = \frac{0.484 \text{ m}}{\text{min}} = 1.58 \text{ pies/min}$$

❖ **Eficiencia de perforación (% EP).**

$$\% EP = \frac{\text{longitud promedio perf.}}{\text{longitud barreno}} \times 100$$

$$\% EP = \frac{1.16 \text{ m}}{1.20 \text{ m}} \times 100 = 97\%$$

❖ **Avance lineal en el disparo.**

$$\text{Avance lineal/disparo} = 1.16' \times \text{eficiencia en la voladura}$$

$$\text{Avance lineal/disparo} = 1.16 \text{ m} \times 97.50\% = 1.13 \text{ m}$$

❖ **Volumen roto/disparo (VR).**

$$VR = (\text{sección del frente}) \times (\text{avance lineal/disp.})$$

$$VR = 1.20 \text{ m} \times 1.80 \text{ m} \times 1.13 \text{ m} = 2.44 \text{ m}^3.$$

❖ **Factor de perforación (FP)**

$$FP = \frac{\text{Longitud total perforada}}{\text{volumen roto/disp.}}$$

$$FP = \frac{22.04 \text{ m}}{2.44 \text{ m}^3} = 9.03 \text{ m perforados/m}^3$$

❖ **Perforación específica/avance lineal.**

$$PE/\text{avance lineal} = \frac{\text{longitud total perforada}}{\text{avance lineal/disp}}$$



$$\text{PE/avance lineal} = \frac{72.31'}{1.13\text{m}} = 63.9\text{pies/disparo}$$

1 pie cubico equivale a 0.0283168 metros cúbicos, entonces:

63.9 pies cúbicos será igual a 1.809496 metros cúbicos

p.e. de la roca pizarra =2

$$\text{PE/Avance Lineal} = 3.6 \text{ Tn/disparo}$$

2.6. EXPLOSIVOS Y ACCESORIOS UTILIZADOS EN VOLADURA

a) Dinamita.- Explosivo detonante que contiene un ingrediente explosivo líquido (generalmente nitroglicerina, ésteres orgánicos similares de nitrato, o ambos), mezclado uniformemente con un material absorbente, como pulpa de madera, y que usualmente contiene materiales como nitrocelulosa, nitrato de sodio y de amonio, las dinamitas se clasifican en:

b) Semexsa.- Dinamita semigelatina muy versátil de fuerte poder rompedor y alta resistencia al agua, para uso en voladura de rocas de condiciones intermedias y tenaces, en Marsa se está utilizando como cebo iniciador de agente voladura se suministra en cuatro tipos 45%, 65%, 60% y 80% ((con densidades de 1,08 a 1,2 g/cm³ y velocidades de 3 500 a 4 500 m/s).

c)Anfo.- AmmoniumNitrate - Fuel Oil, es un explosivo de alto orden. Consiste en una mezcla de nitrato de amonio y un combustible derivado del petróleo, desde gasolinas a aceites de motor. Estas mezclas son muy utilizadas principalmente por las empresas mineras y de demolición, debido a que son muy seguras, baratas y sus componentes se pueden adquirir con mucha facilidad.

Las cantidades de nitrato de amonio y combustible varían según la longitud de la cadena hidrocarbonada del combustible utilizado. Los porcentajes van del 90% al 97% de nitrato de amonio y del 3% al 10% de combustible, por ejemplo: 95% de nitrato de amonio y 5% de petróleo es por lo general lo más usado.



2.6.1. CALCULOS REALIZADOS EN VOLADURA

❖ Datos obtenidos de voladura.

Cuadro N° 08: Cantidades de explosivos a usarse

Peso de cartucho de dinamita semexsa 65%	0.081 kg (7/8'' x 7'')
Anfo	5.824kg
Mecha lenta	19.67m
Dinamita semexsa 65%	21
Fulminante Nro 8	19unid.

❖ Peso total de carga explosiva.

$$P. \text{ explos.} = (N^{\circ} \text{ cartuchos utilizados}) \times (\text{peso/cart.})$$

$$P. \text{ explos.} = 21 \text{ cart.} \times 0.081 \text{ Kg/cart.} = 1.701 \text{ Kg}$$

$$\text{Peso de Anfo: } 5.824 \text{ kg}$$

$$\text{Peso total} = 5.824 \text{ kg} + 1.70 \text{ kg} = 7.52 \text{ kg}$$

❖ Factor de potencia (FP).

$$FP = \frac{\text{Peso total explos.}}{\text{volumen roto}}$$

$$FP = \frac{7.52 \text{ Kg}}{2.44 \text{ m}^3} = 3.08 \text{ Kg/m}^3$$

❖ Carga explosiva promedio/taladro.

$$CE/\text{tal} = \frac{\text{peso total de explos.}}{\text{numero de taladros}}$$

$$\frac{CE}{\text{tal}} = \frac{7.52 \text{ Kg}}{16 \text{ tal.}} = 0.47 \text{ Kg/tal}$$

❖ Carga explosiva/metro lineal.

$$CE/\text{mL} = \frac{\text{peso total explos.}}{\text{avance lineal}}$$



$$CE/mL = \frac{7.52 \text{ Kg}}{1.13\text{m}} = 6.654\text{Kg/m}$$

❖ **Eficiencia en la voladura (EV).**

$$EV = \frac{\text{longitud avance lineal}}{\text{longitud de barra}} \times 100$$

$$EV = \frac{1.13\text{m}}{1.20} \times 100 = 94\%$$

❖ **Rendimiento hombre/guardia.**

$$\text{Rend. hombre/gdia} = \frac{\text{longitud avance}}{\text{Nº hombres/gdia.}} \times 100$$

$$\text{Rend. hombre/gdia} = \frac{1.13\text{m}}{2} \times 100 = 0.565\text{m/h. g}$$

2.6.2. VENTILACIÓN

En la empresa AMAPA se realiza dos métodos de ventilación natural y ventilación mecánica y el objetivo de la ventilación minera es proporcionar a la mina un flujo de aire en cantidad y calidad suficiente para diluir contaminantes, a límites seguros en todos los lugares donde el personal está en trabajo.

2.6.2.1. VENTILACIÓN NATURAL

Este tipo de ventilación es aprovechado porque el aire fresco fluye de un modo constante y sin interrupción en interior mina sin necesidad de equipos de ventilación. En labores profundas, la dirección y el movimiento del flujo de aire, se produce debido a las siguientes causas: diferencias de presiones entre la entrada y salida, diferencia de temperaturas durante las estaciones.

2.6.2.2. VENTILACIÓN MECÁNICA

Es la ventilación auxiliar o secundaria y son aquellos sistemas que haciendo uso de ductos y ventiladores auxiliares, ventilan áreas restringidas de las minas subterráneas, empleando para ello los circuitos de alimentación de aire fresco y de evacuación del aire viciado que le proporcione el sistema de ventilación general.



En este tipo de ventilador se utiliza 1 ventiladores, con motor trifásico, de 22,5 KW, de 20 HP.

2.6.2.3. REGADO

Este procedimiento se realiza para visualizar y detectar las condiciones de fracturas en el frente de labor, techo, hastiales, también para eliminar las partículas muy pequeñas que está suspensas en el mineral volado de esta manera dar condiciones en la limpieza del mineral. El regado se hace con el agua utilizado para la misma perforación.

2.6.2.4. DESQUINCHE O DESATADO DE ROCAS

Esta actividad está a cargo del personal más competente debido al grado de peligrosidad que implica (riesgo de caída de rocas). Se realiza después de cada disparo, empleando aproximadamente entre 10 a 15 minutos después de la ventilación.

- ❖ El desatado implica considerar en primer lugar la presencia de dos personas. Sin embargo en toda labor minera, el desatado lo realiza una sola persona y la otra observa cómo se comporta la roca. Sólo en casos que el bloque a desatar sea demasiado grande, considerando su continuidad, lo deben hacer dos personas.
- ❖ El área debe estar libre de desmonte y equipos que impidan una rápida evacuación.
- ❖ El desatador debe ubicarse bajo el techo seguro, donde no exista rocas sueltas o que estén sometidas.
- ❖ El desatador deberá coger la barretilla con ambas manos, una adelante y otra atrás, colocar la barretilla al costado de su cuerpo (nunca debajo de las piernas) y maniobrarla a no más de 45° con respecto a la horizontal, ya sea para golpear o palanquear la roca suelta.
- ❖ Reportar los incidentes ocurridos durante la tarea.
- ❖ Verificar y Registrar en la inspección diaria de Labores

2.6.2.5. LIMPIEZA Y ACARREO

Esta operación consiste en la evacuación del mineral roto desde el tajeo, de manera manual o a través de equipo mecánico.



Para la determinación del costo del acarreo se consideran los siguientes factores:

- ❖ La distancia promedio de transporte.
- ❖ La cantidad de mineral roto obtenido por disparo o por tarea en explotaciones sin uso de explosivos.
- ❖ El grado de fracturamiento del mineral.

Por lo general, los accesos a las labores subterráneas no se encuentran preparados para el tránsito de vehículos motorizados; en estos casos con los mismos trabajadores mineros quienes se encargan del acarreo y transporte del mineral hasta su transbordo o entrega a las instalaciones de beneficio.

El transporte del mineral en las explotaciones mineras artesanales desde dentro de la mina subterránea se realiza de diversas formas, siendo la principal en carretilla, pero ahora ya se están utilizando los llamados carritos mineros de 800kg y de una tonelada

2.6.2.6. CÁLCULO DE LIMPIEZA:

- ❖ **Datos realizados en limpieza con carretilla.**

Herramientas y material	cantidad
Tipo de material a limpiar	Desmonte
Factor esponjamiento	30%
Densidad del desmonte	3 ton/m ³
Nº de lampadas promedio/carretilla	20
Capacidad de carretilla bugui	0.1m ³
U35	1m ³
Capacidad de llenado U35	95%
Nº carretillas promedio/carro	10
Distancia al buzón	30m

❖ **Volumen esponjado/disparo.**

$$V_{esp.} = (\text{volumen roto}) \times (\text{factor esponjamiento})$$

$$V_{esp.} = 2.44\text{m}^3 \times (1 + 30\%) = 2.44\text{m}^3 \times 1.3$$

$$V_{esp.} = 3.17\text{m}^3$$

❖ **Número de carretillas extraídas.**

$$N^{\circ} \text{ carretillas} = \frac{V_{esp.}}{\text{Cap. Carretilla}}$$

$$N^{\circ} \text{ carretillas} = \frac{3.17\text{m}^3}{0.1\text{m}^3} = 31.7 = 32 \text{ carretillas}$$

❖ **N° de carritos extraídos.**

$$N^{\circ} \text{ carrit} = \frac{N^{\circ} \text{ carretillas extraídos}}{N^{\circ} \text{ carretillas} \times \text{factor llenado}}$$

$$N^{\circ} \text{ carrit} = \frac{32}{10 \times 0.95} = 3.36 = 3 \text{ carros mineros}$$

❖ **Tiempo de limpieza con carretilla en el sub-nivel: tramo de recorrido 30m****Cuadro N°09:** Tiempo de limpieza del frente

Tiempo promedio de ida (con carga)	40 seg.
Tiempo promedio de vueltas (vacío)	35 seg.
Tiempo de llenado promedio	65 seg.
Tiempo de descarga	5 seg.
Tramo de recorrido	30m

✓ **Ciclo de limpieza con carretilla.**

$$\text{Ciclo Limp.} = T_{\text{ida}} + T_{\text{vuelta}} + T_{\text{llenado}} + T_{\text{descarga}}$$

$$\text{Ciclo Limp.} = 40 + 35 + 65 + 5 = 145 \text{ seg.} = 2.42 \text{ min}$$

✓ **Tiempo total de limpieza del frente.**

$$T = \text{Ciclo Limp.} \times N^{\circ} \text{ carretillas extraídas}$$

$$T = 2.42 \text{ min} \times 32 = 77.44 \text{ min} = 1 \text{ h } 17 \text{ min}$$



2.6.3. SOSTENIMIENTO

El uso del sostenimiento se usa dependiendo de las características geo mecánicas o de la geometría de yacimiento, es posible encontrar operaciones donde el sostenimiento está muy bien llevado. Generalmente se usan puntales de madera de eucalipto que abunda en la zona, cuadros de madera. El costo de operación dependerá de la cantidad de madera y personal que se emplea para realizar este trabajo. En el sostenimiento se usan los cuadros de madera y en labores sobre alzas se aplican los sobre cuadros que consiste en poner un cuadro principal y luego poner el cuadro o llamado sobre cuadro. Solo se usan los cuadros de madera para el sostenimiento más que todo por los costos, y se rehabilitan o cambia estos cuadros en un periodo de un año.

En AMAPA se utiliza las siguientes dimensiones de madera: (morera) (E.Elorza-Rodriguez)

Solera.- Se emplea en terrenos poco resistentes o cuando se presentan empujes del piso. Las dimensiones de este elemento son:

- ❖ Cuartones de 8x8 pulgadas.

Poste.- Pieza de madera que se usa como columna para soportar la carga transmitida por el terreno, las dimensiones son:

- ❖ Cuartones de 8x8 pulgadas
- ❖ Redondos de 8 pulgadas de diámetro

Sombrero.- Elemento del cuadro que sirve como viga para soportar el techo, sus dimensiones son:

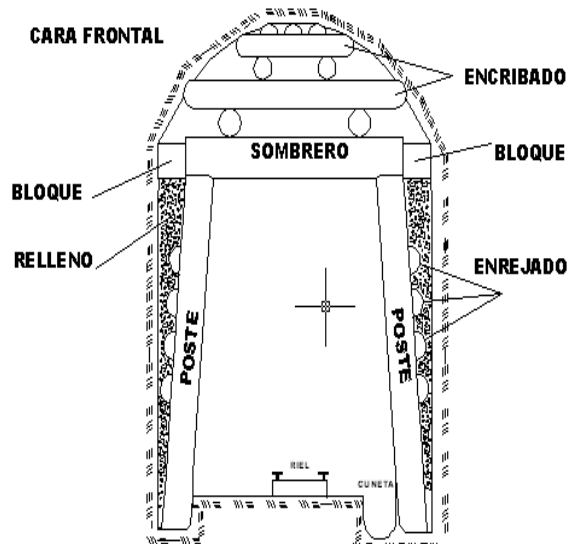
- ❖ Cuartones de 8x8 pulgadas.
- ❖ Redondos de 8 y 7 pulgadas de diámetro.

Tirantes.- este elemento es para mantener la distancia entre cuadros y proporcionar mayor estabilidad en la estructura, este elemento son de maderas de 5, 6 pulgadas de diámetro.

- **Encribado.-** Es el complemento importante del cuadro de madera para asegurar la solidez y el soporte, estos se realizan con redondos de 4, 5, 6 pulgadas de diámetro, el número de vueltas depende de la elevación del techo.
- **Encostillado.-** Este elemento auxiliar de sostenimiento tiene como objeto de impedir la caída de rocas de los hastiales, Se realiza con rajados hasta la altura de tirante distanciados entre 3 a 4 pulgadas.



Elementos de un cuadro



Fuente: capacitación de contrata para trabajadores

- **Calculo de madera utilizado en el sostenimiento en una sección de $1.8 \times 2\text{m}^2$ de un tramo de 10 metros en roca suelta con un espaciamiento de 1 metros.**

$$N^{\circ}\text{Cuadros} = \frac{10\text{m}}{1\text{m}} + 1. \text{ cuadro} = 11 \text{ cuadros.}$$

a) Cubicación de postes:

$$C. \text{ post} = \frac{11 \times 2 \times (8" \times 8") \times 6 \text{ pies}}{12"} = 704 \text{ pies}^3.$$

b) Cubicación de sombreros:

$$C. \text{ sombr.} = \frac{11 \times (8" \times 8") \times 5 \text{ pies}}{12"} = 293.3 \text{ pies}^3.$$

c) Cubicación de tirantes:

$$C_{\text{tir.}} = \frac{20 \times (5" \times 5") \times 1\text{m} \times (3.2808 \text{ pies})}{12" \times 1\text{m}} = 136.7 \text{ pies}^3.$$

d) Cubicación de encostillado:

$$C. \text{ encos} = \frac{12 \times (2" \times 8") \times 10\text{m} \times 3.2808 \text{ pies}}{12" \times 1\text{m}} = 524.928 \text{ pies}^3.$$

Total de cubicación de madera = 1659.628pies^3 .

CAPITULO III

DISEÑO METODOLÒGICO

3.1 DEFINICIÒN DE VARIABLES

Las variables son factores que se pueden manipular y así ves hacer una medición de estos dentro de ellas podemos mencionar:

Variable dependiente.-puede ser medido d acuerdo a la manipulación que se haga de esta.

Variable independiente.- es donde está concentrada la experimentación a la vez puede ser aislada y manipulada por el investigador.

3.2. OPERACIONALIZACIÒN DE VARIABLES

Observemos el siguiente cuadro.



Cuadro N°10: sistema de variables e índices.

Variables	Índices
Variable independiente: - Oxidación de los minerales de labores con alto contenido de elementos penables	-Tipo de minerales para hacer el pretratamiento -Ambiente en donde se pre- trataran los minerales -Capacidad del reactor de ozono -Temperatura del lugar donde se hara el pre-tratamiento de minerales
Variable dependiente: -Mejorar la recuperación metalúrgica.	-Granulometria del material a ser pre tratado -Tiempos de pre tratamiento con ozono -Costos del uso del ozono -Remoción de minerales penables con ozono y su eliminación.

Fuente: elaboración propia.

3.3. HIPOTESIS DE LA INVESTIGACION

3.3.1. HIPOTESIS GENERAL

-Existe una mejora con la aplicación del ozono en la oxidación de sulfuros refractarios, para su posterior lixiviación y recuperación metalúrgica.

3.3.2. HIPOTESIS ESPECÍFICO

-Hacer posible la remoción de elementos penables (As,Bi,Zn) a porcentajes mínimos para poder luego hacer el proceso metalúrgico.

-Hacer posible la explotación de labores las cuales tienen alto contenido de elementos penables.

3.4. TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACION

3.4.1. TIPO Y NIVEL DE LA INVESTIGACION

Método general:

Observar a simple vista la exposición del mineral sulfurado con el ozono y su efecto de este en la oxidación gradual que va teniendo de acuerdo al tiempo de contacto con el gas.

Método específico:

Hay que mencionar el trabajo que aquí se expone es un trabajo combinado experimental y descriptivo cuyo objetivo es como instalar la pequeña planta piloto de pre-tratamiento de minerales sulfurados.

3.5. POBLACION Y MUESTRA

3.5.1-POBLACION

Mineral que corresponde a la zona de minaspata-pachaconas.

3.5.2-MUESTRA

Mineral sulfuro de hierro piritita y sulfuro de hierro y arsénico arsenopiritita extraído de interior mina principalmente de las labores en explotación y/o otros de labores abandonados, que generalmente no se vienen explotando por tener altos contenidos de arsénico.

3.6. PROCEDIMIENTOS DE LA INVESTIGACION

El trabajo de la investigación comprende pruebas de laboratorio, así como trabajos de cálculos en gabinete, como también trabajos en el campo.

En el laboratorio se realizara los siguientes ensayos:

El pre tratamiento oxidativo fue realizado de dos maneras: indirecto y directo. En el primer caso, el pre tratamiento de ozonización consistió en contactar bajo agitación intensa tres veces la muestra mineral con un cierto volumen de agua (2.5 L) saturada con ozono. En el pre tratamiento directo, el ozono fue burbujeado a la pulpa en agitación. Para el pre tratamiento oxidativo indirecto, la saturación de agua con ozono fue realizada en una columna burbujeando



un gasto de gas O_3/O_2 de 3 L/min con una concentración de $94 \text{ g } O_3/Nm^3$ por espacio de 5 minutos. Alcanzada la saturación, el agua fue transferida al reactor en donde 300 gramos de sólidos y el agua saturada con ozono fueron agitados a 800 rpm por espacio de 1 minuto. Al final del pre tratamiento, el porcentaje de sólidos de la pulpa se ajustó a 25% w/w y se llevó a cabo la cianuración.

En el pre tratamiento directo, 300 gramos de muestra y 2.5 L de agua destilada fueron colocados en el reactor. Enseguida se estableció la agitación a 800 rpm y se inyectaron 3 L/min de una mezcla de gases O_2/O_3 ósea oxígeno y ozono a la vez con una concentración de $50 \text{ g } O_3/Nm^3$. Al término del pre tratamiento y muestreada la solución para su análisis, se ajustó el porcentaje de sólidos y se procedió a cianurar.

En el campo se realizaron las siguientes actividades:

- Toma de muestras de mineral las labores
- Pulverizado de las muestras.
- secado de las muestras.
- Pesado de las muestras.

En el gabinete se llevara a cabo los siguientes pasos

- Búsqueda de información referente al tema
- Análisis de un plan de trabajo que sea el más adecuado.
- Proceso de toda la información acumulada en lo que es toma de datos en campo.
- Verificación y comparación de los resultados obtenidos antes del experimento y después del experimento.
- Elaboración de la tesis.

3.7. MATERIAL DE INVESTIGACION

- Determinación de la muestra de mineral a ser pre-tratada.
- Evaluación de los equipos y materiales a utilizarse.
- Control y monitoreo del reactor generador de gas ozono.



3.7.1. PRUEBAS DE ENTRADA PROCESO Y SALIDA DE LA INVESTIGACION

- Determinación de la muestra de mineral a ser pre-tratada.
- Evaluación de los equipos y materiales a utilizarse.
- Control y monitoreo del reactor generador de gas ozono.

3.7.2. INSTRUMENTOS DE LA INVESTIGACION

Para determinar los instrumentos de investigación se hará uso de cálculos estadísticos.

- Determinación de la muestra a ser pre tratado.
- Cantidad de muestra
- Disponibilidad de la muestra
- Efectividad de los métodos a ser utilizados
- Rendimiento del circuito de oxidación del ozono.



CAPITULO IV

RESULTADOS

4.1. DESCRIPCION DE LOS RESULTADOS

En este capítulo explicaremos, respecto al nivel de significancia que tiene la investigación desde un punto de vista estadístico con resultados probatorios.

4.2. INVESTIGACIÓN DEL PROCESO DE OXIDACIÓN DEL OZONO.

la oxidación de minerales sulfurados especialmente los concentrados de sulfuros obtenidos por el método de flotación, han tenido que ser sometidos a una serie de métodos de oxidación con el fin de poder recuperar los metales valiosos tales como el Au y la Ag, usando para tales procesos métodos que no son nada amigables con el medio ambiente, por lo cual la investigación que se realizó haciendo el uso del gas Ozono tiene por finalidad hacer un pretratamiento oxidativo el cual no tenga mayor impacto ambiental.



4.3. GENERALIDADES.

Los procesos de oxidación pueden ser usados como un pretratamiento de minerales y concentrados sulfurosos, carbonaceos y teluros, principalmente, para mejorar la recuperación del oro por técnicas hidrometalurgias principalmente.

Los minerales con alto contenido de elementos maleables (arsénico, zinc, bismuto) que vienen asociados a sulfuros generalmente se les llaman refractarios o difíciles de tratar.

4.3.1. CARACTERISTICAS DE LOS SULFUROS CON ALTO CONTENIDO DE ARSENOPIRITA

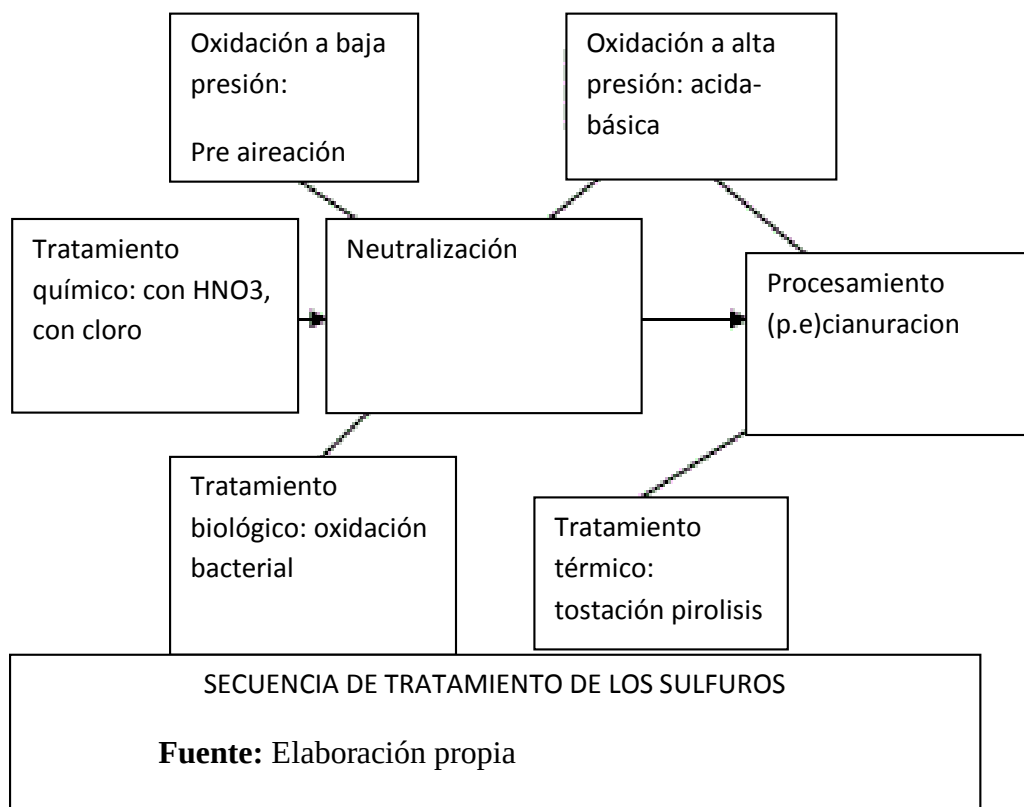
En el caso de menas sulfurosas, la oxidación puede ser necesaria para disolver algunos de los componentes que hacen inviable el proceso metalúrgico, con lo que se evita una mejor recuperación metalúrgica y bajo consumo de reactivos hay que señalar que esta oxidación con ozono permite transformar los acompañantes sulfurosos como arsénico y antimonio a un estado en que sea más fácil su remoción.

Los métodos disponibles para la oxidación de sulfuros se dividen en dos:

Categorías principales proceso hidrometalurgico (en medio acuoso) y proceso pirometalurgico. (En medio de temperaturas alta).



Figura N°04: opciones de procesos generales en el tratamiento de oxidación De sulfuros con contenido de arsénico zinc y bismuto.



4.3.2. TRABAJOS PRELIMINARES EN EL USO DEL OZONO

En condiciones normales algunos yacimientos de sulfuros tienden a sufrir un cambio por los procesos químicos ambientales convirtiéndolos en yacimientos supergenicos de óxidos y carbonatos, pero estos procesos en condiciones ambientales se dan en varios cientos de años, además esta oxidación y carbonatación del mineral no permite lixiviar los elementos que interfieren con los procesos metalúrgicos tales como (arsénico) por lo que fácilmente podemos encontrar yacimientos minerales de óxidos con alto contenido de As, Zinc, etc.

Se ha comprobado que el ozono es un poderoso oxidante el cual interactúa con los sulfuros precipitando rápidamente su oxidación.

4.3.3. CARACTERISTICAS DE LOS SULFUROS CON CONTENIDO DE ARSENICO

Los sulfuros de arsénico han sido objeto de muchas investigaciones, ya que el arsénico es una impureza toxica que está presente principalmente en los concentrados de oro y plata como arsenopirita(As) debido a la alta presión que tienen la mayoría de los sulfuros de arsénico my los compuestos oxidados de arsénico el método de tostación de sulfuros implica altos costes en el proceso así como la excesiva contaminación del medio ambiente, por lo que el proceso de ozono oxidación resulta un método alternativo al proceso de tostación.

4.3.4. COMPORTAMIENTO DEL ARSENICO EN LOS PROCESOS METALURGICOS.

Actualmente el proceso hidrometalurgico se presenta como una buena alternativa para la oxidación de minerales refractarios y en donde el gas ozono puede interactuar perfectamente con este proceso.

Sin antes de haber hecho el pre tratamiento al mineral con alto contenido de refractarios este al momento de hacer el proceso metalúrgico hará un consumo excesivo de reactivos sumado a eso la baja recuperación del oro y la plata por lo que se inyectara gas ozono en medio acuoso a fin de que pueda oxidar los sulfuros y asimismo hacer la remoción del arsénico.

4.3.5. INFLUENCIA DE LOS METALES REFRACTARIOS EN EL COSTO DEL MINERAL

Como habíamos señalado los minerales sulfurados refractarios consumen excesivos reactivos lo cual lo hace económicamente inviable su comercialización como es el caso de mineral de pachaconas con arsenopirita que no se comercializa a pesar de tener altas leyes de oro y plata ,este mineral prácticamente se puede tratar como concentrado ya que las leyes de oro que contiene están por encima de las 2 onzas de oro por tonelada ,lo cual hace interesante hacer los modos posibles para poder comercializar ese mineral.



4.3.6. CLASIFICACION DE LOS MINERALES REFRACTARIOS

El oro se encuentra frecuentemente entrelazado o cubierto de pirita o de minerales sulfurados, y la práctica usual, para extraer el oro de este tipo de mena refractaria, consiste en moler el mineral y luego hacer el pre tratamiento

.Lixiviación de la pirita-

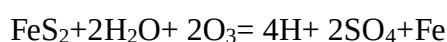
Es conocido que existe dos agentes en forma natural para la oxidación de la pirita los cuales son el ion férrico y el oxígeno. Si el pH es 3.5 cantidades significativas de ion férrico pueden existir en la solución; habiendo varios factores que controlan la oxidación de la pirita y por lo tanto la generación de la acidez de la solución:

-Area superficial de la exposición. Esta es una de las variables más importantes que controlan la oxidación, pues al disminuir el tamaño de la partícula se incrementa la rapidez de la oxidación. Hay que señalar que hay entonces una línea entre el tamaño de la partícula y la velocidad de oxidación.

-PH y concentración del ozono: la concentración del ozono afecta la oxidación de la pirita.

-Concentración del ion férrico: la velocidad de oxidación de la pirita por acción del ion férrico Fe^{3+} depende de la presencia de oxígeno en la solución y con una lata relación de Fe^{3+}/Fe^{2+} y en presencia de ozono la velocidad de oxidación se incrementa.

-Temperatura y energía de activación química.es necesaria para la generación acida.es importante señalar que la oxidación de la pirita producirá una reacción exotérmica.



El ion ferroso puede inclusive aun oxidarse para formar el ion férrico y precipitar como hidróxido férrico (goetita,jarosita).

En general la oxidación de la pirita se describe:

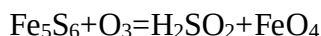


. Lixiviación de la pirrotita.

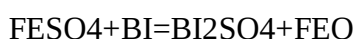
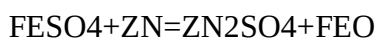
En cuanto a la oxidación de la pirrotita aurífera se sabe que es más reactiva que la pirita, puesto que la pirrotita es estable en cuanto está seca, pero se descompone rápidamente en presencia de aire y agua produciendo aguas acidas, sulfatoferroso, sulfatos básicos de hierro, carbonatos e hidratos ferrosos. Por ende la reacción de la pirrotita con el ozono es significativamente mayor.



La pirrotita tiene un enlace suelto de azufre que reacciona con el ozono de la siguiente manera:



Lo que demuestra que el sulfuro ferroso se oxida rápidamente a sulfato, el que a su vez reacciona con el arsénico, zinc, bismuto para formar sulfatos de cada uno de estos elementos.



Con dicha reacción no solo establecemos que la pirrotita es fácilmente oxidada sino que también contribuye a la lixiviación de elementos penables.

4.4. OXIDACION DEL CIANURO CON EL OZONO

Una vez demostrada la disponibilidad del ozono disuelto en toda la longitud de la columna, se hicieron pruebas de oxidación de cianuro en continuo para soluciones sintéticas con 40 mg/L de cianuro a pH = 11. Las pruebas se realizaron a pH de 11 y temperatura de 21°C. La relación molar de alimentación ozono/cianuro (Y) se modificó variando las condiciones presentadas en la Tabla Condiciones experimentales para la oxidación en continuo de cianuro con ozono.

Tabla N° 03: Relación molar ozono cianuro

PRUEBA	Velocidad superficial del gas (cm/s)	Velocidad superficial del liquido (cm/s)	Concentración de ozono en el gas (mg/L)	Concentración del cianuro en la solución (mg/L)	Relación molar Y (mol O ₃ /mol CN)
1	0.2	0.2	75	40	1.00
2	0.2	0.7	156	40	0.69
3	0.2	0.3	101	42	0.20
4	0.6	0.2	64	40	2.30
5	0.6	0.7	41	40	0.49

Fuente: (E.Elorza-Rodriguez) 1980



Entre mayor es la adición específica de ozono alimentada al reactor (Y), mayor es la concentración de ozono disuelto disponible para oxidar al cianuro y por lo tanto, mayor es la eficiencia de oxidación de cianuro. Se tiene ozono disuelto en la solución únicamente cuando la concentración de cianuro es menor a 30 mg/L, que es, cuando la reacción química es la etapa que controla la cinética del proceso. La eficiencia de oxidación depende principalmente de la adición específica de ozono (Y, moles de ozono alimentadas por mol de cianuro inicial presente). Conforme esta adición específica se incrementa, la eficiencia de oxidación de cianuro incrementa hasta alcanzar un valor de alrededor de 90%; incrementos mayores en la adición específica de ozono no tienen ningún efecto adicional sobre la eficiencia de oxidación. La razón de este comportamiento se debe al cambio en el orden de la reacción cianuro/ozono de cero a primer orden a bajas concentraciones de cianuro; el consumo de ozono se incrementa cuando la concentración de cianuro es baja. El ozono es principalmente consumido por la reacción con el cianuro, sin embargo, para valores de adición específica de ozono superiores a 1.5, una fracción del ozono deja el reactor sin reaccionar, otra parte, se descompone dentro del reactor y la fracción restante reacciona con el cianato formado por la reacción con el cianuro .

Finalmente podemos concluir de la oxidación del cianuro con el ozono es que es fácilmente oxidado a temperatura ambiente, tomando en cuenta pero antes que el pH tiene que estar en 9.

4.5. MATERIALES, EQUIPOS Y METODOS

Las muestras utilizadas en esta experimentación fueron dos muestras previamente molidas en un molino de bolas, material que fue proporcionado por el grupo AMAPA, no sin antes haber sido previamente mediante los procesos estándar.



Foto N° 04: Muestra de arsenopirita ensamble con pirita y argentita.



Fuente: Elaboración Propia

4.5.1. MUESTRAS

- Muestras (A) y (B) iniciales antes de llevarse a cabo el proceso de oxidación con ozono.
 - MUESTRA A:
Arsenopirita
% de arsénico libre : 20%
Antimonio : 5%
Ley de oro onz/ton : 2.5 onzas/tonelada.

Fotografía N°05: Muestra de Arsenopirita.



Fuente: Elaboración Propia

○ MUESTRA B

Arsenopirita

% de arsénico libre : 15%

Antimonio : 4%

Ley de oro onz/ton : 2.0 onzas AU/tonelada

Fotografía N°06: Muestra de Arsenopirita y pirita



Fuente: Elaboración Propia

- Muestras (A) y (B), después del proceso de oxidación con ozono.

MUESTRA A

Se observa por el método indirecto una oxidación parcial 60% de efectividad.

Fotografía N°07: muestra A después de ser oxidada por método indirecto



Fuente: Elaboración Propia

MUESTRA B

Se observa una oxidación por el método directo casi total con una efectividad del 90%

Fotografía N°08: muestra B después de ser oxidada por método directo



Fuente: Elaboracion Propia

4.5.2. MOLINO DE BOLAS

Capacidad de molienda: 120 kilos

Espesor del molino: 2 pulgadas

Radio: 0.40 cm

Largo: 0.80 cm

El molino de bolas nos permitirá pulverizar la muestra para una mejor oxidación.

Fotografía N°09: Molino de Bolas



Fuente: Elaboración Propia

4.5.3. OZONIZADOR

Ozonizador marca Beltrom

Producción de gas ozono: 2 litros /hora

Fotografía N°10: Ozonizador

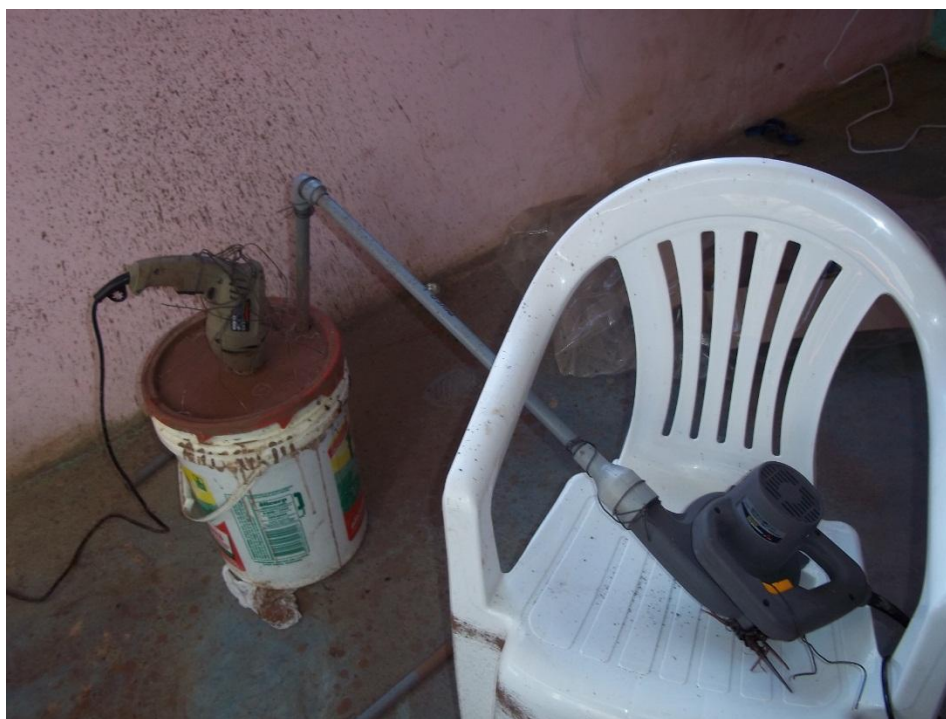


Fuente: Elaboración Propia

4.5.4. MINICOMPRESORA

Capacidad de bombeo de gas: 0.5 litros/seg.

Fotografía N°11: Minicompresora



Fuente: Elaboración Propia

4.5.5. COLUMNA DE AIREACION

LARGO: 0.30 CM

DIAMETRO: 15 cm.

Fotografía N° 12: Columna de aireación



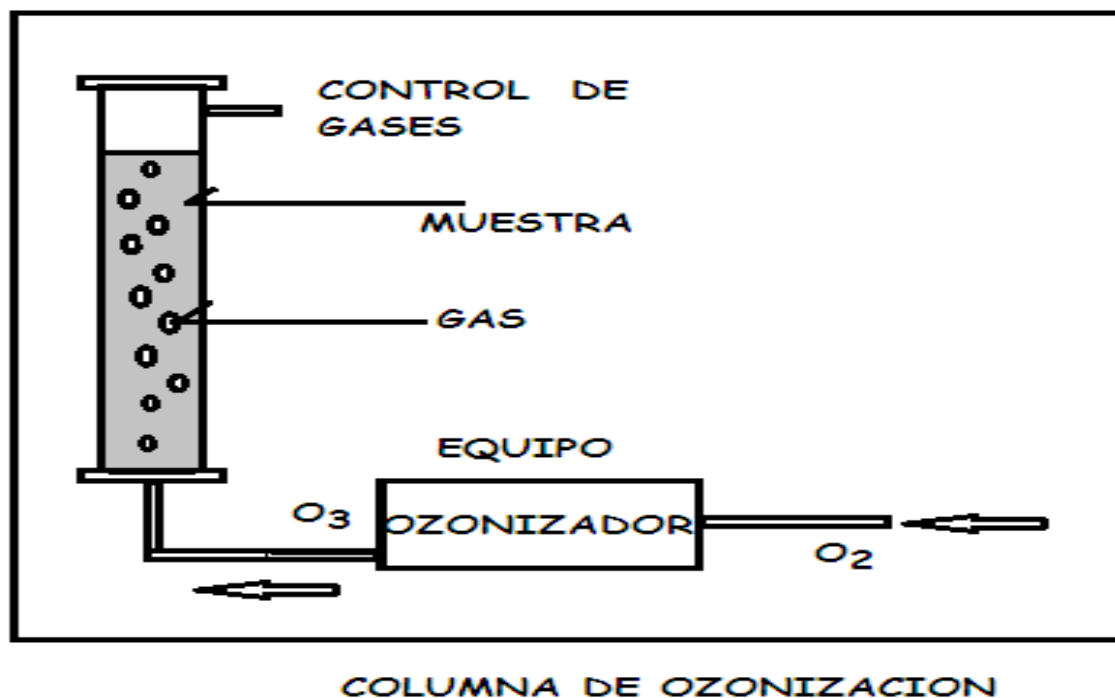
Fuente: Elaboración Propia

Figura N°13: Circuito del proceso de oxidación con ozono



Fuente: Elaboración propia

Figura N°04: diagrama del proceso de oxidación



Fuente: Elaboración propia

4.6. PARTE EXPERIMENTAL

La parte experimental para el desarrollo de este trabajo, claro esta se basa en investigaciones preliminares, en la cual se estudiaron los efectos de Oxidación del ozono en la oxidación de sulfuros por consiguiente las pruebas llevadas se llevaron en las etapas siguientes:

- Instalación de la mini planta piloto de pre tratamiento de sulfuros.
- Oxidación del mineral sulfurado.
- Análisis del resultado de oxidación con ozono.

Para la parte experimental del presente trabajo, se contó con dos muestras de mineral proporcionado por el grupo AMAPA, dicho material fue previamente caracterizado a niveles estándar antes de ser tratado con el ozono.

Para la etapa de pre oxidación se utilizó un ozonizador de marca BELTRON con capacidad de producir de 2 litros de gas ozono/hora. El ozono se inyecta en el reactor mediante el uso

del micro compresor previamente se preparó el mineral con agua destilada.

El tiempo de inyección de gas fue de 2 horas para las dos muestras de mineral A y B hasta lograr la saturación del reactor con gas ozono para luego hacer la remoción de todos los elementos refractarios ya disueltos en la solución.

4.7. ASPECTOS OPERACIONALES DEL PROCESO DE PRETRATAMIENTO

4.7.1. GENERALIDADES

Una mejora importante al proceso de los procesos metalúrgicos tales como cianuración convencional, es la oxidación de la matriz refractaria que permita condiciones adecuadas para la interacción de los valores metálicos con el agente complejante. De acuerdo a esto, será puesto el ozono Como agente oxidante, que luego permita mejorar el grado de cianuración de los minerales considerados refractarios.

En las pruebas realizadas se utilizó la inyección de ozono de modos diferentes:

METODO INDIRECTO.-

En el primer caso el pre tratamiento de ozonización consistió en contactar bajo agitación intensa tres veces la muestra de mineral con un cierto volumen de agua (2.5L) saturada con ozono, Para el pre tratamiento oxidativo indirecto, la saturación de agua con ozono fue realizada en una columna burbujeando un gasto de gas O_3/O_2 de 3 L/min con una concentración de 94 g O_3/Nm^3 por espacio de 5 minutos. Alcanzada la saturación, el agua fue transferida al reactor en donde 300 gramos de sólidos y el agua saturada con ozono fueron agitados a 800 rpm por espacio de 1 minuto. Al final del pre tratamiento, el porcentaje de sólidos de la pulpa se ajustó a 25% w/w y se llevó a cabo la cianuración.

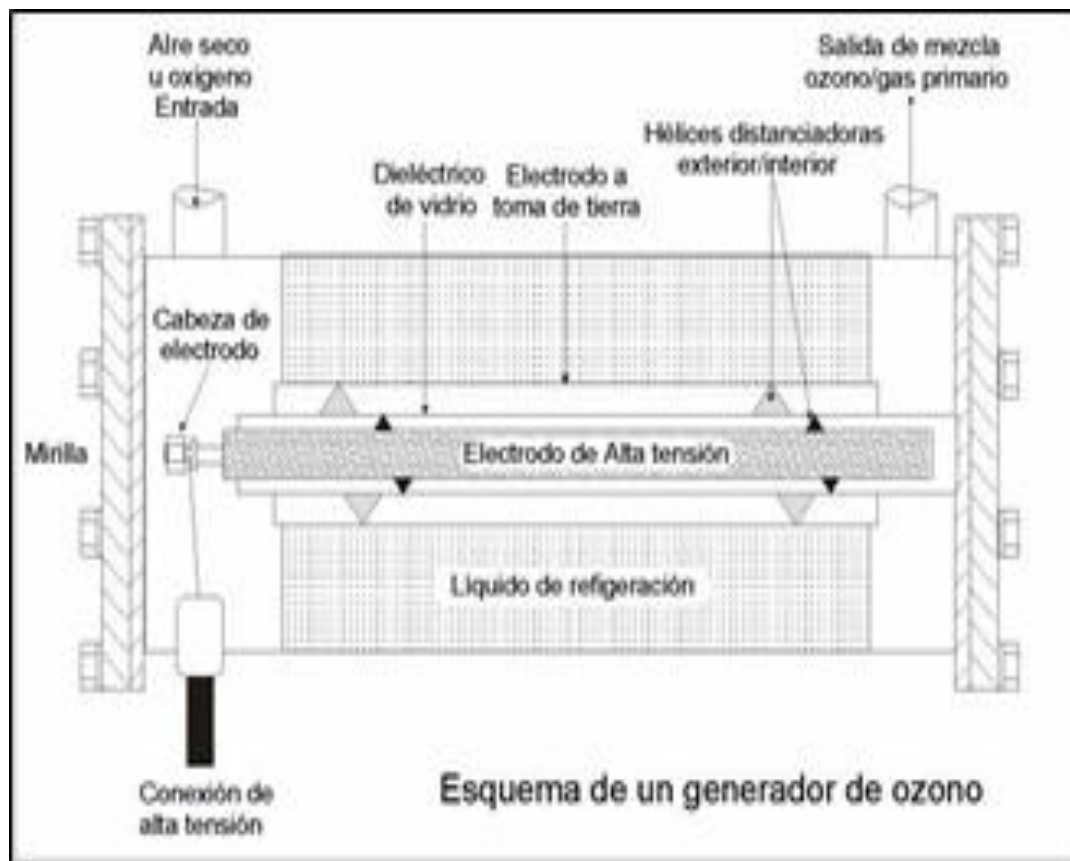
METODO DIRECTO

En el pre tratamiento directo, el ozono fue burbujeado a la pulpa en agitación, En el pre tratamiento directo, 300 gramos de muestra y 2.5 L., de agua destilada fueron colocados en el reactor. Enseguida se estableció la agitación a 800 rpm y se inyectaron 3 L/min de una mezcla de gases O_2/O_3 con una concentración de 50 g O_3/Nm^3 . Al término del pre tratamiento y muestreada la solución para su análisis, se ajustó el porcentaje de sólidos y se procedió a cianurar.

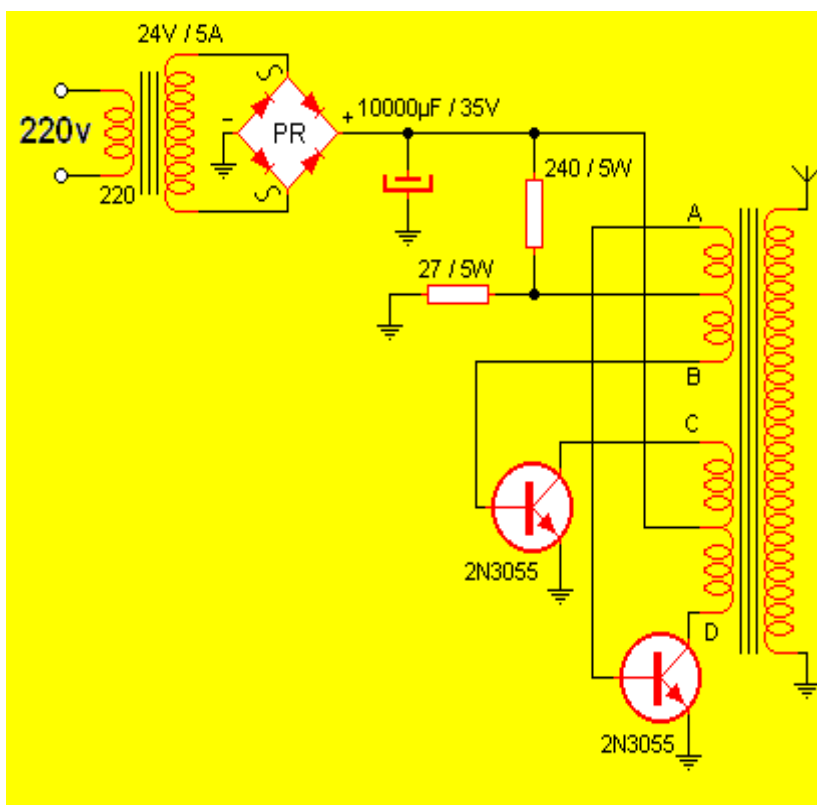


4.7.2. DISEÑO DE UN PROTOTIPO DE PLANTA PILOTO DE OXIDACION DE SULFUROS CON OZONO

Figura N°05: esquema de un generador de ozono



Fuente: lapham25.tripod.com/archivos/prototipo_ozono.pdf

Figura N°06: esquema electrónico de un ozonizador

Fuente: [www. http// lapham25.tripod.com/archivos/prototipo_ozono.pdf](http://lapham25.tripod.com/archivos/prototipo_ozono.pdf)

4.7.3. CONTROL DE PARAMETROS EN EL PROCESO DE OXIDACION

Efecto del pH:

El pH del medio de reacción tiene una influencia determinante en el proceso de oxidación Fenton. Es necesario realizar la reacción a pH ácido para generar radicales $\text{HO}\cdot$ y conseguir velocidades de oxidación elevadas. Numerosos autores han estudiado la influencia de esta variable en el tratamiento de diferentes efluentes industriales, encontrando el valor óptimo de pH en torno a 3 et al., 2001;G. El efecto tan acusado del pH inicial del proceso está relacionado con el estado en el que se encuentra el hierro que, a su vez, influye sobre la formación de radicales hidroxilo, de acuerdo con las reacciones: $\text{Fe}^{2++} + \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{Fe}^{3++} + \text{HO}\cdot + \text{HO}\cdot$ k: $76 \text{ M}\cdot\text{s}^{-1}$ [1] $\text{Fe}^{3++} + \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{Fe}^{2++} + \text{H}_2\text{O}_2\cdot + \text{W}$ k: $0,01 \text{ M}\cdot\text{Ls}^{-1}$ [2] Efecto de la concentración de H_2O_2 Se trabajó con la cantidad teórica estequiométrica, manteniendo constante la dosis de Fe^{2+} en 200 mg/L. (Morera)Eulalia.

4.7.3.1. Efecto de la concentración de Fe^{2+}

La concentración inicial de Fe^{2+} empleada favorece la extensión de la reacción, debido a una mayor producción de radicales $\text{HO}\cdot$. Las condiciones iniciales de operación empleadas en los experimentos realizados en discontinuo, para la muestra de agua residual compuesta se resumen en la Tab

4.7.3.2. Efecto de la temperatura

Dado que las condiciones climáticas (principalmente la temperatura) de las plantas de cianuración pueden variar considerablemente de un sitio a otro, es importante conocer el efecto de la temperatura sobre la velocidad de oxidación de cianuro con ozono. Para estudiar este efecto se realizaron tres pruebas a 15, 25 y 40°C para las mismas condiciones de ozonización (Flujo de gas = 1.3 L/min, velocidad de adición de ozono = 0.1 g O_3 /min, pH = 10.5). La Figura 4 presenta los perfiles de cianuro para estas pruebas. Puede observarse que la velocidad de oxidación es prácticamente la misma para todas las temperaturas. A este respecto se puede decir que, si bien se sabe que la temperatura favorece la cinética de la reacción, sin embargo, la solubilidad del ozono disminuye con el aumento de la temperatura, siendo el efecto global despreciable. Cabe aclarar que en el caso de la oxidación de cianuro por el ozono, el proceso está limitado por la cantidad de ozono que se puede introducir al sistema (aproximadamente 10%w máximo por características de los generadores), por lo que el efecto benéfico de la temperatura sobre la cinética de la reacción no puede ser apreciado en estos casos. Figura 4.- Efecto de la temperatura de la solución en la oxidación de cianuro. IV.- Efecto de la presencia de cobre en la solución Se ha reportado que la presencia del cobre cataliza la oxidación de cianuro (Gurol et al., 1984), disminuyendo el consumo de ozono y el tiempo de reacción. Para corroborar este hecho se realizó una serie de pruebas de oxidación de una solución de 300 mg/L de cianuro con diferentes contenidos de cobre. Todas las pruebas se realizaron a las mismas condiciones de ozonización (flujo de gas = 3 L/min, concentración de ozono en el gas = 3%, velocidad de adición de ozono = 0.1 g O_3 /min, pH = 11). El cobre se adicionó como sulfato cúprico grado reactivo.

4.7.3.3. Efecto de la presencia del cobre

Se ha reportado que la presencia del cobre cataliza la oxidación de cianuro (Gurol et al., 1984), disminuyendo el consumo de ozono y el tiempo de reacción. Para corroborar este hecho se realizó una serie de pruebas de oxidación de una solución de 300 mg/L de cianuro con diferentes contenidos de cobre. Todas las pruebas se realizaron a las mismas condiciones de ozonización (flujo de gas = 3 L/min, concentración de ozono en el gas = 3%, velocidad de adición de ozono = 0.1 g O₃/min, pH = 11). El cobre se adicionó como sulfato cúprico grado reactivo. La Figura 5 muestra los perfiles de cianuro obtenidos en estas pruebas, realizadas por R. Carrillo (Carrillo, 2000). Es importante mencionar que en esta gráfica se reporta el análisis de cianuro total, dado que debido a la presencia de cobre en solución, el cual forma complejos con el cianuro, los perfiles de desaparición de cianuro libre no nos daría una indicación de la velocidad de oxidación del cianuro. El cianuro total se reconstruyó numéricamente a partir del análisis de cianuro libre por electrodo y titulación, del análisis de cobre en solución y de la resolución de los equilibrios químicos de todas las especies cianuro-cobre que pueden formarse a determinado valor de pH. Como lo muestra la Figura, cantidades menores de 80 mg/L de cobre no afectan la velocidad de oxidación del cianuro, la cual es similar a la obtenida en ausencia de cobre. A concentraciones de cobre mayores de 80 mg/L, la velocidad de oxidación de cianuro se incrementa. Este incremento en la velocidad de oxidación de cianuro se mantiene igual, sin importar el exceso de cobre adicionado a la solución. (Lara-Banda, 1999).

4.7.4. CONTROL DEL PROCESO

El ozono (O₃) es una forma alotrópica e inestable del oxígeno que se produce al someter un flujo de aire (u oxígeno) seco a una fuerte descarga eléctrica, a temperaturas bajas. El O₃ es un gas azul y altamente tóxico con olor picante. Como es un fuerte agente oxidante resulta eficaz como desinfectante. Solo es ligeramente soluble en agua, y esto unido a su inestabilidad (muy rápidamente intenta volver a formar O₂), hace que sea difícil dejar o mantener ozono residual en el agua. Por su fuerte carácter oxidante, es útil, además, para la eliminación de olor, sabor, materia orgánica, hierro, manganeso, derivados fenólicos, etc. El ozono tiene que ser producido "in situ". Las descargas eléctricas pueden variar entre 5.000 y 20.000 voltios, con frecuencias entre 50 y 500 Hz. El sistema debe desecar el aire y refrigerar el sistema para optimizar la producción de ozono. El aire se hace pasar por tubos con electrodos que producen descargas continuas. La concentración normal de ozono en el aire ozonizado es, por término medio, de 10



a 20 g/m³ , medido a presión atmosférica, y siempre que la desecación del aire sea óptima (punto de rocío entre -40 y -60 °C). Un ozonizador consume de 14 a 18 Wh por gramo de ozono producido. Una desecación poco eficaz del aire tiene como consecuencia una producción neta menor, consumos eléctricos específicos mayores y el deterioro rápido de los electrodos del ozonizador. El ozono no genera productos residuales extraños, ni olores ni sabores, pero es caro, al consumirse gran cantidad de energía en su producción. Otro inconveniente importante es que no deja residual, por lo que habrá que clorar para asegurar la calidad en la red de abastecimiento. Las dosis de ozono en desinfección suelen ser pequeñas, entre 0.5 y 4 mg/L. Para la fase de contacto con el agua se utilizan tanques cerrados con tiempos de retención de entre 5 y 10 minutos. Después de este tiempo debe existir una concentración residual de O₃ de entre 0.3 y 0.5 mg/L. Para eliminar totalmente los gérmenes comunes y los virus, debe mantenerse una concentración de ozono residual de 0.3 a 0.4 mg/L durante un tiempo mínimo de cuatro minutos. Es importante un buen contacto entre las burbujas de aire-ozonizado y el agua. Esto se consigue con buena turbulencia y con el mayor número posible de burbujas. Mientras más fina sea la burbuja mayor será la superficie de contacto. El ozono es poco soluble. El rendimiento de disolución disminuye si la temperatura del agua aumenta y cuando la presión de inyección disminuye. (Weir, 1984)

4.7.5. VARIABLES QUE INTERFIEREN EN EL PROCESO DE OXIDACION CON EL OZONO

Los factores que pueden intervenir en el proceso de la oxidación de sulfuros son principalmente: La temperatura.-es un factor muy importante en el proceso de oxidación de los sulfuros, ya que de acuerdo a las pruebas realizadas se observó que a mayor temperatura se logra una mejor oxidación pero a la vez se observa la degradación más rápida del ozono ya que sabemos que es muy inestable. PH de las muestras a oxidar.- los sulfuros al ser oxidados producen insito aguas aciduladas, a la vez estas aguas aciduladas ayudan a oxidar con más rapidez los sulfuros, por lo que es recomendable en todo caso hacer la oxidación sin adicionar en todo caso cal u otros aditivos. Caudal de ozono en el reactor de oxidación.-en el reactor de laboratorio para un kilo de sulfuro se procedió a hacer la alimentación con ozono a un promedio de 1 litro de ozono/hora el cual es la dosificación ideal para hacer en forma correcta la oxidación a mayor caudal se observa que no varía significativamente la oxidación y/o menor caudal se observa que si hay deficiencia en la oxidación de los sulfuros. Tiempo de contacto del ozono con el sulfuro.- el contacto del ozono con el sulfuro depende mucho del caudal de ozono con el reactor ya que es necesario el flujo constante y permanente para poder obtener resultados satisfactorios, cabe



señalar que en zonas donde no se produjo el contacto del ozono con el sulfuro no se llevó a cabo la oxidación correspondiente. Agitación permanente del reactor.-es muy importante la constante agitación del reactor por la razón de que permitirá constantemente el contacto del ozono con los sulfuros por lo que la oxidación con ozono muestra mejores resultados con la aplicación del método directo. En todo caso es recomendable hacer el uso del ozono para efectos de la oxidación de sulfuros el método directo. Diámetro del mineral a ser oxidado.-los sulfuros a ser oxidados tienen que ser de malla fina para poder facilitar la oxidación en forma satisfactoria.

4.8. INTERPRETACION Y ANALISIS

Pretratamiento oxidativo indirecto de las muestras de estudio; tres contactos con agua saturada con ozono seguido por cianuración para la muestra **A** no mostró mejoras en las recuperaciones de los metales preciosos, mientras que en la muestra **B** se observó un incremento sustancial en éstas: + 35.3% para el oro y un incremento de + 52.3% para la plata.

La caracterización de los residuos de prueba y las determinaciones de demanda de oxígeno de las muestras iniciales llevan a establecer que las refractariedades de una y otra muestra son diferentes. Es decir en muestra **A**, el oro aunque libre no está siendo solvatado por el medio de sulfatos, mientras que las especies de plata se encuentran en asociaciones complejas e inclusiones en sulfuros.

4.8.1. OBSERVACION DEL PRETRATAMIENTO

El pretratamiento oxidativo indirecto muestra una oxidación parcial en los sulfuros por lo cual al usar este método es necesario emplear más tiempo de contacto del ozono con el mineral.

El pretratamiento oxidativo directo en cambio muestra un mejor efecto en el sulfuro por lo que su efectividad es mayor que el pretratamiento indirecto.

Las especies de plata identificadas en muestra **A** fueron pirargirita y freibergita. La primera de éstas, 31.6% de la plata se presenta tanto libre como incluida. Aproximadamente el 68.4% de la plata se encuentra como freibergita y se presenta asociada, incluida y con inclusiones.

En muestra **B**, el 14.28% del oro se encuentra totalmente libre y tiene un tamaño de 8 micras, el restante se encuentra asociado e incluido en diversos sulfuros. Como en la muestra previa, las especies de plata identificadas son: pirargirita (22.2%) y tetrahedrita variedad freibergita (77.8%). El 50% de la pirargirita se encuentra libre con tamaño promedio de 15 micras, la

restante está asociada e incluida en cuarzo. Sólo el 42.85% de la freibergita se encuentra libre, el resto se encuentra asociada a esfalerita, pirita y calcopirita.

4.8.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACION.

El pre tratamiento oxidativo fue realizado de dos maneras: indirecto y directo. En el primer caso, el pre tratamiento de ozonización consistió en contactar bajo agitación intensa tres veces la muestra mineral con un cierto volumen de agua (2.5 L) saturada con ozono. En el pre tratamiento directo, el ozono fue burbujeado a la pulpa en agitación. Para el pre tratamiento oxidativo indirecto, la saturación de agua con ozono fue realizada en una columna burbujeando un gasto de gas O_3/O_2 de 3 L/min con una concentración de $94 \text{ g } O_3/Nm^3$ por espacio de 5 minutos. Alcanzada la saturación, el agua fue transferida al reactor en donde 300 gramos de sólidos y el agua saturada con ozono fueron agitados a 800 rpm por espacio de 1 minuto. Al final del pre tratamiento, el porcentaje de sólidos de la pulpa se ajustó a 25% w/w y se llevó a cabo la cianuración.

En el pre tratamiento directo, 300 gramos de muestra y 2.5 L de agua destilada fueron colocados en el reactor. Enseguida se estableció la agitación a 800 rpm y se inyectaron 3 L/min de una mezcla de gases O_2/O_3 con una concentración de $50 \text{ g } O_3/Nm^3$. Al término del pre tratamiento y muestreada la solución para su análisis, se ajustó el porcentaje de sólidos y se procedió a cianurar.

4.8.3. PRINCIPIO DE LA OXIDACION CON OZONO EN LABORATORIO

La oxidación de los sulfuros en pruebas pilotos nos da la certeza de que es posible hacer este trabajo de pretratamiento a escala mayor, nos facilita hacer los parámetros para poder manipular eficientemente el reactor de ozonización caracterizando parámetros tales como temperatura pH, tiempo de contacto entre otros.

Además podemos monitorear ínsito los procesos y condiciones en que se da el proceso oxidativo de los sulfuros.

4.8.4. INSTRUMENTOS DE LA RECOLECCION DE DATOS.

Para sacar las deducciones respectivas se aplicó los cálculos de ley mínima explotable (LME):
-costo de minado.



- desarrollo y preparación (de sistema piloto de oxidación con gas ozono).
- proceso metalúrgico.
- gastos generales.
- imprevistos.

4.8.5. CONFIABILIDAD.

La confiabilidad del instrumento se obtuvo de los resultados de la prueba piloto el cual se aplicó para la muestra A y la muestra B.

4.8.5.1. CÁLCULO DE LA VARIANZA Y DESVIACION ESTANDAR PARA LA MUESTRA A:

Tiempo de prueba (horas) Li	1 a 2	3 a 3
% de oxidacion	60%	80%

Li	Xi	fi	$Xifi$	Xi^2	$fiXi^2$
1 a 2	1.5	60	90	2.25	135
2 a 3	2.5	80	200	6.25	500
Total		140	290		635

Hallando la media aritmética:

$$X = \frac{290}{140} = 2.07$$

Reemplazando los valores en $S^2 = \frac{\sum fiX^2 - nX^2}{n-1}$

$$S^2 = \frac{635 - 140(2.07)^2}{140-1} = \frac{35.114}{139} = 0.25$$

$$S^2 = 0.25$$

$$S = 0.5$$



De acuerdo a la tabla N°4 indica que la desviación estándar se encuentra dentro de la confiabilidad moderada, lo cual se mejoraría con la exposición del gas ozono a la muestra en más horas con lo cual se debería de llegar al punto de confiabilidad perfecta.

4.8.5.2. CÁLCULO DE LA VARIANZA Y DESVIACION ESTANDAR PARA LA MUESTRA B:

Tiempo de prueba (horas)Ii	1 a 2	3 a 3
% de oxidacion	80%	90%

Ii	Xi	fi	Xifi	Xi^2	$fiXi^2$
1 a 2	1.5	80	120	2.25	180
2 a 3	2.5	90	225	6.25	562.5
Total		170	345		742.5

Hallando la media aritmética:

$$X = \frac{345}{170} = 2.02$$

Reemplazando los valores en $S^2 = \frac{\sum fiX^2 - nX^2}{n-1}$

$$S^2 = \frac{742.5 - 170(2.02)^2}{170-1} = \frac{48.832}{169} = 0.28$$

$$S^2 = 0.28$$

$$S = 0.529$$

De acuerdo a la tabla N°4 indica que la desviación estándar se encuentra dentro de la confiabilidad moderada, lo cual se mejoraría por criterio con la exposición del gas ozono a la muestra en más horas con lo cual se debería de llegar al punto de confiabilidad perfecta pero en menor tiempo que la muestra A.



Tabla N°4: confiabilidad de resultados de prueba piloto

TABLA DE CATEGORIAS	ESCALA	CATEGORIA
	$\alpha = 1$	Confiabilidad perfecta
	$0,90 \leq \alpha \leq 0,99$	Confiabilidad muy alta
	$0,70 \leq \alpha \leq 0,89$	Confiabilidad alta
	$0,60 \leq \alpha \leq 0,69$	Confiabilidad aceptable

$0,40 \leq \alpha \leq 0,59$	Confiabilidad moderada
$0,30 \leq \alpha \leq 0,39$	Confiabilidad baja
$0,10 \leq \alpha \leq 0,29$	Confiabilidad muy baja
$0,01 \leq \alpha \leq 0,09$	Confiabilidad despreciable
$\alpha = 0$	Confiabilidad nula

Fuente: Cromwatch

4.9. PROCESAMIENTO DE RECOLECCION DE DATOS.

Para recolectar los datos referentes al uso del ozono se puede implicar:

- Verificar la validez y confiabilidad del instrumento aplicado en la medición de la oxidación de los sulfuros y su influencia en el valor final del mineral.
- Aplicación del experimento en otros yacimientos de la región.
- Estructuración y revisión de la base de datos.
- Análisis de la composición demográfica de la muestra.
- Cálculo de medición de datos y su influencia en la valorización del mineral.

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

1.-El pretratamiento oxidativo indirecto mediante el gas ozono muestra una oxidación parcial en los sulfuros por lo cual al usar este método es necesario emplear más tiempo de contacto del ozono con el mineral.

El pretratamiento oxidativo directo en cambio muestra un mejor efecto en el sulfuro por lo que su efectividad es mayor que el pre tratamiento indirecto.

2.-El pre tratamiento oxidativo indirecto solo produjo resultados satisfactorios en el material **B**, en el que la refractariedad es debida principalmente a la presencia de minerales consumidores de oxígeno y en el que las asociaciones de metales preciosos-sulfuros son simples.



En el material **A**, en el que las asociaciones de los metales preciosos son complejas, el burbujeo de ozono a la pulpa (ozonización directa), redujo el tiempo de cianuración de 72 a 24 horas.

3.- la oxidación del mineral sulfurado, permitirá incrementar la recuperación del oro, plata. La alta concentración de sulfato en el medio después de ozonizar, indica que una parte de la plata disuelta proviene de la oxidación parcial de sulfuros.

La baja concentración de los metales preciosos en las muestras de estudio dificulta el seguimiento puntual de todas y cada una de las especies presentes; se observa mejor los resultados en la ozonización de muestras puras (o minerales con concentraciones mayores de metales preciosos) lo cual nos proporcionaría mayor información sobre el proceso o mecanismo de disolución durante el paso de ozonización. Pruebas de ozonización de pirargirita pura, muestran que comparando sus velocidades de disolución en la cianuración (1.16×10^{-7} mol/L/min) y durante ozonización (1.58×10^{-5} mol/L/min), esta última es 136 veces mayor que la primera.



RECOMENDACIONES

1. Se sugiere al grupo minero AMAPA, establecer una planta piloto el cual permita hacer el pretratamiento oxidativo de minerales sulfurados mediante el uso del gas ozono y en el cual se haga el pretratamiento de minerales principalmente con alto contenido de arsénico.
2. Se recomienda el asesoramiento de profesionales que tengan conocimiento en el tema a fines de que puedan orientar y tomar decisiones atinadas principalmente en el proceso operacional del pretratamiento oxidativo con el gas ozono.
3. Recibir la inquietud de mineros que tengan problemas que se resumen en este trabajo como ejm. Labores que contengan alto contenido de arsénico.



MATRIZ DE CONSISTENCIA

“ANÁLISIS DEL INCREMENTO DE LA OXIDACIÓN DE SULFUROS CON ALTO CONTENIDO DE ORO, PARA MEJORAR LA RECUPERACIÓN METALÚRGICA EN EL CENTRO MINERO MINASPATA PACHACONAS-ANTABAMBA-APURIMAC 2014”					
Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Metodología	Población
Problema General:	Objetivo General:	Hipótesis General:	Dependiente:	Tipo: Aplicativa y de campo. Nivel: descriptivo y aplicativo Método: Analítico descriptivo deductivo y otros. Diseño: experimental	Población MINASPATA 2014 Pachaconas-Antabamba-Apurimac Muestra: Producción y muestras de la empresa.
A) ¿Cómo podría hacerse posible que minerales con alto contenido de arsénico sean explotados ventajosamente	A) ¿Cómo podría explotarse yacimientos mineros con altos contenidos de arsénico, zinc, etc haciendo el uso del gas ozono?	Aplicar el ozono en forma directa o indirecta sobre los minerales sulfurados con alto contenido de arsénico.	Optimizar la recuperación metalúrgica Indicador e índice Optimización en la Recuperación del oro. Producción: Explotación Conveniente de minerales con alto contenido de arsénico.		
Problema específico:	Objetivo específico:	Hipótesis específica:	Independiente:		
A) ¿De qué manera se podrían oxidar los minerales sulfurados con alto contenido de arsénico?	A) Lixiviar los minerales que interfieren con los procesos metalúrgicos tales como arsénico bismuto y zinc.	El uso del ozono en la etapa de pretratamiento del proceso metalúrgico permitirá oxidar los sulfuros	Oxidación de sulfuros por ozonización Indicador e Índice Económico: Mayor liquidación en la planta de metalúrgica.		
B) ¿Qué elementos o compuestos químicos podríamos usar para oxidar los minerales sulfurados?	B) Hacer económicamente rentable la explotación del yacimiento mediante el pretratamiento de los minerales sulfurados con ozono.	El ozono producirá reacciones químicas con el arsénico, bismuto, zinc.	Oxidación de sulfuros por ozonización Indicador e Índice Económico: mayor liquidación en la planta metalúrgica		
C) ¿Cuál es el beneficio de oxidar los minerales sulfurados con contenido de arsénico?	C). Crear una planta piloto donde se pueda oxidar los minerales sulfurados.	Mayor recuperación de oro en la planta metalúrgica	El ozono que no llega a reaccionar con los minerales sulfurados se convierte en oxígeno		

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

(E. Elorza Rodríguez)1980

Deng, T.L., Liao, M.X., Wang, M.H., Chen, Y.W. y Belzile, N. (2000). "Investigations of Accelerating Parameters for the Bio oxidation of Low-Grade Refractory Gold Ores." *Minerals Engineering* 13(14-15): 1543-1553.

Gasparri, C. (1993). Gold and Other Precious Metals from Ore to the Market. Berlin Heidelberg, Springer-Verlag. 335.

Haque, K.E. (1992). "The Role of Oxygen in Cyanide Leaching of Gold Ore." *CIM Bulletin* 85(963): 31-38.

Lehman, M., O'Leary, S. y Dunn, J. (1999). "An Evaluation of Pretreatments to Increase Gold Recovery from a Refractory Ore Containing Arsenopyrite and Pyrrhotite." *Minerals Engineering* 13(1): 1-18.

Levis, G.O. (1998). Randol Gold and Silver Forum. An Alternative Hydrometallurgical Approach to the Treatment of Gravity Concentrates, Denver, Colorado, USA, 26-29. 105-108.

Lodeischikov, V.V., Dementyev, V.Y., Khmel'nitskaya, O.D., Chikina, T.V. y Lanchakova, O.V. (2006). XXIII International Mineral Processing Congress. Prospects for Using Non-Cyanide Solvents in Processing of Precious Metal Ores and Concentrates, Istanbul, Turkey.

Luna-Sanchez, R.M., González, I. y Lapidus, G.T. (2002). "An Integrated Approach to Evaluate the Leaching Behaviour of Silver from Sulfide Concentrates." *Journal of Applied Electrochemistry* (32): 1157-1165.

Michaelis, H. (1993). Randol Gold Forum Beaver Creek '93. Options for Treatment of Refractory Gold Ores, Colorado. 157-168.

Weir, D.R. y Berezowsky, M.G. (1984). "Gold Extraction from Refractory Concentrates." 26pp.

Yannopoulos, J. (1991). The Extractive Metallurgy of Gold. New York, Van Nostrand Reinhold.



Tabla N°5: Control de longitud de avance en la labor principal y tajeo (Mes de noviembre)

Fecha - Día	Turno	Tipo		N° TAL. PERF.		N° de Tal. Cargados	Sección (m ²)	Long. Perf. Prom (m)	Long. Taco. Prom (m)	Avance Lineal	Pies Perf. por Disparo	Eff. Perforación	Eff. Voladura
	T	Frente	chim	4 pies	5pies								
Martes - 01/11/13	x	x		19		17	2.10x 1.80	1.10	0.10	1	61.2	90	90
Miércoles - 02/11/13	x	x		22		20	2.10 x 1.80	1.10	0.15	1	79.2	90	91
Jueves - 03/11/13	x	x		22		20	2.10 x 1.80	1.10	0.15	1	79.2	90	86
Viernes - 04/11/13	x	x		20		21	2.10 x 1.80	1.10	0.10	1	72	90	86
sábado - 05/11/13	x	x	x	12		10	2.10 x 1.80	1.10	0.10	0.95	43	90	86
domingo - 06/11/13	x	x		20		18	2.10 x 1.80	1.10	0.10	0.95	72	90	91
lunes - 07/11/13	x	x		20		19	2.10 x 1.80	1.10	0.10	1	72	90	86
martes - 08/11/13	x	x		19		18	2.1 x 1.80	1.10	0.20	1	68.4	90	91
miércoles - 09/11/13	x	x		20		18	2.10 x 1.80	1.10	0.10	1	68.4	90	94
jueves - 10/11/13	x	x		22		20	2.10 x 1.80	1.10	0.10	1.03	79.2	90	82
viernes - 11/11/13	x	x		20		18	2.10 x 1.80	1.10	0.15	0.9	68.4	90	86
sábado - 12/11/13	x	x		18		17	2.10 x 1.80	1.10	0.15	1	64.8	90	85
domingo - 13/11/13	x	x	x	09		08	2.10 x 1.80	1.10	0.15	1	32.4	90	91
lunes - 14/11/13	x	x		20		19	2.10 x 1.80	1.10	0.13	1	68.4	90	95
martes - 15/11/13	x	x		21		19	2.10 x 1.80	1.10	0.08	0.95	75.6	90	90
miércoles - 16/11/13	x	x		22		20	2.10 x 1.80	1.10	0.10	0.95	79.2	90	93
jueves - 17/11/13	x	x		19		18	2.10 x 1.80	1.10	0.10	1	68.4	90	87
viernes - 18/11/13	x		x	11		10	2.10 x 1.80	1.10	0.10	1	68	90	93
sábado - 20/11/13	x	x		21		20	2.10 x 1.80	1.10	0.10	0.97	39.6	90	90
domingo - 21/11/13	x	x		22		21	2.10 x 1.80	1.10	0.13	1.02	79.2	90	89
lunes - 22/11/13	x		x	10		09	2.10 x 1.80	1.10	0.15	1	36	90	91

Fuente: elaboración propia

Fuente. Elaboración propia

TABLA N°6 CONTROLES DE FATOR DE CARGA DE LABOR PRINCIPAL

FECHA	NUMERO DE TALADROS	DINAMITA 65% (UNID)	PESO EN (kg)	TOTAL DINAMITA (Kg)	ANFO (UNID.)	PESO (Kg)	TOTAL ANFO (Kg)	PESO TOTAL EXPLOSIVOS (Kg)	SECCION (m2)	METROS CUBICOS X DISPARO	F. C. KG/m2
01/12/2013	22	45	0.08	3.6	125	0.104	13	16.6	6.5	6.435	2.58
02/12/2013	19	47	0.08	3.76	130	0.104	13.52	17.28	6.5	6.435	2.685
03/12/2013	19	39	0.08	3.12	110	0.104	11.44	14.56	6.5	6.435	2.263
04/12/2013	18	46	0.08	3.68	130	0.104	13.52	17.2	6.5	6.435	2.673
05/12/2013	22	45	0.08	3.6	130	0.104	13.52	17.12	6.5	6.435	2.66
06/12/2013	20	28	0.08	2.24	100	0.104	10.4	12.64	6.5	6.435	1.964
07/12/2013	21	46	0.08	3.68	130	0.104	13.52	17.2	6.5	6.435	2.673
08/12/2013	20	37	0.08	2.96	110	0.104	11.44	14.4	6.5	6.435	2.238
09/12/2013	21	42	0.08	3.36	120	0.104	12.48	15.84	6.5	6.435	2.462
10/12/2013	22	45	0.08	3.6	130	0.104	13.52	17.44	6.5	6.435	2.71
11/12/2013	19	36	0.08	2.88	110	0.104	11.44	14.32	6.5	6.435	2.225
12/12/2013	22	42	0.08	4	130	0.104	13.52	14.52	6.5	6.435	2.723
13/12/2013	21	42	0.08	3.36	110	0.104	11.44	14.8	6.5	6.435	2.3
14/12/2013	20	49	0.08	3.92	130	0.104	13.52	17.44	6.5	6.435	2.71
15/12/2013	20	41	0.08	3.28	100	0.104	13.52	17.12	6.5	6.435	2.66
16/12/2013	20	39	0.08	3.12	110	0.104	11.44	14.56	6.5	6.435	2.263
17/12/2013	19	42	0.08	3.36	125	0.104	13	16.36	6.5	6.435	2.542
18/12/2013	22	46	0.08	3.68	125	0.104	13	16.68	6.5	6.435	2.592
19/12/2013	22	42	0.08	3.36	125	0.104	13	16.36	6.5	6.435	2.542
20/12/2013	19	46	0.08	3.68	130	0.104	13.52	17.2	6.5	6.435	2.673
21/12/2013	22	47	0.08	3.76	130	0.104	13.52	17.28	6.5	6.435	2.685
22/12/2013	22	49	0.08	3.92	130	2.71	2.71	2.71	2.71	2.71	2.71

Volumen: S x LTP x EPP

S : Seccion

Fuente: elaboracion propia

LTP: Longitud de taladro perforado

EPP: Eficiencia promedio de perforacion



TABLA N°7 PRODUCCION DEL MES DE FEBRERO (TONELADAS)

LABORES	LUNES - 04/02/13									
	SECCION (B*A) M2	BARRENOS			VOLUMEN ROTO (m3)	P.e. 3,2 (ton/m3)	VOLUMEN TOTAL (ton)	TONELADAS/DIA (TON)	TONELADAS DE MINERAL(TON)	TONELADAS DE DESMONTE(TON)
		3 Pies	4 Pies	5 Pies						
GALERIA SAN JUAN-M	3.2		1.2192		3.90144	3	12.484608	24.969216	5.72	19.249216
GALERIA CANDELAR.-M	5.64		1.2192		6.876288	3	22.0041216	44.0082432	7.28	36.7282432
GALERIA APU PALLCHA-M	1.2		1.2192		1.46304	3.2	4.681728	9.363456	2.08	7.283456
GALERIA S.T. BARBARA-M	1.92		1.2192		2.340864	3.2	7.4907648	14.9815296	2.6	12.3815296
GALERIA V.T DORADA I										
GALERIA V.T.DORADA II										
GALERIA V.G CONCEPCION	1.76		1.2192		2.145792	3.2	6.8665344	13.7330688	2.08	11.6530688
GALERIA S, N PEDRO										
GALERIA L.S.M PACHAN	1.32		1.2192		1.609344	3.2	5.1499008	10.2998016	1.82	8.4798016
GALERIA ANGELICA	0.8		1.2192		0.97536	3.2	3.121152	6.242304	1.04	5.202304
GALERIA S.T. ELENA										
GALERIA NATIVIDAD										
GALERIA S.Ñ. LUREN										
GALERIA ESPERANZA	3		1.2192		3.6576	3.2	11.70432	23.40864	5.72	17.68864
GALERIA CATALINA	1.65		1.2192		2.01168	3.2	6.437376	12.874752	0	12.874752
GALERIA VERONICA										
GALERIA NIÑO JESUS										
GALERIA EDEN										
GALERIA SAN JUAN-I										
GALERIA SALMON	2.34		1.2192		2.852928	3.2	9.1293696	18.2587392	0	18.2587392
GALERIA LUCA LOAYZA	2.1		1.2192		2.56032	3.2	8.193024	16.386048	0	16.386048
GALERIA ROBERT CASTAÑ.	1.2		1.2192		1.46304	3.2	4.681728	9.363456	0.52	8.843456
GALERIA CLEMENTE ALZAM.	1.2		1.2192		1.46304	3.2	4.681728	9.363456	0.52	8.843456
							106.626355	213.25271	29.38	183.87271

Fuente: elaboración propia

ANEXOS



ANEXO N°01: FOTOS

Foto N° 14: Tobogán (ore pass)



Fuente: Elaboración propia

Foto N°15: selección y ensacado del mineral



Fuente: Elaboración propia

Fotografía N°16: cancha de mineral.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 17: Tolva con cuadro de madera



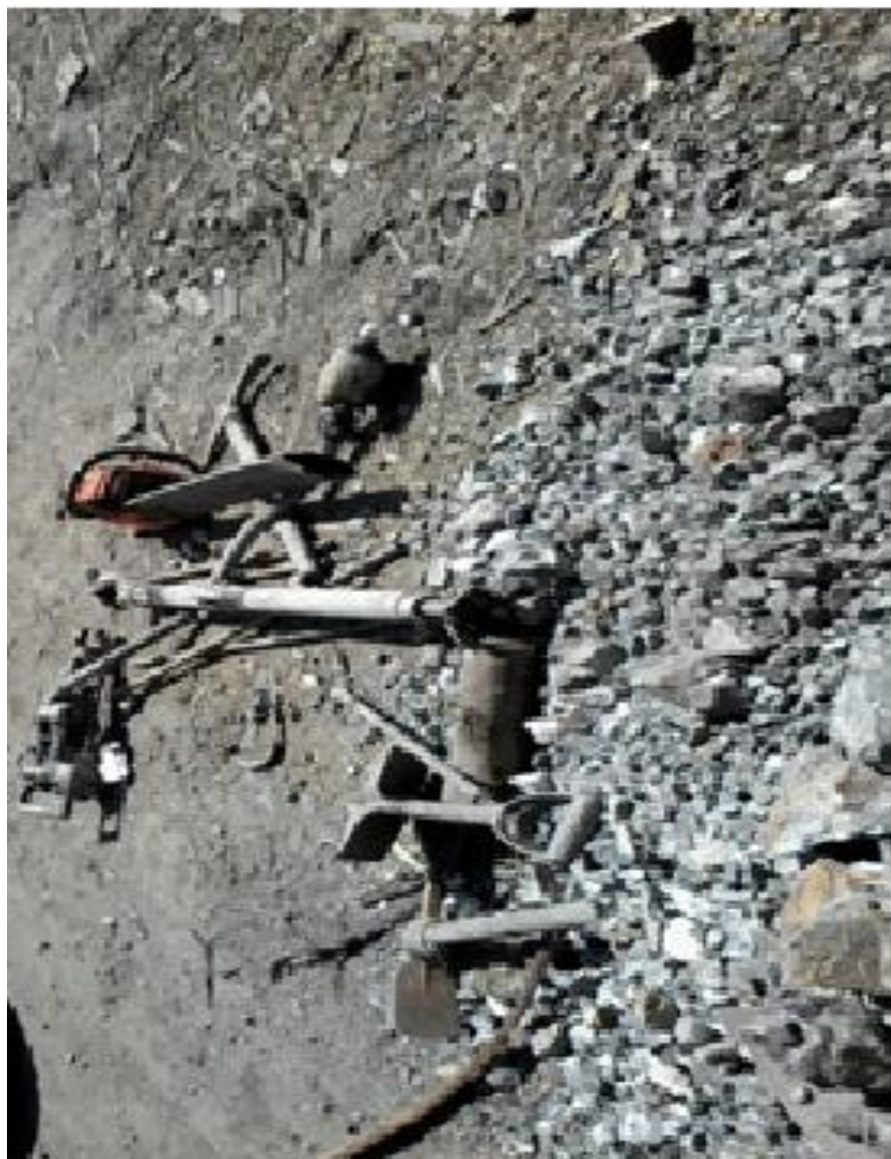
Fuente: Elaboración propia

Fotografía N°18: Generador eléctrico



Fuente: Elaboración Propia

Foto N°19: Equipos y accesorios de perforación



Fuente: Elaboración propia

Foto N° 20: Compresora de 120PSI



Fuente: Elaboración propia

ANEXO N° 02: CHARLA DE SEGURIDAD
**CHARLA DE SEGURIDAD DE 5
MINUTOS**
DIRECCIÓN DE SEGURIDAD

**N° DE CHARLAS DE SEGURIDAD IMPARTIDAS POR EL SUPERVISOR Y
CONFORMIDAD DEL TRABAJADOR.**

Nombre del Supervisor	Firma	Nombre del Trabajador	Firma

Recomendaciones:

REPORTE DE INCIDENTES

INCIDENTES	MEDIA CORRECTIVA
	REPORTADO POR:
	REPORTADO POR:
	REPORTADO POR:

ANEXO N°03: CARTILLA DE ASISTENCIA A CAPACITACIONES

REPORTE DE OCURRENCIA

FECHA:.....HORA:.....

MINA:.....

ZONA:.....NIVEL:.....

LABOR:.....REFERENCIA:.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

REPORTE DE OCURRENCIA

FECHA:.....HORA:.....

MINA:.....

ZONA:.....NIVEL:.....

LABOR:.....REFERENCIA:.....

.....

REPORTANTE:.....

REPORTE DE OCURRENCIA

FECHA:.....HORA:.....

MINA:.....

ZONA:.....NIVEL:.....

...LABOR:.....REFERENCIA:.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

REPORTE OCURRENCIA

FECHA:.....HORA:.....

MINA:.....

ZONA:.....NIVEL:.....

LABOR:.....REFERENCIA:....

.....

REPORTANTE:.....



ANEXO N°04:ASISTENCIA A CAPACITACIONES

ASISTENCIA A CAPACITACIONES

COMUNICACIONES Y ENTRENAMIENTO

TEMA: _____ **Fecha:** _____ **capacitación** **seguridad**

EXPOSITOR: _____/...../..... **Reunión** **medios a.**

DURACION: _____ **auditoria** **técnico/optv.**

Charla **administrativo**

N°	Apellidos y nombres	Área/sección	Entidad	DNI	Firma