

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINERA Y METALÚRGICA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA METALURGICA**



**“ IMPLEMENTACION DE UNA PLANTA DE  
TRATAMIENTO DE MINERALES SULFURADOS DE ORO  
Y PLATA Y ASEGURAMIENTO DE CALIDAD”**

**INFORME DE COMPETENCIA PROFESIONAL**

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO METALURGISTA**

**PRESENTADO POR:**

**Andrés, Díaz Aquino**

**Asesor:**

**Msc. Santiago Valverde Espinoza**

**Lima – Perú**

**2014**

## RESUMEN

El presente Proyecto está orientado a la instalación de una planta para el tratamiento de un mineral con sulfuros con contenidos de oro y plata, las cuales de acuerdo a otras experiencias se tienen problemas para la extracción del oro a niveles económicos. La aplicación directa de procesos de cianuración por agitación en estos minerales, nos demuestran que no se disuelven el oro y la plata eficientemente lo que hace del proyecto no rentable.

La evaluación de etapas de oxidación a presión empleando autoclaves, permiten la liberación del oro y la plata, complementados con etapas de lavados en contracorriente permiten obtener al mineral libre de los iones sulfuro y el incremento del pH a valores neutros antes de la cianuración ha permitido obtener recuperaciones económicas del oro y la plata.

La planta desarrollado en el proyecto cuenta con las áreas de operaciones unitarias (Chancado y molienda - Clasificación), luego la etapa de lixiviación a presión en autoclaves, para luego emplear el lavado en contracorriente empleando espesadores, la pulpa lavada es enviando a la sección de tanques de las cuales cianuran el mineral empleando el proceso CIL. Adicionalmente la planta cuenta con la sección de desorción, electrodeposición y fundición para obtener el dore. Las soluciones que salen del lavado son sometidos a la sección de precipitación donde se recuperan valores de cobre, hierro. Complemento a los procesos se tiene una planta de tratamiento de efluentes y una cancha de relaves diseñados en el Proyecto. Otras áreas seleccionadas son las de producción de cal y calizas empleadas en los procesos.

## ABSTRACT

El this project is aimed at the installation of a plant for the treatment of sulphide ore with gold and silver content, which according to other experiences you have trouble extracting gold at low levels. The direct application of cyanidation process by stirring in these minerals, we demonstrate that gold and silver do not dissolve effectively making the project unprofitable.

Evaluating stage pressure oxidation using autoclaves, permit release of the gold and silver, supplemented stages washed in countercurrent allows to obtain the free mineral sulfide ions and increasing the pH to neutral values prior to cyanidation has allowed obtain economic recoveries of gold and silver.

The plant developed in the project has areas of unit operations (Crushing and grinding - classification), then the step of pressure leaching autoclaves, then use the backwash using thickeners, the washed pulp is sent to the section tanks which cyanuran ore using the CIL process. In addition the plant has section desorption electrowinning and smelting to get the brown. The washing solution exiting undergo precipitation section where values of copper, iron recovered. Complement processes have a treatment plant effluents and sludge field designed in the Project. Other selected areas are the production of lime and limestone used in the processes.

## I N D I C E

	<u>PAGINA</u>
<b>INTRODUCCION</b>	9
i. Descripción del Problema	10
ii. Objetivos	10
 <b>CAPITULO I : ASPECTOS TEORICOS</b>	 11
1. Principios Físicos – Químicos de la Cianuración	11
1.1 Termodinámica de la Cianuración	11
1.2 Mecanismo Electroquímico	12
1.3 Cinética de la Reacción	16
1.4 Métodos de Cianuración	21
1.4.1 Cianuración Dinámica o Agitación	21
1.4.1.1 Cianuración por Agitación Convencional	22
1.4.2 Métodos empleando el Carbón Activado en Pulpa	24
1.4.2.1 Carbón en Pulpa (CIP)	25
1.4.2.2 Carbón en Lixiviación (CIL)	25
1.5 Recuperación del Oro de las Soluciones Lixiviantes	26
1.5.1 Método del Polvo de Zinc (Merrill Crowe)	26
1.5.2 Columnas de Carbón Activado (CIC)	28
1.6 Métodos de Desorción del Carbón Activado Cargado	29
1.7 Electrodeposición	30
1.8 Procesos de Lixiviación a Presión con Autoclaves	33
 <b>CAPITULO II : GENERALIDADES DEL PROYECTO</b>	 40
2.1 Ubicación	40
2.2 Memoria descriptiva	40
2.3 Producción	45
 <b>CAPITULO III : PARAMETROS DE DISEÑO DE LA PLANTA</b>	 53
3.1 Parámetros Generales	53
3.2 Parámetros de selección del Circuito de Chancado	53
3.3 Parámetros de selección del Circuito de Molienda	54
3.4 Parámetros de la sección del proceso de lixiviación a presión con oxígeno en autoclaves	54
3.5 Parámetros de selección del Circuito de Lavado en contracorriente	55
3.6 Parámetros de selección del Circuito de Cianuración por Agitación (CIL)	55
3.7 Parámetros de selección del área de Desorción, Electrowining y Fundición	56
3.8 Parámetros para el circuito de Precipitación de las soluciones de lixiviación a presión	57

	<u>PAGINA</u>
3.9 Planta de Tratamiento de Efluentes	58
<b>CAPITULO IV : SELECCION DE EQUIPOS PARA LA PLANTA DE TRATAMIENTO</b>	59
4.1 Equipos de la sección Chancado	59
4.2 Equipos de la sección Molienda	59
4.3 Equipos de la lixiviación a presión en Autoclaves	60
4.4 Equipos del área de lavado en contracorriente	61
4.5 Equipos del área de Cianuración por Agitación- CIL	61
4.6 Equipos de la sección de Desorción, Electrowining y fundición	62
4.7 Otros Equipos complementarios para la planta de Tratamiento	62
<b>CAPITULO V : DIAGRAMAS DE FLUJO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO</b>	64
5.1 Diagrama de flujo de la sección Chancado y Molienda	64
5.2 Diagrama de flujo de la lixiviación a presión en Autoclaves	70
5.3 Diagrama de flujo del área de lavado en contracorriente	80
5.4 Diagrama de flujo del área de Cianuración por Agitación- CIL	83
5.5 Diagrama de flujo de la sección de Desorción, Electrowining y fundición	86
5.6 Diagrama de flujo para el circuito de Precipitación de las soluciones de lixiviación a presión	89
5.7 Diagrama de flujo para el circuito Trituradora de piedra caliza / circuito de molienda	92
5.8 Diagrama de flujo para el circuito Calcinación y apagado de la caliza	97
5.9 Diagrama de flujo para el circuito de Tratamiento de Efluentes (ETP)	100
5.10 Diagrama de flujo para Planta de Oxígeno (ASU)	104
5.11 Diagrama de flujo Plantas de Energía Eléctrica	106
<b>CAPITULO VI : ASEGURAMIENTO DE CALIDAD DE PROYECTOS</b>	111
6.1 Introducción	111
6.2 Preparación y mantenimiento del manual	114
6.3 Desarrollo del Manual de Calidad Específico de Obra	116
<b>CONCLUSIONES</b>	138
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	140

## INDICE DE TABLAS

		<u>PAGINA</u>
TABLA N° 3.1	Leyes de mineral y el rendimiento metalúrgico	53
TABLA N° 3.2	Parámetros de Chancado	54
TABLA N° 3.3	Parámetros de Molienda	54
TABLA N° 3.4	Parámetros de Lixiviación a presión	54
TABLA N° 3.5	Parámetros de Lavado en contracorriente	55
TABLA N° 3.6	Parámetros de Cianuración por CIL	56
TABLA N° 3.7	Parámetros de Desorción, Electrowining y Fundición	56
TABLA N° 3.8	Parámetros de Precipitación de soluciones de lavado	57
TABLA N° 3.9	Parámetros Para planta de tratamiento de efluentes	58
TABLA N° 4.1	Equipos de Chancado	59
TABLA N° 4.2	Equipos de Molienda	60
TABLA N° 4.3	Equipos de Lixiviación a presión en Autoclaves	60
TABLA N° 4.4	Equipos de Lavado en Contracorriente	61
TABLA N° 4.5	Equipos de Cianuración CIL	61
TABLA N° 4.6	Equipos de Desorción, Electrowining y fundición	62
TABLA N° 4.7	Equipos Complementarios	63

## INDICE DE FIGURAS

		<u>PAGINA</u>
FIGURA N° 1.1	Diagrama de estabilidad potencial pH para el sistema Au-H <sub>2</sub> O-CN <sup>-</sup> a 25°C.	12
FIGURA N° 1.2	Ilustración de la naturaleza electroquímica de la disolución de partículas de oro ( 120 u diam.) en KCN en presencia de oxígeno. Las flechas indican la dirección del flujo de oxígeno (Thompson, 1947)	13
FIGURA N° 1.3	Representación esquemática de la disolución de oro en soluciones cianuradas, por corrosión electroquímica.	14
FIGURA N° 1.4	Valores máximos de saturación en oxígeno de las soluciones a diferentes altitudes y temperaturas.	20
FIGURA N° 1.5	Influencia del tiempo y de la presión de oxígeno en la extracción de oro por cianuración.	36
FIGURA N° 1.6	Efecto del tiempo de retención en autoclave en la extracción de oro y plata.	39
FIGURA N° 1.7	Efecto de la temperatura en la extracción de oro y plata.	39
FIGURA N° 2.1	Ubicación de República Dominicana donde se desarrollo el Proyecto de Pueblo Viejo.	47
FIGURA N° 2.2	Ubicación de Pueblo Viejo dentro de la República Dominicana	48
FIGURA N° 5.1	Diagrama de Flujo de la Sección Chancado y Molienda	66
FIGURA N° 5.2	Diagrama de Flujo de la Sección Chancado y Molienda	67
FIGURA N° 5.3	Diagrama de Flujo de la Sección Chancado y Molienda	68
FIGURA N° 5.4	Diagrama de Flujo de la Sección Chancado y Molienda	69
FIGURA N° 5.5	Diagrama de flujo de la lixiviación a presión en Autoclaves	71
FIGURA N° 5.6	Diagrama de flujo de la lixiviación a presión en Autoclaves	72
FIGURA N° 5.7	Edificio de la lixiviación a presión en Autoclaves	73
FIGURA N° 5.8	Las Autoclaves	74
FIGURA N° 5.9	2 bombas Geho TZPM 500 por autoclave (diafragmas triplex).	75
FIGURA N° 5.10	Autoclave Flash vessels	76

## INDICE DE FIGURAS

		<u>PAGINA</u>
FIGURA N° 5.11	Ciclón de ventilación para los gases de la Autoclave	77
FIGURA N° 5.12	Autoclave quench vessels	78
FIGURA N° 5.13	Autoclave Gas cleaning process	79
FIGURA N° 5.14	Diagrama de Flujo del circuito de lavado en Contracorriente CCD	81
FIGURA N° 5.15	Diagrama de Flujo del circuito de lavado en Contracorriente CCD	82
FIGURA N° 5.16	Diagrama de Flujo del circuito de Cianuración por Agitación- CIL	84
FIGURA N° 5.17	Diagrama de Flujo del circuito de Cianuración por Agitación- CIL	85
FIGURA N° 5.18	Diagrama de Flujo del circuito de Desorción, Electrowining y fundición	87
FIGURA N° 5.19	Diagrama de Flujo del circuito de Desorción, Electrowining y fundición	88
FIGURA N° 5.20	Diagrama de flujo para el circuito de Precipitación de las soluciones de lixiviación a presión	90
FIGURA N° 5.21	Diagrama de flujo para el circuito de precipitación de las soluciones de lixiviación a presión	91
FIGURA N° 5.22	Diagrama de flujo para el circuito Trituradora de piedra caliza / circuito de molienda	93
FIGURA N° 5.23	Diagrama de flujo para el circuito Trituradora de piedra caliza / circuito de molienda	94
FIGURA N° 5.24	Diagrama de flujo para el circuito Trituradora de piedra caliza / circuito de molienda	95
FIGURA N° 5.25	Diagrama de flujo para el circuito Trituradora de piedra caliza / circuito de molienda	96
FIGURA N° 5.26	Diagrama de flujo para el circuito Calcinación y apagado de la caliza	98
FIGURA N° 5.27	Diagrama de flujo para el circuito Calcinación y apagado de la caliza	99
FIGURA N° 5.28	Diagrama de flujo para el circuito Tratamiento de Efluentes (ETP)	101
FIGURA N° 5.29	Diagrama de flujo para el circuito Tratamiento de Efluentes (ETP)	102
FIGURA N° 5.30	Diagrama de flujo para el circuito Tratamiento de Efluentes (ETP)	103
FIGURA N° 5.31	Diagrama de flujo para Planta de Oxígeno -ASU	105
FIGURA N° 5.32	Power Plant & Transmission Line	107
FIGURA N° 5.33	Monte Rio Power Plant (100 MW)	108
FIGURA N° 5.34	Monte Rio Power Plant (100 MW)	109
FIGURA N° 5.35	Estrella del Norte Power Plant (40MW)	110



## INTRODUCCION

Existen depósitos minerales sulfurados, que contienen oro y plata, considerados no económicos por las bajas recuperaciones empleando el proceso de Cianuración convencional y por el alto consumo de cianuro de sodio.

La forma como se puede intentar resolver este problema, es mediante un proceso de oxidación, la cual se realiza empleando un tratamiento previo a la Cianuración.

Estos procesos podrían ser: Pre- aireación con cal; Oxidación a Presión; Tostación; Lixiviación bacteriana.

Dentro de la implementación de la planta se considera el proceso previo a la Cianuración, la oxidación a presión.

### **i. Descripción del Problema**

Cuando el oro está finamente diseminado en minerales sulfurados, la presencia de los sulfuros hace difícil su tratamiento por Cianuración convencional.

El problema de los sulfuros es que los productos de su descomposición pueden reaccionar con el cianuro, causando un excesivo consumo de cianuro ó pueden reaccionar con el oxígeno de la disolución de cianuro, lo cual reduce la velocidad de disolución del oro.

En el caso de los sulfuros la resistencia a la disolución del contenido de oro contenido tendría las siguientes causas: Presencia de Cianicidas (consumidores de cianuro); Presencia de agentes consumidores de oxígeno; Oro Refractario incluido dentro de la estructura del sulfuro.

La utilización de etapas de Pre- tratamiento se hacen necesarios para tratar de mejorar la eficiencia de extracción del oro contenido en los minerales sulfurados.

## **ii. Objetivos**

El objetivo principal a desarrollar en el presente estudio es la instalación de una planta de Tratamiento con todas las áreas necesarias para lograr un proceso que permita extraer los metales valiosos como el oro y la plata, eficientemente, dentro de ellos el proceso previo a la cianuración es la oxidación a presión empleando autoclaves.

## CAPITULO I

### ASPECTOS TEORICOS DE LA CIANURACION

#### 1. PRINCIPIOS FISICOS - QUIMICOS DE LA CIANURACION

##### 1.1 Termodinámica de la Cianuración

Para comprobar los mecanismos físico-químicos de la lixiviación del oro, es necesario recurrir a una revisión de sus propiedades termodinámica y en particular de sus estados estables y meta estables, representados clásicamente en los diagramas de Pourbaix que relaciona el potencial de óxido- reducción (Eh) del metal con el pH del medio.

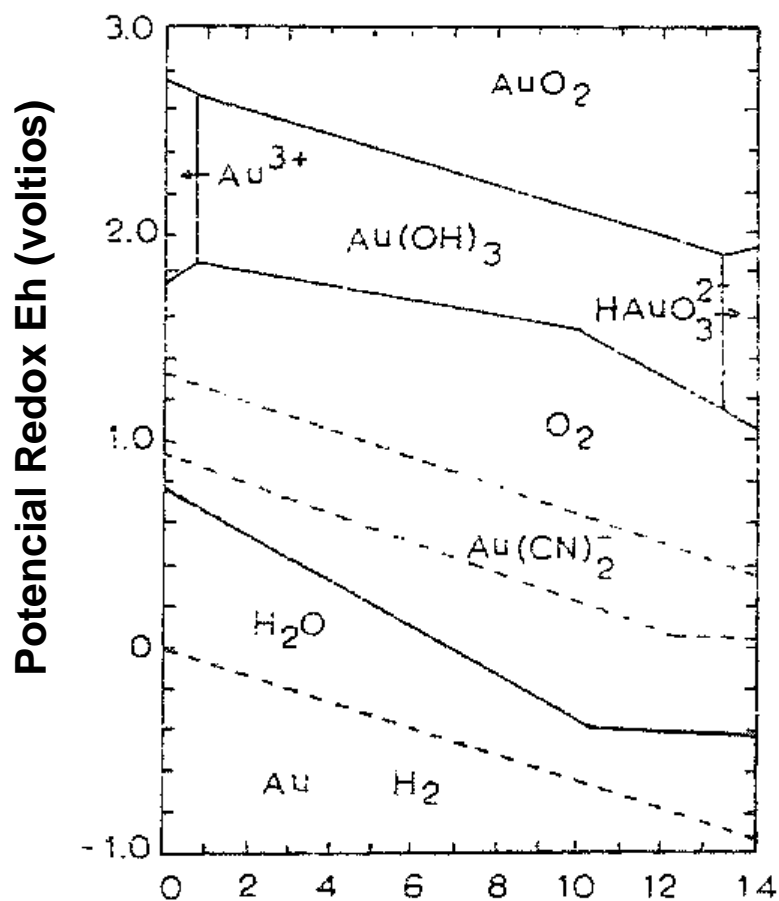
Estos diagramas muestran que compuestos potenciales redox (superiores al de la descomposición del oxígeno) para formarse. La lixiviación del oro metálico es, por lo tanto, muy difícil a la causa de la gran estabilidad de este último.

En el diagrama Au-H<sub>2</sub>O-CN (Fig. N° 1.1), no obstante, la reacción:  $\text{Au(CN)}_2^- + e^- = \text{Au} + 2 \text{CN}^-$  se lleva a cabo dentro de los límites de estabilidad del agua. El campo de estabilidad del complejo aurocianuro está limitado por una recta que inicialmente, muestra una pendiente pronunciada (efecto de la hidrólisis del cianuro a pH menor

a nueve) tornándose luego casi horizontal debido a la acción oxidante del oxígeno en medio básico, hecho que a su vez permite que se haga efectiva la reacción de lixiviación por formación de aurocianuros. En el mismo gráfico se puede observar que los compuestos  $\text{Au}(\text{OH})_3$ ,  $\text{Au}^{+3}$  y  $\text{HAuO}_3^{2-}$  son reducidos por la introducción del cianuro.

## 1.2 MECANISMO ELECTROQUIMICO

Si bien, en forma general, la lixiviación puede llevarse a cabo



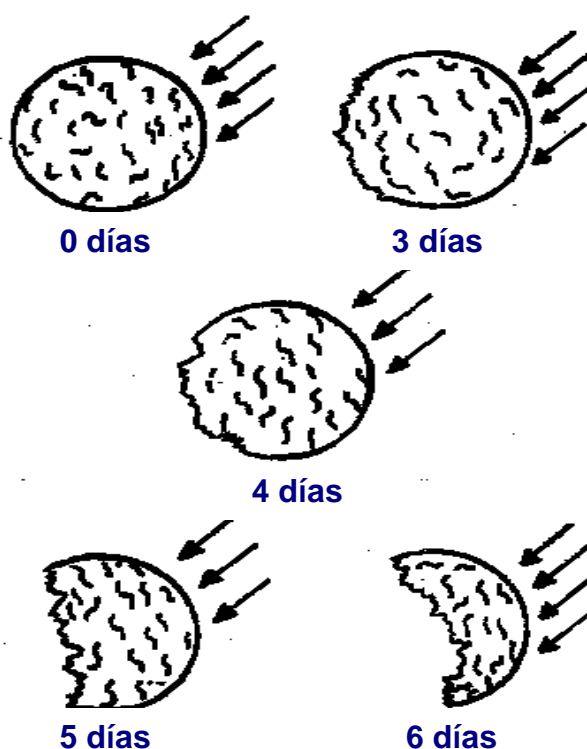
**Figura N°1.1.-** Diagrama de estabilidad potencial – pH para el sistema Au-H<sub>2</sub>O-CN<sup>-</sup> a 25°C.

[CN<sup>-</sup>] = 10<sup>-3</sup>M, concentración de todos los espacios solubles de oro = 10<sup>-4</sup>M y p(O<sub>2</sub>)=p(H<sub>2</sub>)=1 atm

$$y \quad P_{\text{O}_2} = P_{\text{H}_2} = 1 \text{ atm}$$

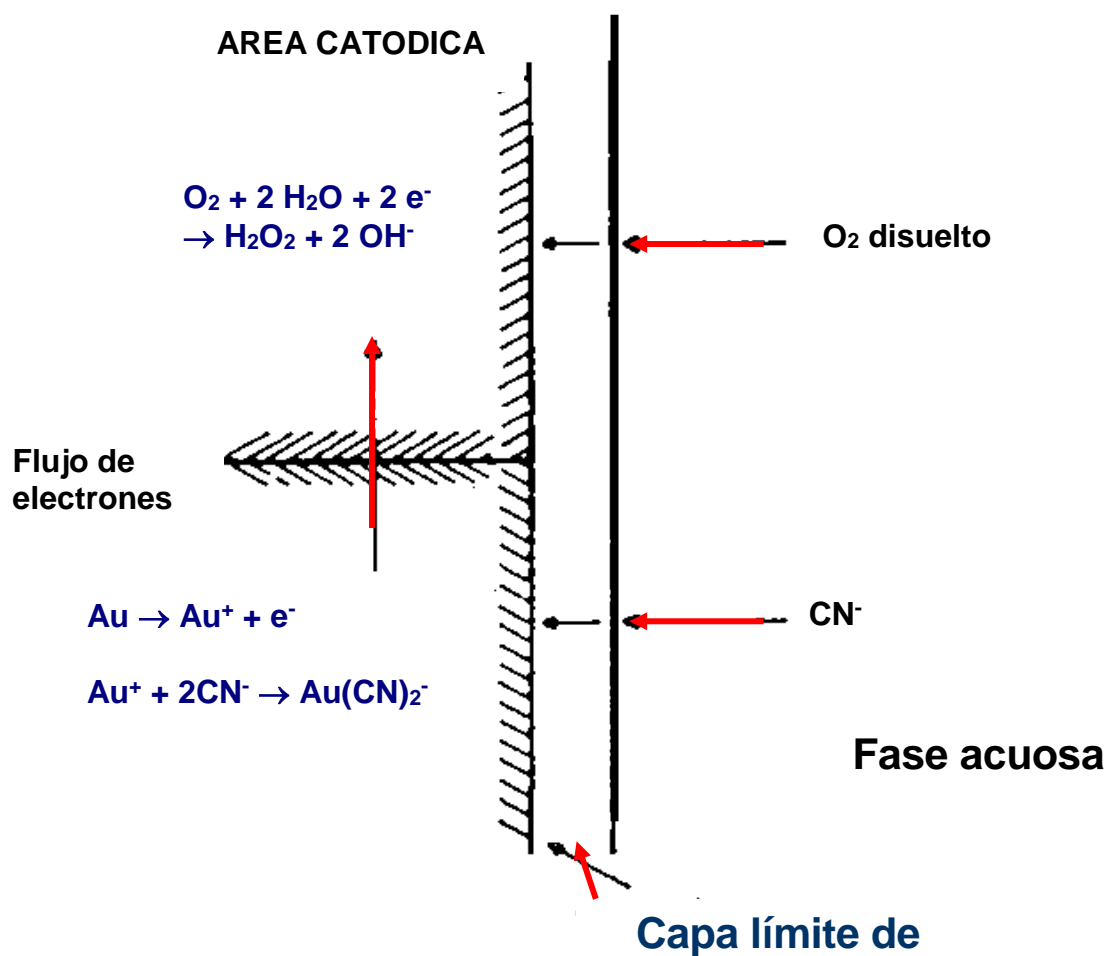
Este hecho utilizando para ello pequeñas esferas de oro y una solución solidificada como soportes de éstas, haciendo circular una corriente KCN libre de aire constató, al cabo de tres días, una ligera corrosión en el lado opuestos al de la incidencia del flujo; después de

otros tres días, la partícula de oro había sido reducida a la mitad (Ver Fig. N°1.2).



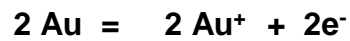
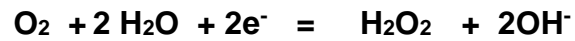
**Figura N° 1.2.-** Ilustración de la naturaleza electroquímica de la disolución de partículas de oro ( 120 u diam.) en KCN en presencia de oxígeno. Las flechas indican la dirección del flujo de oxígeno (Thompson, 1947)

La explicación esquemática de este fenómeno se facilita mediante el gráfico de la **Fig. N°1.3**; la reducción del oxígeno sobre la superficie metálica en la zona catódica va acompañada por la oxidación del oro



**Figura N° 1.3.**-Representación esquemática de la disolución de oro en soluciones cianuradas, por corrosión electroquímica.

en la zona anódica de acuerdo a las siguientes reacciones:



El experimento demuestra que existe un flujo de electrones entre la fase líquida, en el que se encuentra el oxígeno disuelto y el cianuro, y la fase sólida constituida por el oro.

La capa límite de Nernst, situada entre ambas fases, tiene un espesor variable según el método de lixiviación y la velocidad de agitación.

### 1.3 CINÉTICA DE LA REACCIÓN

Como el tiempo en el cual se lleva a cabo la reacción es, en gran parte, el de la etapa de menor velocidad (llamada entonces etapa controlante) es importante identificar su rapidez.

Una reacción fisicoquímica en la cual se hallan involucradas una fase sólida con otra líquida se consume en las cinco etapas siguientes:

- Difusión de los reactantes desde la solución hasta la interface sólido-líquido
- Absorción de los reactantes en la superficie del sólido.
- Reacción en la superficie
- Desorción de los productos de la reacción de la superficie del sólido
- Difusión de estos productos de la interface sólido-líquido a la solución.

El tiempo que emplean las etapas 1 y 5 es controlado por las velocidades de difusión, en tanto que la de las etapas 2, 3 y 4 es función de la rapidez de los procesos químicos.

Si la difusión es muy lenta, una mayor agitación es necesaria para la aceleración, si en cambio esta última es retardada, por los procesos químicos se debe incrementar la temperatura.



La Cianuración está gobernada por las leyes de Fick, expresada matemáticamente de la siguiente manera:

$$\frac{d(O_2)}{dt} = D_{O_2} \frac{A_1}{\delta} \{ [O_2] - [O_2]_s \}$$

$$\frac{d(CN^-)}{dt} = D_{CN^-} \frac{A_2}{\delta} \{ [CN^-] - [CN^-]_s \}$$

Donde:

$$\frac{d(O_2)}{dt}, \frac{d(CN^-)}{dt} = \text{Velocidades de difusión de } O_2 \text{ y } CN^- \text{ (moles/lit)}$$

$$D_{O_2}, D_{CN^-} = \text{Coeficientes de difusión (cm}^2 \text{/seg)}$$

$$A_1, A_2 = \text{Superficies anódica y catódica (cm}^2 \text{)}$$

$$\delta = \text{Ancho de la capa límite de Nernst (cm)}$$

$$[O_2], [CN^-] = \text{Concentración de oxígeno y cianuro en la solución (moles/lit)}$$

$$[O_2]_s, [CN^-]_s = \text{Concentración de oxígeno y cianuro en la superficie (moles/lit)}$$

Si en las dos anteriores ecuaciones se considera que la reacción química es muy rápida, se tiene  $[O_2]_s = [CN^-]_s = 0$ . Si se acepta asimismo que la velocidad de disolución del metal es dos veces la del oxígeno y solo la mitad de la del cianuro, se obtiene la siguiente igualdad:

$$2 D_{O_2} \frac{A_1}{\delta} [O_2] = \frac{1}{2} D_{CN^-} \frac{A_2}{\delta} [CN^-]$$

Se debe tener en cuenta, además, que el área total es  $A = A_1 + A_2$ . Resolviendo este sistema de ecuaciones se deduce que la velocidad de Cianuración es:

$$V = \frac{2AD_{CN^-}D_{O_2}[CN^-][O_2]}{\delta\{D_{CN^-}[CN^-] + 4D_{O_2}[O_2]\}}$$

Obtenida esta ecuación se deben considerar dos posibilidades; cuando las concentraciones de cianuro son bajas, el primer término del denominador es despreciable respecto del segundo, con lo cual de la expresión anterior se tiene:

$$V = \frac{1}{2} D_{CN^-} \frac{A}{\delta} [CN^-]$$

$$V = \kappa_1 [CN^-]$$

Por lo tanto, en estas condiciones, la velocidad de lixiviación es función de la concentración de cianuro, hecho que ha sido comprobado experimentalmente. La segunda posibilidad es que las concentraciones de este compuesto sean altas. En este caso el segundo término del denominador es despreciable respecto del primero, por lo que la ecuación se convierte en:

$$V = 2D_{O_2} \frac{A}{\delta} [O_2]$$

$$V = \kappa_2 [O_2]$$

Esto significa que, a altas concentraciones de cianuro, la velocidad de disolución depende solamente de la concentración de oxígeno. Los experimentos han corroborado también esta previsión teórica.

Para hallar el límite en el cual él predomina de una de las concentraciones cede el paso al de la otra en el control de la velocidad de lixiviación, se debe volver a la ecuación general. Cuando

$$D_{CN^-} [CN^-] = 4 D_{O_2} [O_2]$$

Dicha ecuación se cumple:

o, lo que es lo mismo,

$$\frac{[CN^-]}{[O_2]} = 4 \frac{D_{O_2}}{D_{CN^-}}$$

*Si se asume que:*  $\frac{D_{O_2}}{D_{CN^-}} = 1.5$

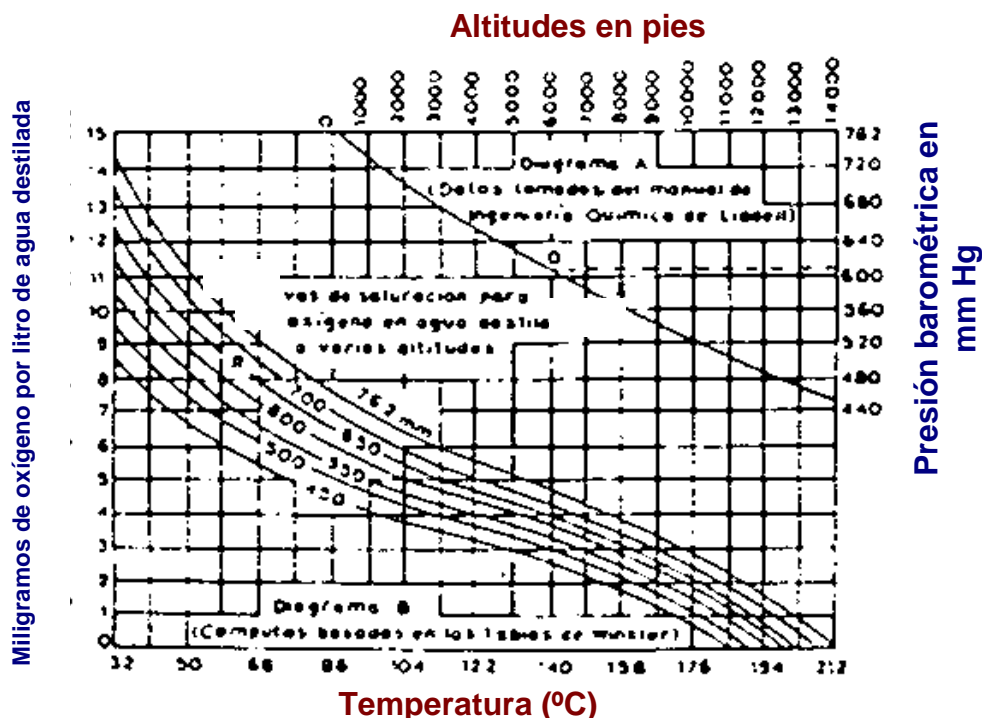
(Promedio establecido a partir de diferentes pruebas experimentales)

se determina que el límite referido se alcanza cuando:

$$\frac{[\text{CN}^-]}{[\text{O}_2]} = 6$$

Los valores encontrados en las experiencias de laboratorio varían de 4.6 a 7.4, por lo que aquel obtenido en el cálculo teórico se considera representativo.

Se ha hecho evidente, a lo largo de toda la demostración anterior que es importante conocer la cantidad de oxígeno disuelto durante la Cianuración. Como esta cantidad varía con la altitud y la temperatura a las que se realiza el experimento, se ha insertado el gráfico de la **Figura N° 1.4** en el cual se dan valores máximos de saturación en oxígeno de las soluciones a diferentes altitudes y temperaturas.



**FIGURA N°1.4.-** valores máximos de saturación en oxígeno de las soluciones a diferentes altitudes y temperaturas.

## **1.4 METODOS DE CIANURACION**

De los procesos empleados para la extracción del oro y la plata de los minerales, el de mayor uso es la Cianuración. Al disolverse el oro con el cianuro sobre la base de los mecanismos Físico químicos mencionados en (1).

De acuerdo al método Cianuración a emplearse, se clasifican:

- Cianuración Dinámica o Agitación.
- Cianuración Estática o Percolación.

A continuación se detallan estos procesos.

### **1.4.1 Cianuración Dinámica o Agitación**

Los procesos de Cianuración dinámica o agitación son empleados generalmente para minerales de oro de alta ley ( $> 1$  oz Au/TC), donde el costo de operación es elevado, debido a que se emplean etapas de Chancado, Molienda y Agitación, incrementándose el consumo energético a niveles donde puede resultar antieconómico para leyes bajas de oro.

Los tanques agitadores pueden ser mecánicos o neumáticos, un

estudio adicional indicaría la selección del tanque agitador. En la actualidad se recomienda el uso de los tanques agitadores mecánicos para producir una agitación más eficiente que los neumáticos.

De acuerdo a como se extrae el oro disuelto de la solución cosecha, los procesos de Cianuración por agitación se clasifican:

- Cianuración Convencional.
- Cianuración con Carbón en Pulpa (CIP).
- Cianuración con Carbón en Lixiviación (CIL).

A continuación se detallan estos procesos.

#### **1.4.1.1 Cianuración por Agitación Convencional**

Es un método eficiente para el tratamiento de minerales de Oro y Plata por Cianuración, y si bien los nuevos procesos puestos en práctica requieren menor control en varias etapas, el método convencional es todavía preferido por gran cantidad de empresas mineras, el proceso consiste en:

**Molienda y clasificación.**- el mineral triturado en seco (2 ó 3 etapas) es alimentado al circuito de molienda en circuito cerrado con el propósito de moler las partículas hasta liberar suficientemente los

granos de oro y exponerlos a la acción del cianuro que se agrega desde esta etapa (se logran extracciones de 30 a 85%).

**Espesamiento Primario y Lixiviación.-** La pulpa obtenida de molienda se sedimenta en un espesador llamado primario del cual se obtiene la solución rica (pregnant) que se envía a precipitación y la descarga espesada que se envía a lixiviación. La lixiviación se realiza en 3 agitadores a 30-50% sólidos con adición de aire y con un tiempo de retención de hasta 48 horas; los agitadores pueden ser mecánicos (Dorr) con hélices o rastrillos o verticales con agitación únicamente por aire comprimido (Brown o Pachuca), el número mínimo es 3 para evitar el corto - circuito del material durante la lixiviación.

**Decantación continua en contra corriente.-** La pulpa lixiviada debe someterse a un lavado para recuperar todos los valores disueltos, el método más eficiente consiste en espesar y diluir sucesivamente la pulpa en 3 ó 4 espesadores, agregando la pulpa al primero de ellos y agua fresca al último, de manera que la pulpa y la solución circulen en sentidos contrarios, enriqueciéndose la solución y empobreciéndose la pulpa en contenido valioso, de allí el nombre de Decantación Continua en Contracorriente (CCD). La pulpa sedimentada del último espesador constituye el relave lavado y la solución o rebose del primer espesador sé recircula a molienda; la eficiencia de lavado en CCD es superior al 99%, dependiendo del número de etapas.

**Precipitación y refinación.-** La solución pregnant obtenida del espesador primario se envía a precipitación continua con polvo de zinc según el proceso Merrill-Crowe; primeramente la solución es clarificada en filtros de hojas y/o con camas de arena sílice, para eliminar las partículas finas y coloidales que interfieran con la precipitación; la segunda etapa es la deareación (desoxigenación) de la solución por atomizado en un tanque de vacío, reduciendo el contenido de oxígeno de 5-6 ppm a 0.5 ppm con un vacío de 22" Hg (esto es una presión absoluta de 0.25atm); La solución des aireada se precipita inmediatamente con polvo de zinc fino (-200 ó -325 m), recuperándose el precipitado de oro-plata en filtros prensa.

El precipitado obtenido se seca y se funde con bórax, carbonato de sodio y sílice para reducirlo a bullón que contiene 10-15 % de impurezas (Zn, Cu, Pb) y el resto oro y plata; Si la ley de plata no es alta, el bullón puede enriquecerse lavando previamente el precipitado con ácido para eliminar la plata, zinc y otras impurezas; posteriormente varios bullones (doré) se funden en lingotes y se envían a refinación electrolítica.

#### **1.4.2 Métodos empleando el Carbón Activado en Pulpa**

En los últimos años se ha desarrollado el uso del carbón activado para recuperar principalmente oro a partir de soluciones de cianuro. El



carbón activado absorbe el oro de la solución rica.

Durante el proceso de Cianuración por agitación se adiciona el carbón activado a la pulpa en agitación con la finalidad de que se produzca la adsorción del oro dentro del tanque de agitación. De acuerdo a la forma de adición del carbón el proceso se clasifica en:

- Carbón en Pulpa (CIP)
- Carbón en Lixiviación (CIL)

#### **1.4.2.1 Carbón en Pulpa (CIP)**

Proceso que consiste en una primera etapa de Cianuración y una segunda etapa de adsorción con el carbón en pulpa. El objetivo de este proceso es que en la primera etapa se obtiene la máxima extracción del oro y plata para luego complementarlos con la adsorción en tanques agitadores cuya velocidad (r.p.m.) es menor a los agitadores empleados en la Cianuración, evitando que el carbón se deteriore por la fuerte adsorción, producida por la agitación.

#### **1.4.2.2 Carbón en Lixiviación (CIL)**

En este proceso se adiciona el carbón activado junto con el cianuro produciéndose en forma paralela la disolución y adsorción del oro y la plata de las soluciones.

Este método se usa cuando el mineral posee minerales carbonáceos, que pueden producir durante la operación el efecto "Robing" que es adsorción del oro y la plata de las soluciones por los materiales carbonáceos provenientes del mineral.

## **1.5 Recuperación del Oro de las Soluciones Lixiviantes**

Los procesos que se emplean para recuperar el oro de las soluciones cosecha, son:

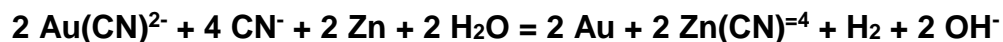
- Con polvo de Zinc (Merrill Crowe)
- Columnas de Carbón Activado (CIC)

A continuación se detallan estos procesos:

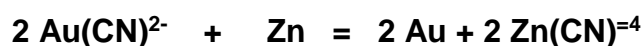
### **1.5.1 Método del Polvo de Zinc (Merrill Crowe)**

El fundamento del uso del zinc como precipitante se basa en que el oro y la plata se encuentran en el extremo opuesto al zinc en la serie electromotriz, y son por tanto desplazados electroquímicamente por éste de las soluciones cianuradas.

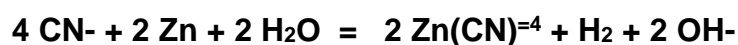
Adicionalmente la formación del complejo  $Zn(CN)_4^{=4}$  ocurre con gran facilidad, permitiendo la completa sustitución del oro y la plata de sus complejos cianurados.



En ella se pueden diferenciar las etapas de reemplazamiento electroquímico del oro por el zinc.



La disolución del zinc por acción del cianuro:



La reacción explica perfectamente los siguientes hechos, observados en la práctica:

1. Incremento de la alcalinidad después de la precipitación y evolución del hidrógeno gaseoso.
2. La presencia de cianuro libre favorece la precipitación.
3. La presencia de oxígeno disuelto disminuye la eficiencia de precipitación.

En el proceso de Merrill Crowe las soluciones son previamente clarificadas, para luego ser desoxigenadas en un tanque de vacío e inmediatamente precipitados con polvo de zinc (100% - 200 mallas) y filtradas para recuperar el precipitado que es posteriormente fundido y

refinado de las impurezas como cobre, plomo, antimonio, bismuto, arsénico, telurio y el zinc residual.

El uso de sales de plomo en la precipitación es también benéfico, ya que la formación de un activo par galvánico plomo-zinc acelera la precipitación y eleva la eficiencia del proceso.

### **1.5.2 Columnas de Carbón Activado (CIC)**

La aplicación de las columnas de carbón activado es recomendable cuando se obtiene oro en soluciones claras de cianuro de procesos de Heap Leaching, o donde se emplean espesados. La aplicación de las columnas de carbón depende de la cantidad de plata disuelta que se tiene en solución, si la proporción es menor a 2:1 con respecto al oro, se emplea las columnas, de los contrario no es recomendable ya que las columnas se saturarían de plata reduciéndose la eficiencia de adsorción del oro. El diseño del número de columnas a emplearse depende de la ley del mineral de cabeza y del porcentaje de extracción del oro en la Cianuración, normalmente se considera que la relación del diámetro de la columna a la altura debe de 3:1 considerándose un 20% como porcentaje de vacío.

La instalación de las columnas se debe realizar en lo posible aprovechando la gravedad para el desplazamiento de las soluciones a

alimentarse o del contrario se debe instalar una bomba, para servir de apoyo a las columnas de carbón activado.

## 1.6 Métodos de Desorción del Carbón Activado Cargado

La Desorción consiste en la extracción del oro y la plata absorbida sobre el carbón activado. Hay varios métodos de Desorción y a continuación mencionamos las más importantes:

1. **Método Zadra.** Utiliza como eluente una solución de cianuro alcalino (1.0% NaOH + 0.10% NaCN) caliente (90 a 93°C) a presión atmosférica, el oro y la plata son eluidos satisfactoriamente en 50 horas aproximadamente dependiendo de la carga del carbón.
2. **Método Zadra Modificada.** Utiliza como eluente la misma solución anterior diferenciándose en que este proceso necesita una presión de 75 lb/pulg cuadrada y una temperatura mayor (110 - 180°C), reduciéndose el tiempo de tratamiento a 8 horas.
3. **Método de Hein (Alcohol).** Establece una modificación del fluente de cianuro alcalino (1,0% NaOH + 0.1% NaCN) por la adición de 20% en volumen de alcohol (etano, metanol) soluble en agua. Los resultados muestran la eficiencia de la desorción de oro y plata, 99% de estos valores puede ser eluido en 6.8 horas a 80°C, comparando a las 50 horas sin la adición de alcohol.

**4. Método del sulfuro de sodio.** Esta técnica no es aplicable a carbones que contienen plata como el sulfuro de plata insoluble es precipitado en los poros del carbón y es también retenido. El oro puede ser eluido eficientemente con la solución caliente de sulfuro de sodio a 93°C.

Hay varios métodos más que no se mencionan en este trabajo.

Las unidades de Desorción y electrodeposición trabajan por lo general en circuito cerrado, en la que la solución del efluente es bombeada de abajo hacia arriba del lecho del carbón cargado, y el eluente conteniendo el oro y la plata va a las celdas electrolíticas adecuadas que tiene ánodo de acero inoxidable y un cátodo permeable que contiene lana de acero. El oro y la plata eluidos son removidos del eluente por electrodeposición tan rápidamente como ellos son desorbidos desde el carbón, el eluente barren es reciclado al circuito de Desorción. Finalmente el oro y la plata son recuperados por fusión de la lana a bullón.

### **1.7 Electrodeposición**

Las celdas Zadra se han usado en las primeras plantas son eficientes cuando son instaladas adecuadamente, el oro y la plata son depositada en el cátodo cilíndrico de lana de acero.

Las celdas rectangulares fueron desarrolladas para pequeñas operaciones, requieren de menor espacio en el piso y los cátodos pueden ser movidos sin parar el circuito. Estas celdas tienen un problema por la fácil ocurrencia de corto circuitos.

La densidad de los cátodos de lana de acero varía de 0.5 - 1.0 lb/pie<sup>3</sup>. La electro-refinación de oro se efectúan a partir de ánodos fundidos con los bullones obtenidos de los procesos anteriores.

El proceso Wohlwill es el método más conocido para la electro refinación del oro, en este caso se emplean ánodos que contengan 94% Au como mínimo, siendo la mayor parte del resto, es decir, 6% contenido por Ag. Si la plata es superior a esta cantidad es mejor refinarla por el proceso Moebias o por el Thum.

El proceso Wohlwill se basa fundamentalmente en la electrólisis de ánodos de oro impuro en una solución ácida caliente de cloruro de oro. El oro, cobre plomo, platino y paladio se disuelven anódicamente, mientras que la plata, iridio, sodio y selenio permanecen en los lodos.

En la electro refinación de la plata en las celdas tipo Moebius la plata se deposita en cátodos verticales de acero inoxidable en forma de cristales poco adherentes, mientras que el oro se recoge en los lodos anódicos. Los ánodos se introducen en bolsas de lana con él objeto

de que los lodos no contaminen la plata depositada. El electrólito está constituido por una solución de nitrato de plata que tiene una concentración de 15 a 60 g/l de  $\text{AgNO}_3$  y 40 g/l de Cu.

Entre los ánodos y los cátodos se encuentran raspadores mecánicos que agitan el electrólito y desprenden los cristales de plata depositados. En las bolsas se recogen los lodos que contienen Au, Pt y otros. Estos lodos se lavan, se secan, se funden en ánodos y se refinan por el proceso Wohlwill.

Las celdas de THUM o BALBACH, que son el otro proceso para la electro refinación de plata. Están constituidas por un cátodo de plancha de grafito o de carbón que recubre horizontalmente el fondo de la celda. Encima del cátodo en un soporte tipo cesto descansan horizontalmente los ánodos de bullón, el cesto y debajo de los ánodos se coloca una lona que hace de diafragma y evita que los lodos caigan sobre la plata depositada en el cátodo. La plata depositada se separa periódicamente con un raspador. En general el proceso Moebius requiere menor superficie y una cantidad inferior de energía por unidad de plata producida, además de consumir menos ácido nítrico que el Thum: En la celda de Thum los ánodos se consumen totalmente.



## 1.8 Procesos de Lixiviación a Presión con Autoclaves

La oxidación a presión se ha convertido en la mejor alternativa para la oxidación de los minerales refractarios, con muchas ventajas con relación al proceso de tostación. Tanto las menas como los concentrados pueden procesarse por oxidación a presión sin causar contaminación del medio ambiente debido a las emisiones de gases, como SO<sub>2</sub> y arsénico.

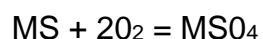
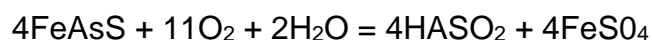
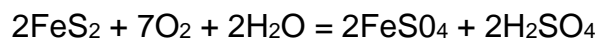
La oxidación a presión se lleva a cabo a temperaturas entre 170 y 225 °C, presiones totales de 1.100-3.200 kPa y presión parcial de oxígeno de 350-700 kPa, alcanzando la oxidación completa de los sulfuros y la liberación del oro y la plata en 1-3 h.

Comparado con el de tostación, el procedimiento de oxidación a presión tiene, como pre tratamiento a la cianuración, las siguientes ventajas: elevados porcentajes de extracción de oro de los concentrados oxidados; altas recuperaciones de oro de los minerales o concentrados; es selectivo con respecto a impurezas tales como antimonio, arsénico, plomo y mercurio; ofrece una gran facilidad de manejo y de tratamiento de las impurezas y, por tanto, menor impacto ambiental. Este procedimiento se puede llevar a cabo tanto en medio alcalino como en medio ácido; sin embargo, este último ha sido el más desarrollado para aplicaciones comerciales. En el proceso alcalino, los contenidos de azufre y arsénico se solubilizan

completamente como sales de sulfatos de sodio y arseniatos, mientras el hierro se obtiene como un residuo de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . Las ventajas de esta ruta son el empleo de menores temperaturas de oxidación y la aparición de menos problemas de corrosión en las autoclaves. Al parecer, el procedimiento no ha sido atractivo debido a los altos costos del reactivo empleado, el  $\text{NaOH}$ , y los problemas para disponer del  $\text{Na}_3\text{AsO}_4$ , un subproducto altamente contaminante.

La oxidación a presión en medio ácido es la ruta más empleada en el tratamiento de minerales refractarios. Mediante este procedimiento se consigue la oxidación completa de  $\text{FeS}_2$  y  $\text{FeAsS}$  a sulfatos y arseniatos, con una mínima formación de azufre elemental. Este último elemento es indeseable, ya que incrementa el consumo de reactivos en la siguiente etapa de cianuración.

Las principales reacciones que ocurren en la oxidación a presión en medio ácido son:



Donde M = Pb, Fe, Zn, Ni, Co, etc.

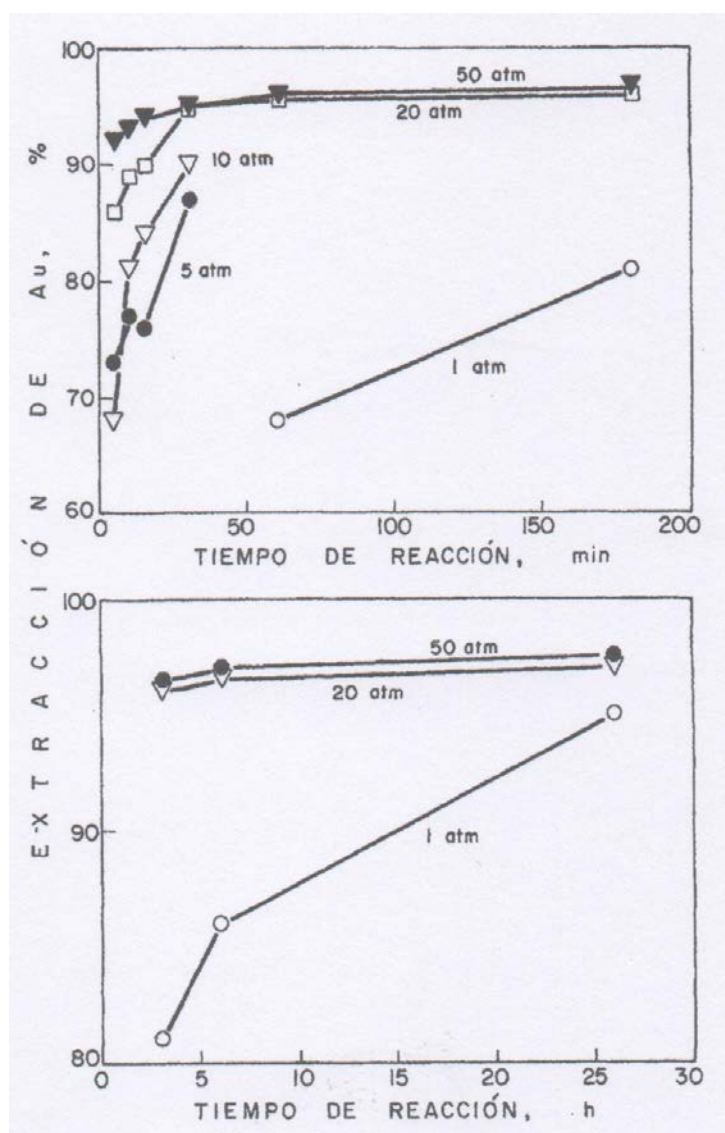
Para evitar la formación de azufre, se precisan temperaturas elevadas (180-190 °C). A continuación, se oxidan el ion ferroso y el ion arsénico trivalente. El consumo de ácido y las condiciones de trabajo promueven la hidrólisis y la precipitación del hierro y del arsénico como arseniatos y sulfatos férricos, hematites y jarosita. Para facilitar las operaciones siguientes, (neutralización de la pulpa, recuperación del oro y manejo de las colas o residuos) se prefieren los dos últimos compuestos citados.

Sin embargo, la recuperación de plata por el procedimiento de oxidación a presión en medio ácido es muy baja. Con este método, la plata se libera inicialmente, aunque en las condiciones de trabajo imperantes, se asocia con la jarosita, formada por hidrólisis y precipitación del ion férrico. Por lo tanto, es necesario un tratamiento posterior (con cal) para liberar la plata de la jarosita.

### **Cianuración oxidante a presión en una sola etapa**

En algunos procedimientos hidrometalúrgicos se emplean presiones mayores a la atmosférica, mediante el uso de autoclaves, para acelerar las reacciones que en ellos ocurren. Tales son los casos de la oxidación a presión antes descrita, y de la cianuración a presión de minerales no refractarios de metales preciosos. Este último procedimiento ha sido estudiado por algunos investigadores como una alternativa para reducir los largos tiempos que se precisan en la

cianuración convencional, la cual se lleva a cabo a presión atmosférica. La ventaja del empleo de presiones elevadas en la disolución y extracción de metales preciosos se muestra en la figura 1.5.

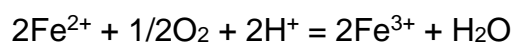
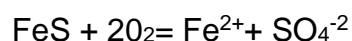
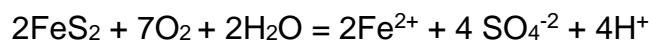


**FIGURA Nº1.5.-** Influencia del tiempo y de la presión de oxígeno en la extracción de oro por cianuración.

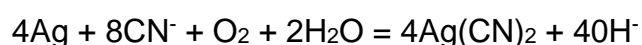
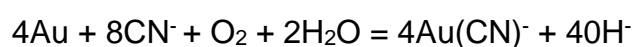
De acuerdo con lo anterior, se hace posible desarrollar un tratamiento para los minerales refractarios que produzca la liberación y la extracción de los metales preciosos en una sola etapa.

En este procedimiento, se verifica simultáneamente la oxidación de los sulfuros y la disolución del oro y de la plata en las siguientes condiciones de trabajo: temperatura, 80 °C, y presión de oxígeno, 550 kPa. Estas condiciones permiten emplear un equipo menos sofisticado y/o costoso, por sus mínimas exigencias de energía y presión.

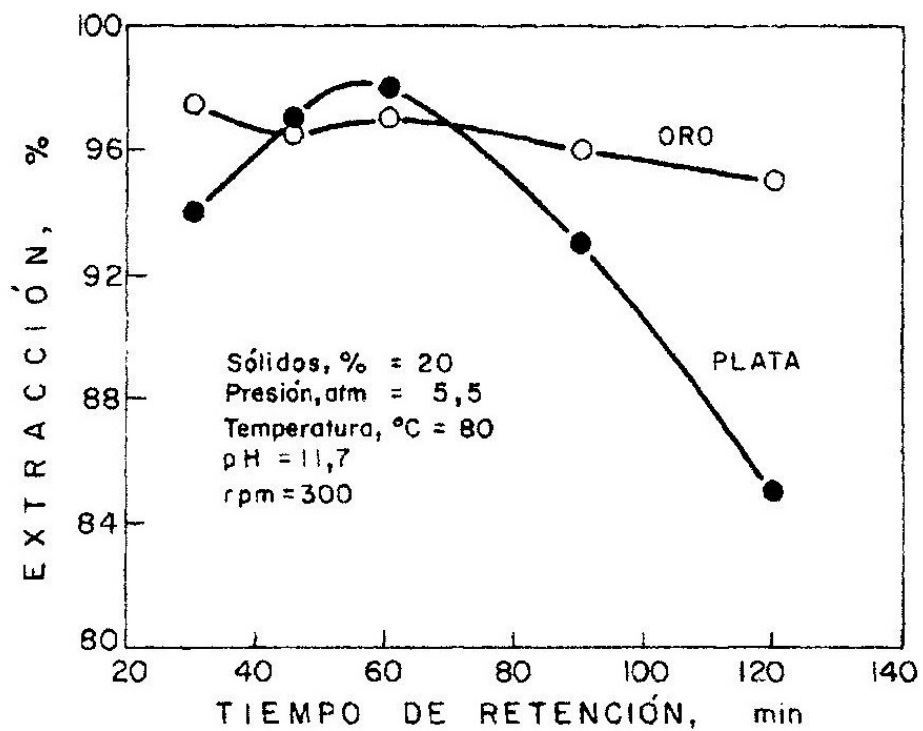
El procedimiento de oxidación-cianuración directa a presión se lleva a cabo en un autoclave a un valor de pH entre 10,7 y 11,5, empleando para ello cal (CaO) o hidróxido de sodio (NaOH). En un medio alcalino como este, la oxidación de la pirita y la pirrotita del concentrado da lugar a la formación de sulfato ferroso, que se convierte en sulfato férrico según las siguientes reacciones:



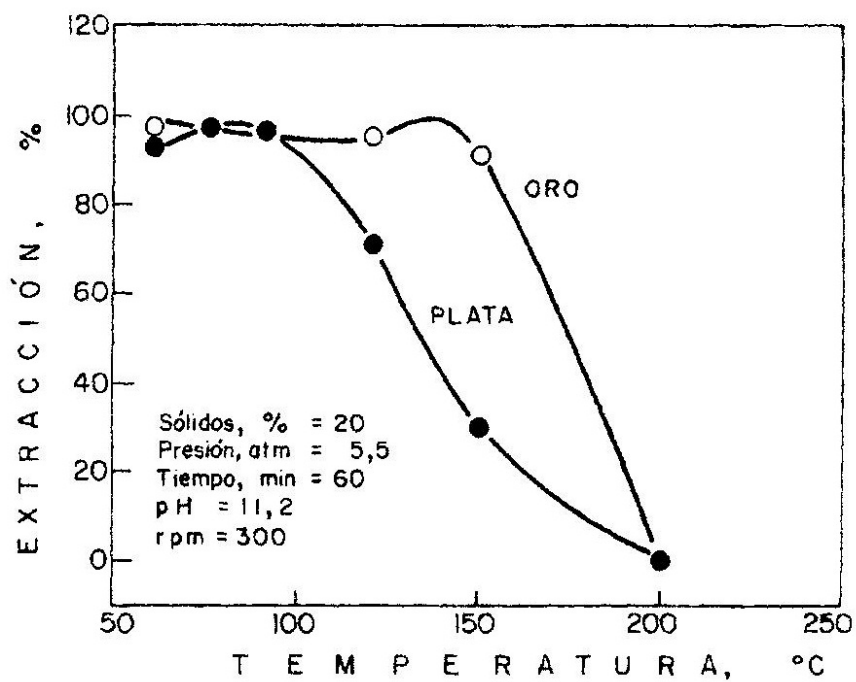
El ion férrico puede contribuir a la oxidación de la pirita, pirrotita, esfalerita y calcopirita. El azufre elemental obtenido de las reacciones anteriores se puede depositar en forma de capa porosa no protectora, sin impedir el acceso del cianuro y del oxígeno hacia el oro y la plata y así poder liberarlos. Las reacciones que se producen son:



Las figuras N° 1.6 y N° 1.7 muestran los resultados cuantitativos de estas reacciones de disolución de los metales preciosos; la máxima extracción de oro y plata se alcanza transcurridos 60 min a 80 °C. Al incrementarse ambos parámetros, se observa una disminución en la curva de extracción debido a que el cianuro se degrada por oxidación y produce cianato y, posteriormente, amonio y dióxido de carbono, tanto por su prolongada exposición al oxígeno, para tiempos superiores a 90 min, como al incremento de su velocidad de oxidación a temperaturas superiores a 80 °C. Los resultados experimentales muestran recuperaciones de oro y plata de aproximadamente el 96 %.



**FIGURA Nº1.6.-** Efecto del tiempo de retención en autoclave en la extracción de oro y plata.



**FIGURA Nº1.7.-** Efecto de la temperatura en la extracción de oro y plata.

## CAPITULO II GENERALIDADES DEL PROYECTO

### 2.1 Ubicación

El **Proyecto Pueblo Viejo** ubicado en República Dominicana (ver figura N° II.1 y figura N°II.2), en la provincia Sánchez Ramírez a 100 km de Santo Domingo, es una reserva minera de categoría mundial y uno de los depósitos más grandes de oro no desarrollados.

### 2.2 Memoria Descriptiva

Los depósitos de óxido de Pueblo Viejo fueron explotados por Rosario Dominicana desde 1975 hasta su agotamiento en 1999, año en que la mina y la planta finalizaron sus operaciones.

Posteriormente el Estado Dominicano realizó una licitación internacional, la que fue adjudicada a la empresa Placer Dome, firmándose en el año 2001, el Acuerdo Especial de Arrendamiento entre el Estado Dominicano y la empresa Placer Dome Dominicana Corporation.



Durante el año 2006, Barrick Gold adquirió los activos de Placer Dome en todo el mundo, incluyendo con ello los derechos en el proyecto Pueblo Viejo. Después, Barrick vendió el 40% de la participación en el proyecto a Goldcorp incorporated. De esta manera se conformó la empresa Pueblo Viejo Dominicana Corporation.

Barrick, con participación del 60%, es la administradora y gestora del proyecto. Se estima que la inversión requerida para poner en funcionamiento esta mina alcanzará los 2.500 millones de dólares.

Las comunidades aledañas a Pueblo Viejo se verán beneficiadas de los resultados de la operación minera, tanto en lo económico como en lo social. Asimismo, la región también recibirá beneficios por el mejoramiento de los caminos, puentes y un mayor desarrollo de infraestructura en general. De hecho, como resultado de la ejecución de programas de desarrollo comunitario que buscan mejorar las condiciones socioeconómicas de las comunidades, el proyecto Pueblo Viejo ya está generando un impacto positivo en las comunidades cercanas a la mina.

Barrick asumió el compromiso de contratar mano de obra local, para lo cual inició programas de inducción a la disciplina industrial en las

comunidades locales. Durante los tres años de construcción del proyecto, se generarán 3.500 puestos de trabajo por año y se espera que la empresa cree unas 1000 plazas laborales durante los estimados 25 años de vida de la mina. Además, se proyecta la generación de 2.500 puestos de trabajo indirectos en la economía local, lo que provocará una importante actividad económica en toda la zona.

### **Cuidado ambiental**

El principal efecto negativo ambiental que existe actualmente en el entorno local de Pueblo Viejo es el drenaje de aguas ácidas de roca, producto de antiguas operaciones mineras. Este es uno de los mayores retos para Barrick: abordar el impacto heredado.

De acuerdo a los términos del Contrato Especial de Arrendamiento, el Gobierno Dominicano es responsable del saneamiento ambiental de los impactos históricos asociados a la operación anterior de la antigua mina. No obstante, Barrick basado en su compromiso de hacer Minería Responsable, es responsable de implementar un plan de manejo ambiental conforme a estándares internacionales y en cumplimiento de la normativa ambiental del país, que contribuirá al

mejoramiento de la calidad de las aguas en la zona y la rehabilitación de las tierras.

Una de las obras de infraestructura más relevantes del proyecto Pueblo Viejo será la construcción de la presa de colas, que se ubicará al sur de la mina en la zona del Valle El Llagal. Su concreción implicará la reubicación de las comunidades de El Llagal, Fátima y Los Cacaos, por ello, la empresa trabaja junto a los habitantes de dichas localidades y el Estado Dominicano a fin de que la obra se realice bajo una óptica consensuada entre las partes. Así, se considera fundamentalmente, las opiniones y demandas de las comunidades y los lineamientos establecidos por el Banco Mundial para este tipo de procesos.

### **Plan de Desarrollo Local**

El proyecto ejecutará un Plan de Desarrollo Local que tendrá impacto positivo en la provincia. Apoyará importantes iniciativas productivas y buscará a través de una alianza con las instituciones gubernamentales locales y el fomento de la cooperación inter-empresarial, mejoras en educación, salud, cultura y en general en las condiciones de vida de las comunidades cercanas al proyecto.

Contar con una producción sostenible es la meta en la empresa Barrick Pueblo Viejo y para lograrlo ésta no limita recursos ni esfuerzos para contar con una mina segura, eficiente y productiva cada día. Así como para lograr ser el mejor lugar para trabajar, con personas grandiosas, excelentes sistemas de apoyo, motivadas y obsesionadas con esa meta común. Siempre tomando en cuenta la seguridad y la salud personal, previniendo los riesgos y estando cada día dispuestos a dar lo mejor desde las distintas áreas de trabajo. Y atendiendo a su compromiso con el Estado dominicano, su socio estratégico y con la comunidad, respetando el medio ambiente y sobretodo mejorándolo, a través de su plan de remediación de pasivos ambientales. Esta mina, de clase mundial, ubicada en la provincia Sánchez Ramírez, a 100 kilómetros de Santo Domingo, cuenta con reservas probadas, de acuerdo a los precios internacionales de inicios del 2014, de unos **13.1** millones de onzas de oro, más alrededor de unos **78.4** millones de onzas de plata y **334.6** millones de libras de cobre y contenidas en la reserva de minerales.

Con 25 años estimados de vida útil, es una de las minas más importantes del país y del mundo, cuya **inversión total de capital** ha sido de unos **US\$ 4,500 millones**, lo que representa la mayor inversión extranjera en la historia del país, así como una inversión en compras desde el 2008 hasta 2014 de más de **US\$ 1,907 millones** (RD\$ 83,944 millones). Es administrado y operado por Barrick Gold

Corporation y su socio Goldcorp Incorporated. Se espera una producción de más de **un millón** de onzas de oro por año durante los primeros cinco años completos de producción. Barrick Pueblo Viejo cuenta con la instalación de autoclaves más grande del mundo para el procesamiento de oro. Y además, ha realizado una inversión de alrededor de **US\$300** millones en el complejo energético Quisqueya en San Pedro de Macorís (430 megavatios), donde se encuentra la planta Quisqueya I para el suministro de su energía. La eficiencia de dicho complejo ha reducido los precios del mercado spot de abastecimiento de energía en un **30%**, lo cual se traduce en mayor disponibilidad de fondos para el Estado.

Barrick Pueblo Viejo es sobre todo una empresa que crea riquezas, no sólo para el momento sino como un legado perenne en el tiempo.

## **RECURSOS HUMANOS**

**92% de los 2,168** empleados son dominicanos de **30** provincias del país. Cifra a la cual se suman los **3,549** empleos de la zona otorgados dentro del Plan Rotacional que lleva a cabo la empresa.

### **2.3 PRODUCCIÓN**

La planta de oxígeno más grande de la industria minera de la región. **34** camiones con capacidad de **200** toneladas de mineral. **43** equipos de soporte (palas, cargadores, camiones de agua y auxiliares).

**Una sala de simulador** de entrenamiento y evaluación para el manejo de camiones y equipos mineros de alta tecnología.

## **MEDIO AMBIENTE**

**214.36** hectáreas revegetadas y **535,900** plantas forestales sembradas.

**9** jornadas de monitoreos ambientales junto a las **310** personas que han participado de alrededor de **26** comunidades en la provincia Sánchez Ramírez.

## **RESPONSABILIDAD SOCIAL CORPORATIVA**

**Más de US\$ 24 millones** (más de RD\$ 1,000 millones) invertidos en programas comunitarios entre el 2008-2013.

**Más de 300** obras entregadas en comunidades de **48** municipalidades.

**Unas 120** obras municipales en ejecución con aportes de Barrick.

**Alrededor de 30** iniciativas educativas, productivas, de emprendimiento y salud preventiva en 30 comunidades.

**124** charlas y talleres de prevención de riesgos impartidos a **12,800** miembros de 29 comunidades.



Figura N° 2.1.- Ubicación de República Dominicana donde se desarrollo el Proyecto de Pueblo Viejo.



Figura Nº 2.2.- Ubicación de Pueblo Viejo dentro de la República Dominicana.



## **El Minado**

Todos los procesos operativos en Barrick Pueblo Viejo inician aquí, en el área de Operaciones Mina, un equipo que trabaja todos los días, las 24 horas, 365 días al año, para garantizar la sostenibilidad de la empresa, bajo altos estándares de seguridad y con una gran atención a sus recursos humanos.

Los turnos de trabajo en el área inician a las 6:30 de la mañana y a las 6:00 de la tarde. Sin embargo, los equipos llegan siempre 10 minutos antes de esas horas para ponerse al día sobre el personal anterior, sobre temas de seguridad y riesgos a tomar en cuenta al ir al campo para ser cada vez más eficientes, de cuánto fue la producción, qué tan bien se hizo, cuál es el plan de trabajo y el plan de ingeniería a seguir.

Todos los días, a las 7:30 a.m, 9:00 a.m y 2:00 pm, la gerencia, superintendencia, supervisores y técnicos de mina se reúnen a evaluar la ejecución del día y a planificar el trabajo de los turnos que ejecutan los cuatro sub equipos de mineros y mineras que van a campo de día y de noche, en momentos distintos de la semana, con una rotación de 4x4 (4 días trabajando, 4 días descansando).

“He visto personas que nunca habían manejado un camión en sus vidas, ni siquiera una bicicleta, y se han formado y capacitado como buenos profesionales. De hecho, cuando iniciamos el año pasado un proceso de reclutamiento de unas 500 personas elegir 64 nuevos operadores,

seleccionamos personas que vienen de las comunidades de Cotuí, Piedra Blanca y Maimón. Así como contratamos personas técnicas en el área, tuvimos varios casos en los que algunos, sin saber leer ni escribir, superaron rápidamente los entrenamientos, y hoy en día, ya operan retroexcavadoras y tractores. Tenemos un buen programa de entrenamiento, para capacitar a las personas sobre cómo operar nuestros equipos con seguridad”, explica Beato Martínez, Supervisor General Operaciones Mina al describir el mayor recurso del área, las personas que la conforman.

En realidad es mucho lo que se podría decir sobre el primer escalón de Barrick Pueblo Viejo y en esta edición de la revista hemos querido explicar su funcionamiento, sus equipos humanos y tecnológicos, sus capacidades y metas, en una radiografía de sus procesos.

### **CUALIDADES DEL EQUIPO DE OPERACIONES MINA**

- Cultura de Seguridad
- Eficiencia en los tiempos de trabajo
- Planificación
- Comunicación
- Preparación antes de salir a campo
- Puntualidad
- Trabajo en equipo
- Apoyo mutuo para el logro de los resultados
- Mitigación de los riesgos

- Adaptación a los cambios constantes

### **ÁREAS DE TRABAJO**

- Operaciones Mina
- Mantenimiento Mina
- Ingeniería de mina y Planificación
- Perforación • Voladura
- D-watering
- Hidrogeología
- Geotecnia
- Topografía
- Geología
- Entrenamiento y mejora continua
- Dispatcher
- Proyectos

### **PROCESO DE MINADO**

- El equipo de planificación, conformado por profesionales de servicios e ingeniería.
- Personal entrenado llega a la mina, participan de reunión de preparación para el campo, se dirigen a sus áreas de trabajo y verifican e inspeccionan sus equipos y las condiciones en que operarán.

- El área de Despacho, el motor de la mina, supervisa de manera digital la operación, los equipos y su mantenimiento
- Con la autorización requerida, el operador inicia su jornada.

## **EQUIPOS**

- 34 camiones con capacidad de 200 toneladas de mineral
- 5 camiones de agua, 2 con capacidad de 20,000 gls. y 3 con capacidad de 10,00 gls. son utilizado para mantener el regado de las vías y los frentes de minado para controlar el polvo, mitigando así los impactos ambientales
- 2 palas Hitachi con capacidad de llenar un camión de 200 toneladas con 8 cubos.
- 3 cargadores 994 con capacidad de llenar un camión de 200 toneladas con 10 cubos.
- 33 equipos de soportes auxiliares (Bulldozer, Retro-Excavadora, moto-niveladores, compactadores, cargadores frontales)

## **PRODUCCIÓN**

Un promedio por día de 150,000 toneladas diarias minadas desde los distintos frentes de carguíos, hasta los diferentes destinos de descargas, trabajando los 365 días del años, las 24 horas del día.

### CAPITULO III

#### PARAMETROS DE DISEÑO DE LA PLANTA

##### 3.1 Parámetros Generales

De acuerdo al estudio el Proyecto tiene los siguientes parámetros Generales.

**Tabla N° 3.1.- Leyes de mineral y el rendimiento metalúrgico**

	<b>Parámetros</b>
Depósito de Mineral	227.8 M tonelada
Work Index	16.1 kw-h/t
Au grado, promedio	3,04 g / t
Ag grado, promedio	17.75 g / t
Cu grado, promedio	0.093%
grado Zn, promedio	0,6%
grado S, promedio	6,90%
grado Hg, promedio	8 a 14 g / t
Au recuperación, promedio	92.46%
recuperación Ag, promedio	86.63%
recuperación Cu, promedio	79.47%

##### 3.2 Parámetros de selección del Circuito de Chancado

De acuerdo a la capacidad y a las pruebas desarrolladas a nivel de laboratorio se obtuvieron los siguientes Parámetros de Diseño.

**Tabla N° 3.2.-** Parámetros de Chancado

	<b>Parámetros</b>
Tonelaje de Tratamiento	24.000 tpd
Producto Chancado (P <sub>80</sub> )	130 mm (5 ")

**3.3 Parámetros de selección del Circuito de Molienda**

De acuerdo a la capacidad y a las pruebas desarrolladas a nivel de laboratorio se obtuvieron los siguientes Parámetros de Diseño.

**Tabla N° 3.3.-** Parámetros de Molienda

	<b>Parámetros</b>
Tonelaje de Tratamiento	24.000 tpd
Producto Molienda primaria (P <sub>80</sub> )	1,800 um
Producto Molienda secundaria y clasificación (P <sub>80</sub> )	80 um

**3.4 Parámetros de la sección del proceso de lixiviación a presión con oxígeno en autoclaves**

De acuerdo a la capacidad y a las pruebas desarrolladas a nivel de laboratorio se obtuvieron los siguientes Parámetros de Diseño.

**Tabla N° 3.4.-** Parámetros de Lixiviación a presión

	<b>Parámetros</b>
Tonelaje de Tratamiento	24.000 tpd
Tiempo de residencia en tanques	12-16 horas
Temperatura	90-100°C

### 3.5 Parámetros de selección del Circuito de Lavado en contracorriente

De acuerdo a la capacidad y a las pruebas desarrolladas a nivel de laboratorio se obtuvieron los siguientes Parámetros de Diseño.

**Tabla Nº 3.5.-** Parámetros de Lavado en contracorriente

	<b>Parámetros</b>
Tonelaje de Tratamiento	24.000 tpd
Tiempo de retención en cada tanque de acondicionamiento	12 hr
Temperatura de la pulpa pre-calentada	95 -100 °C
Fuerza de ácido libre alimentado	84 gr/lit
Fuerza de ácido libre descarga	50 gr/lit
Relación de lavado (L/S)	4.5
Eficiencia de Lavado	99.3%
TSS en solución de lavado	< 50 ppm
Tipo de floculante	Anionico
Temperatura pre-calentamiento de la lechada de cal	43 -98 °C
Porcentaje de sólidos pulpa al lavado	37%
Porcentaje de sólidos pulpa salida del lavado	35%
Temperatura de enfriamiento de la pulpa de lavado	De 90°C a 40°C
pH de la pulpa	10.5

### 3.6 Parámetros de selección del Circuito de Cianuración por Agitación (CIL)

De acuerdo a la capacidad y a las pruebas desarrolladas a nivel de laboratorio se obtuvieron los siguientes Parámetros de Diseño.

**Tabla N° 3.6.-** Parámetros de Cianuración por CIL

	<b>Parámetros</b>
Tonelaje de Tratamiento	24.000 tpd
Densidad de pulpa	35% sólidos
Tiempo de retención por tanque de agitación	18-20 horas
Concentración de carbón por tanque	Tanque 1: 30 gr/lt Tanque 2 a 11: 10 gr/lt
Tamaño del carbón activado	6x12 mallas
Recuperación en el CIL	Au: 92 % Ag: 87 %
Carbón cargado cosechado	Au: 2000 gr/TC Ag: 8000 gr/TC
Cosecha de carbón	72 t/d
Consumo de NaCN	1 kg/t

### 3.7 Parámetros de selección del área de Desorción, Electrowining y Fundición

De acuerdo a la capacidad y a las pruebas desarrolladas a nivel de laboratorio se obtuvieron los siguientes Parámetros de Diseño.

**Tabla N° 3.7.-** Parámetros de Desorción, Electrowining y Fundición

	<b>Parámetros</b>
Capacidad de lavado acido del carbón	72 t/d
Acido para el lavado	Nítrico al 60%
Capacidad de Desorción	Au: 144 kg/d Ag: 576 kg/d
Proceso Zadra para la Desorción	Temperatura: 150 °C
Capacidad de columna de Desorción	12 TC
Ciclos de Desorción	10 ciclos por columna/día Tiempo:9 horas
Fuerza de NaCN	0.1%
Volumen de celda EW	3.4 m <sup>3</sup>



Corriente por EW	2.000 Amperios
Hg recuperado	21.4 kg/día
Carga de Flux	16-20%

### 3.8 Parámetros para el circuito de Precipitación de las soluciones de lixiviación a presión

De acuerdo a la capacidad y a las pruebas desarrolladas a nivel de laboratorio se obtuvieron los siguientes Parámetros de Diseño.

**Tabla N° 3.8.-** Parámetros de Precipitación de soluciones de lavado

	<b>Parámetros</b>
<b>Precipitación de Hierro( 1ra Neutralización)</b>	
Alimentación de solución	6.000 m <sup>3</sup> / h
Temperatura solución	70 – 85°C
pH solución alimento	1.3-1.5
pH salida de precipitación	2.06-2.08
Fe <sup>3+</sup> alimento	9 g/lit
Fe <sup>3+</sup> descarga	0.04 g/lit
SO <sub>4</sub> <sup>=</sup> alimento	31.70 g/lit
SO <sub>4</sub> <sup>=</sup> descarga	4.2 g/lit
Cal para neutralización	1.1 kg/kg SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>
Aire	0,3 Nm <sup>3</sup> / h / m <sup>3</sup>
Alimento de precipitado de Fe	7730 m <sup>3</sup> / h.
% sólidos alimento a espesado	10-11%
% sólidos lodos espesados	50%
TSS(solución rebose espesado)	<50 mg/lit
<b>Precipitación de CuS</b>	
Alimentación de solución	6.355 m <sup>3</sup> / h
Temperatura solución	60 – 78°C
Cu alimento	100 - 200 mg/lit
Zn alimento	1500 mg/lit
pH alimento	2.9
TSS(solución rebose espesado)	<25 mg/lit

Capacidad del filtro	116 Kg / m <sup>2</sup> .h
Cu en precipitado	50-55% Cu
<b>Precipitación de Lodos de Alta densidad (2da Neutralización)</b>	
Alimentación de solución	7.223 m <sup>3</sup> / h
Temperatura solución	71°C
Caliza para neutralización	1.33 kg/kg SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>
Aire	0,8 Nm <sup>3</sup> / h / m <sup>3</sup>
pH de lodos de precipitación	6.2
Cal para neutralización	2.86 kg/m <sup>3</sup>
Aire	0,15 Nm <sup>3</sup> / h / m <sup>3</sup>
pH de lodos de precipitación	8.5
% sólidos alimento a espesado	12.4%
% sólidos lodos espesados	45%

### 3.9 Parámetros para Planta de Tratamiento de Efluentes

De acuerdo a la capacidad y a las pruebas desarrolladas a nivel de laboratorio se obtuvieron los siguientes Parámetros de Diseño.

**Tabla N° 3.9.-** Parámetros Para planta de tratamiento de efluentes

	<b>Parámetros</b>
Proceso empleado	SO <sub>2</sub> / aire
Consumo de Azufre (SO <sub>2</sub> )	1.080 Kg / hr
Temperatura (SO <sub>2</sub> )	650°C
Adición (SO <sub>2</sub> )	3.5 g / g CN WAD
Caudal Solución alimento	2.517 m <sup>3</sup> / h
Cu Solución alimento	10 mg/lit
Ph Solución alimento	9
CN en solución tratada	< 5 mg/lit (ppm)

## CAPITULO IV

### SELECCION DE EQUIPOS PARA LA PLANTA DE TRATAMIENTO

#### 4.1 Equipos de la sección Chancado

Se detallan Los equipos requeridos para el chancado de acuerdo a la capacidad de 24.000 t/día.

**Tabla N° 4.1.- Equipos de Chancado**

<b>Equipos</b>	<b>cantidad</b>	<b>Descripción</b>
Stock Pile	01	16.000 t
Trituradora giratoria	01	Marca: Metso Dimensiones: 1067 mm x 1651 mm (42 "x 65" ) Motor: 500 HP
Trituradora secundaria	01	Dimensiones: 762mm x 138m Motor: 300 HP
Apron feeders	02	Dimensiones: 1,076mm x 11m Largo Motor: 125 HP

#### 4.2 Equipos de la sección Molienda

La Tabla N° 4.2, nos presenta los equipos requeridos para la Molienda para una capacidad de 24.000 t/día.

**Tabla N° 4.2.- Equipos de Molienda**

<b>Equipos</b>	<b>cantidad</b>	<b>Descripción</b>
Molino SAG	01	Dimensiones: 9.76 m x 4.90 m. (32 'x 16').Motor: 12.000 HP Tamaño de bolas: 5 "
Molino de Bolas	01	Dimensiones: 7.93m x 12.40m. (26 'x 40') Motor: 22.000 HP Tamaño de bolas: 2 "
Ciclones	16	

### 4.3 Equipos de la lixiviación a presión en Autoclaves

La Tabla N° 4.3, nos presenta los equipos.

**Tabla N° 4.3.- Equipos de Lixiviación a presión en Autoclaves**

<b>Equipos</b>	<b>cantidad</b>	<b>Descripción</b>
Tanques recubiertos de alimentación a autoclave	04	Dimensiones: Diámetro:18 m Altura: 19 m
autoclaves	04	3 agitadores en primer compartimento. 1 agitador en cada uno de la siguiente compartimento . - El primer agitador son HP VSD los próximos 3 agitadores están LP (velocidad fija) - 2 portacontenedores flash por tren (tren 1 = 1 autoclave). 1 etapa flash -Los ciclones de liberación de emergencia
bombas por autoclave	02	Marca:Geho TZPM 500 (diafragmas triplex).
Tanque calentador de lodos	01	
ventilador lavador de gases	02	
Válvula de liberación de emergencia	01	

#### 4.4 Equipos del área de lavado en contracorriente

La Tabla N° 4.4, nos presenta los equipos.

**Tabla N° 4.4.- Equipos de Lavado en Contracorriente**

<b>Equipos</b>	<b>cantidad</b>	<b>Descripción</b>
Tanques de curado en caliente	05	Diametro:18,5 m Altura:16,5 m
Espesadores CCD circuito de lavado	03	Diámetro: 70 m
Tanque de calentamiento de cal	01	Diametro:13m Altura: 15 m  - Fuente de calor: Autoclave de vapor de flash - Enfriamiento de lodos método: Torres de enfriamiento (5).

#### 4.5 Equipos del área de Cianuración por Agitación- CIL

La Tabla N° 4.5, nos presenta los equipos.

**Tabla N° 4.5.- Equipos de Cianuración CIL**

<b>Equipos</b>	<b>cantidad</b>	<b>Descripción</b>
Tanques CIL	11	Diametro:8m Altura: 19.75 m

#### 4.6 Equipos de la sección de Desorción, Electrowining y fundición

La Tabla N° 4.6, nos presenta los equipos.

**Tabla N° 4.6.- Equipos de Desorción, Electrowining y fundición**

<b>Equipos</b>	<b>cantidad</b>	<b>Descripción</b>
Columnas de Desorción	04	12 tc cada uno
Hornos eléctricos de carbono.	02	1500 kg / h cada una y 700 °C Carbono en horno de gas: lavador venturi húmedo, calentador eléctrico, seguido de la columna SIAC.
Trenes de 8 celdas de electrodeposición por cada uno	02	
Filtros de placa y marco para retener el lodo EW.	02	
Hornos de inducción de fusión	02	(0.083 m <sup>3</sup> cada una). 175 Kw cada uno.

#### 4.7 Otros Equipos complementarios para la planta de Tratamiento

La Tabla N° 4.7, nos presenta los equipos.

**Tabla N° 4.7.- Equipos Complementarios**

<b>Equipos</b>	<b>cantidad</b>	<b>Descripción</b>
Reactores en paralelo para producción de SO <sub>2</sub>	02	Diametro:13 m Altura: 13 m Temperatura: 650°C
Tanques reactores de precipitación de Hierro (17m x 17m DIA H).	03	Diametro:17 m Altura: 17 m
Espesador para lodos de hierro	01	Diámetro: 60 m
1 de biorreactor (H <sub>2</sub> S en el biogás 10%)	01	Para precipitar el CuS
3 reactores y 1 tanque de desgasificación.		
Espesador para lodos de CuS	01	Diámetro: 50 m
Filtro (torta)		Marca: Larox
Reactores de precipitación con Caliza	04	Diametro:17 m Altura: 17 m 2da Neutralización
Reactores de precipitación con Cal	03	Diametro:13 m Altura: 13 m 2da Neutralización
Espesador para lodos de 2da Neutralización	01	Diámetro: 70 m
Torres de Solución de enfriamiento	08	

## CAPITULO V

### DIAGRAMAS DE FLUJO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO

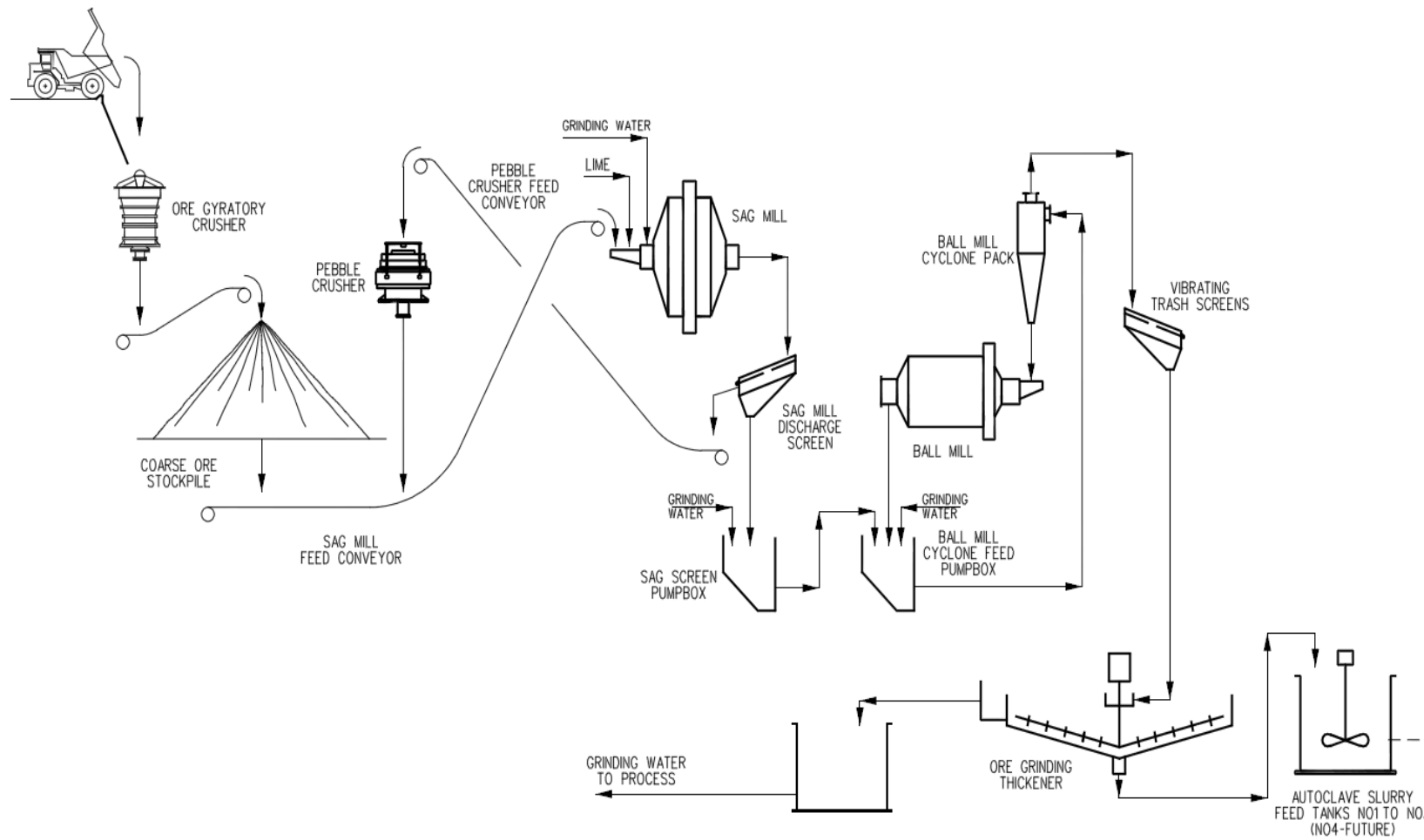
#### 5.1 Diagrama de flujo de la sección Chancado y Molienda

El mineral que viene de mina es alimentado directamente por los camiones a una chancadora giratoria Metso de 1067 mm x 1651 mm (42 "x 65" y 500 HP) cuyo producto de chancado descarga a una faja transportadora N°1 la cual deposita el mineral a un stock pile de 16.000 toneladas de capacidad, el mineral es transportado mediante una faja transportadora N°2 y es alimentado al molino SAG 9.76m x 4.90m. 9 MW (32 'x 16'. 12.000 HP) donde se alimenta cal y agua. El producto del molino SAG es tamizado en una zaranda vibratoria N° 1, cuyo overside retorna a la faja transportadora N°2, mediante la faja transportadora N°3 y el underside de la zaranda N° 1 es descargado en un distribuidor de donde es bombeado hacia un nido de 16 ciclones, de donde el Underflow del nido de ciclones alimenta a un molino de bolas 7.93 m x 12.4 m. (26 'x 40'. 22.000 HP) cuya descarga se deposita en el distribuidor donde se deposita el underside de la zaranda N° 1, la cual también es bombeado al nido de ciclones. El overflow del nido de ciclones es tamizado por una vibratoria N° 2, de donde se extrae los productos gruesos, el fino de la

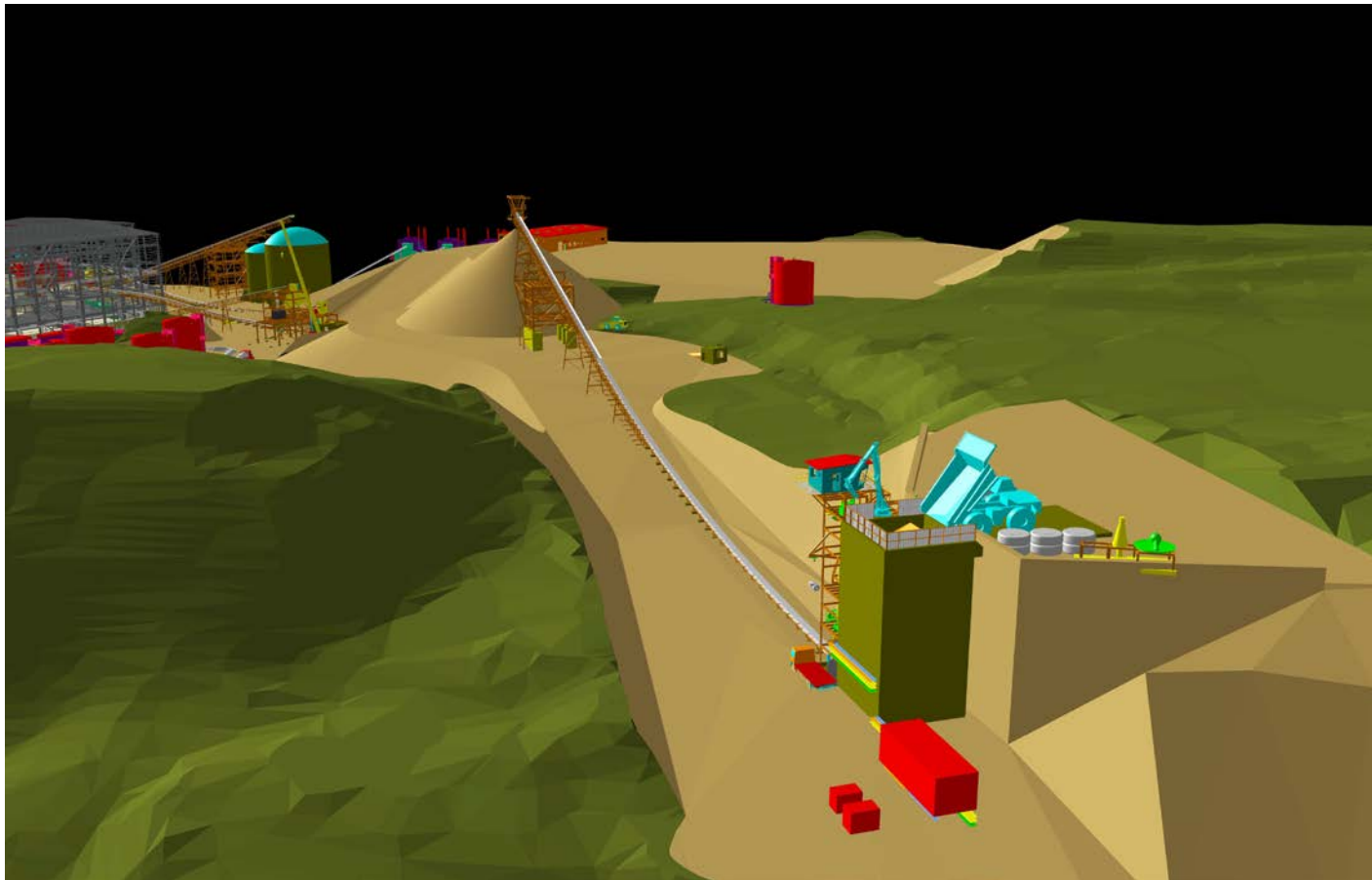


zaranda se alimenta al espesador N°1 de el agua clarificada es recirculada al proceso de molienda mientras que la pulpa espesada es alimentada a la sección de tratamiento con Autoclaves.

En las Figuras N° 5.1, N° 5.2, N° 5.3 y N° 5.4 se muestran el Diagrama de Flujo de la Sección Chancado y Molienda.



**Figura Nº 5.1.-** Diagrama de Flujo de la Sección Chancado y Molienda



**Figura N° 5.2.-** Diagrama de Flujo de la Sección Chancado y Molienda

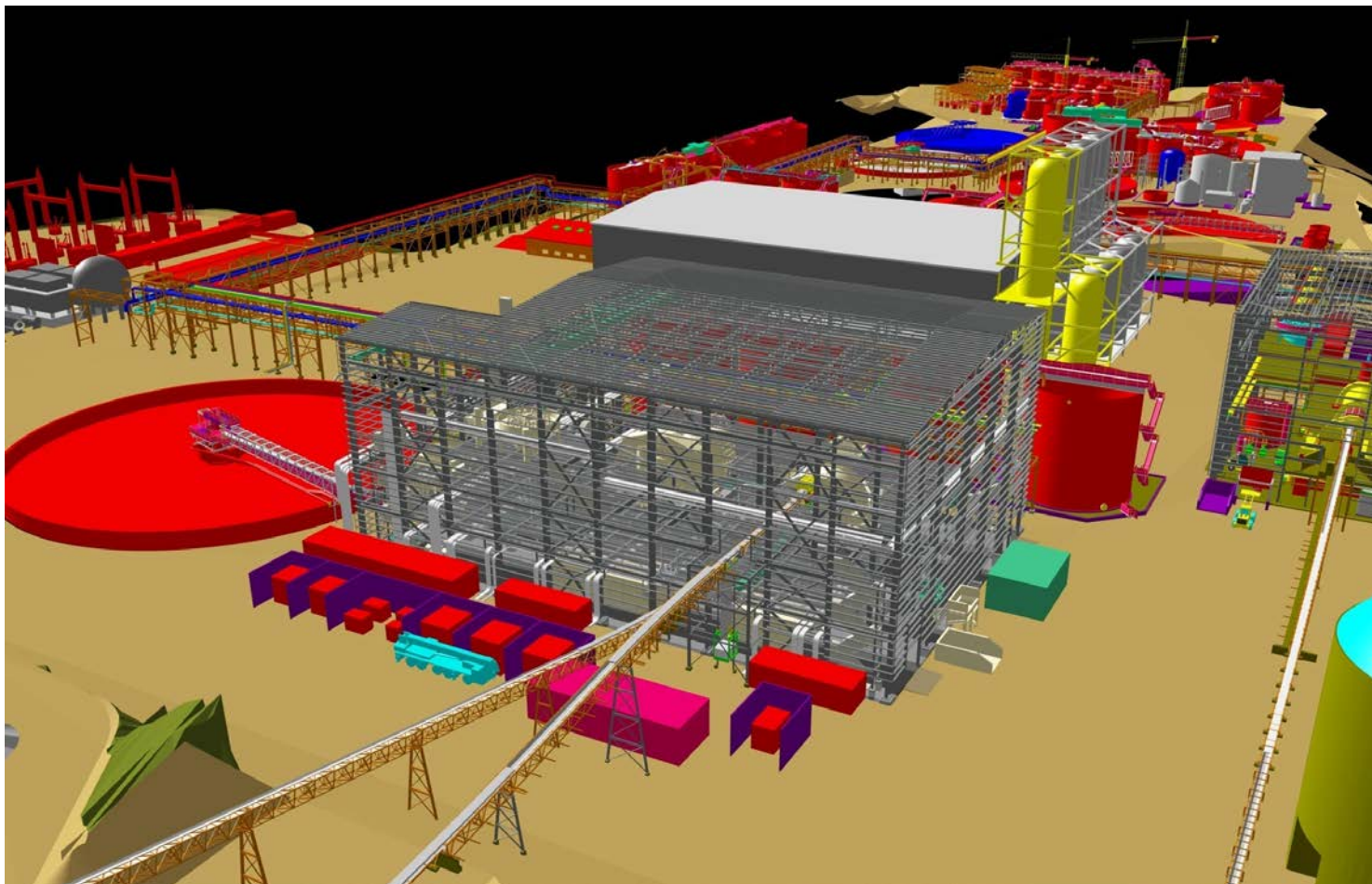
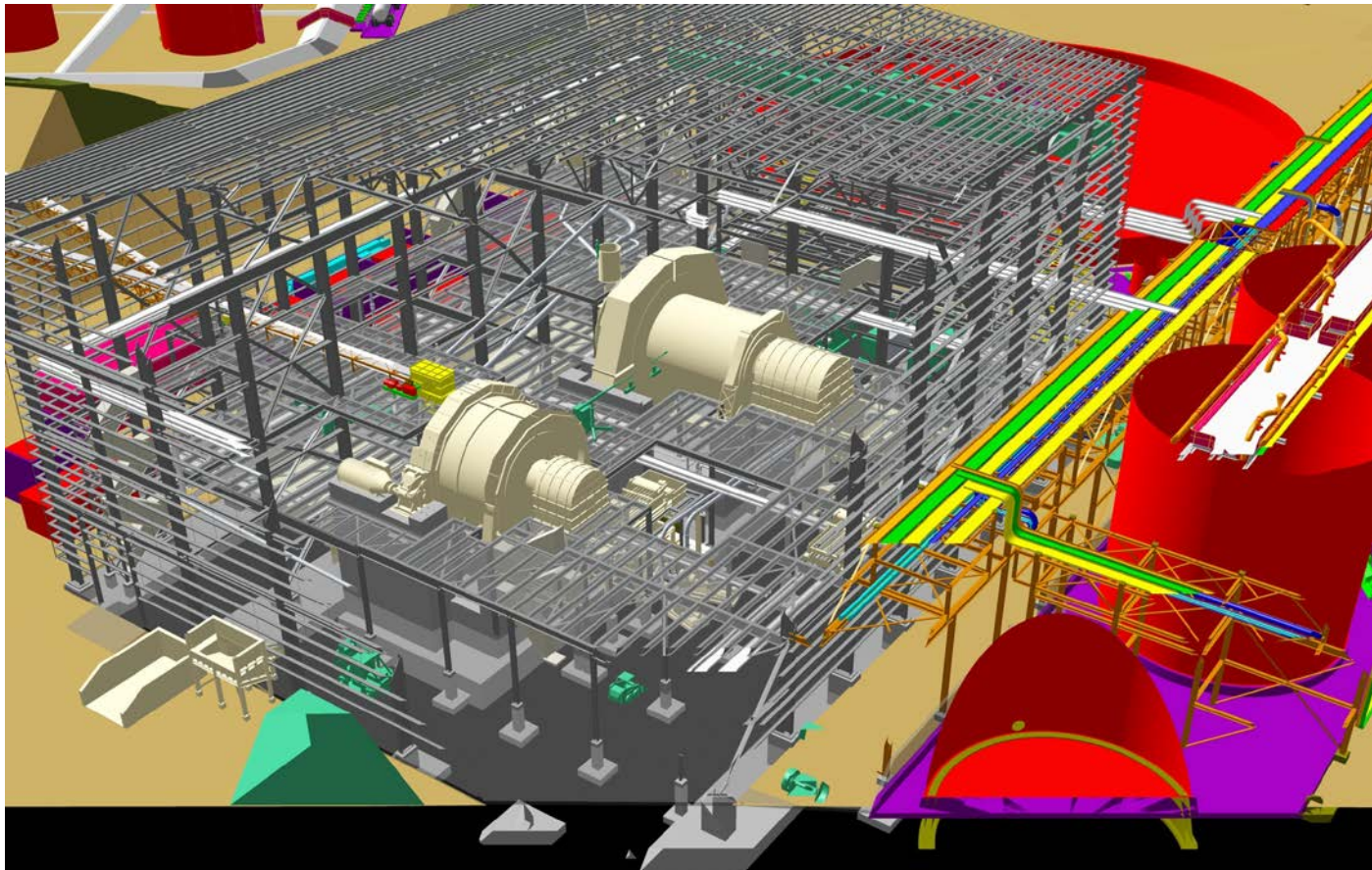


Figura N° 5.3.- Diagrama de Flujo de la Sección Chancado y Molienda





**Figura N° 5.4.-** Diagrama de Flujo de la Sección Chancado y Molienda

## **5.2 Diagrama de flujo de la lixiviación a presión en Autoclaves**

La pulpa producto del espesado del espesador N°1, es alimentado a 04 tanques reforzados (18 m x 19 m ) que sirven de alimentación para la autoclaves. En primer lugar el mineral es alimentado a 2 vasos calentadores de lodos, de donde la pulpa es alimentado a 4 Autoclaves, a la autoclave se le alimenta oxígeno a alta presión, de donde la pulpa lixiviada a presión es evacuada a un Flash vessel de donde descarga a un tanque sellado. De donde la pulpa es alimentada al circuito de lavado en contra corriente y la solución recuperada es transportada al quech vessel, de donde se alimentara a los tanques de precipitación de hierro.

En las Figuras N° 5.5, N° 5.6, N° 5.7, N° 5.8, N° 5.9, N° 5.10, N° 5.11, N° 5.12 y N° 5.13, se muestran el Diagrama de Flujo de la Sección lixiviación a presión en Autoclaves y los diversos accesorios de las autoclaves.

# Autoclave

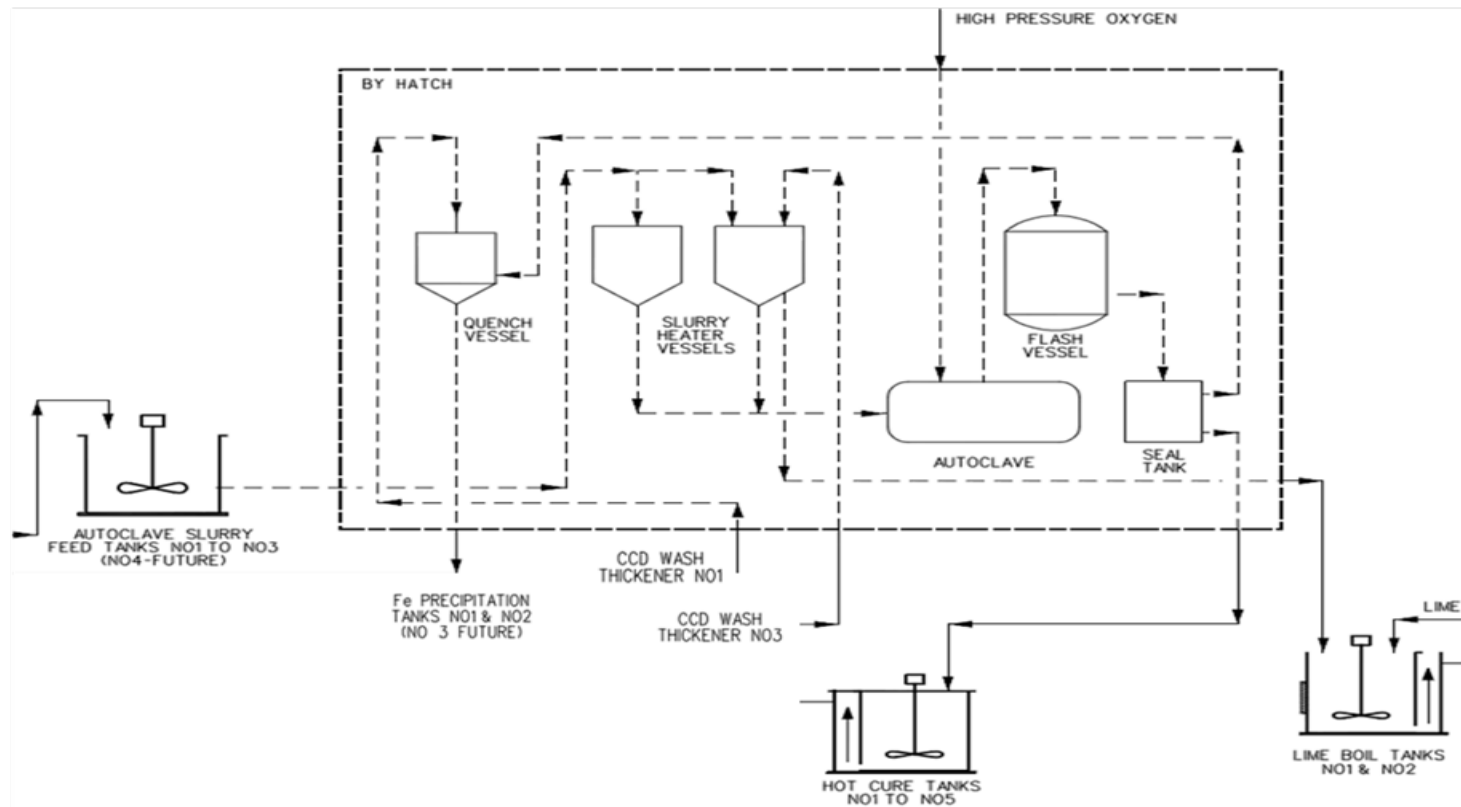
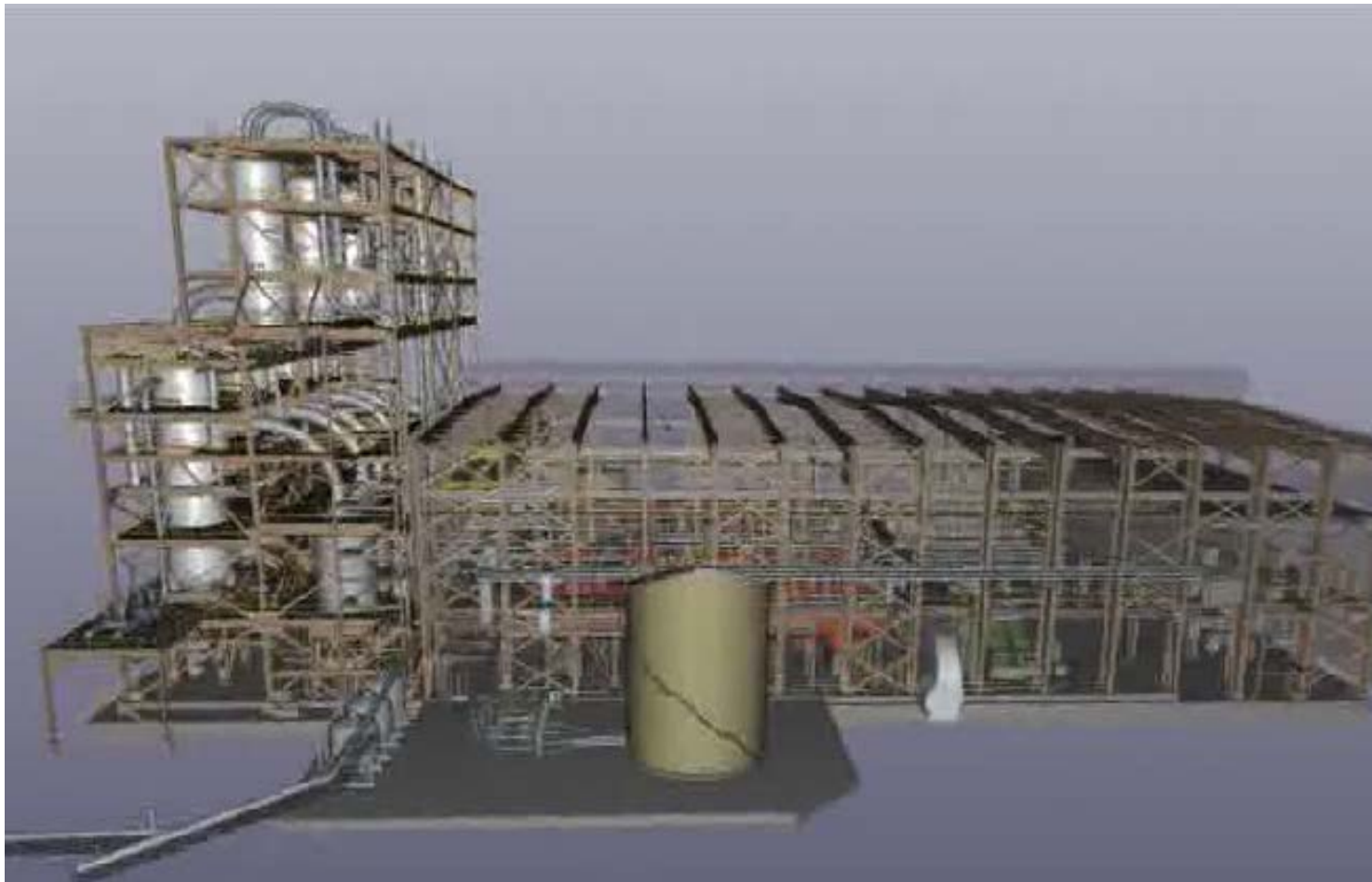


Figura Nº 5.5.- Diagrama de flujo de la lixiviación a presión en Autoclaves

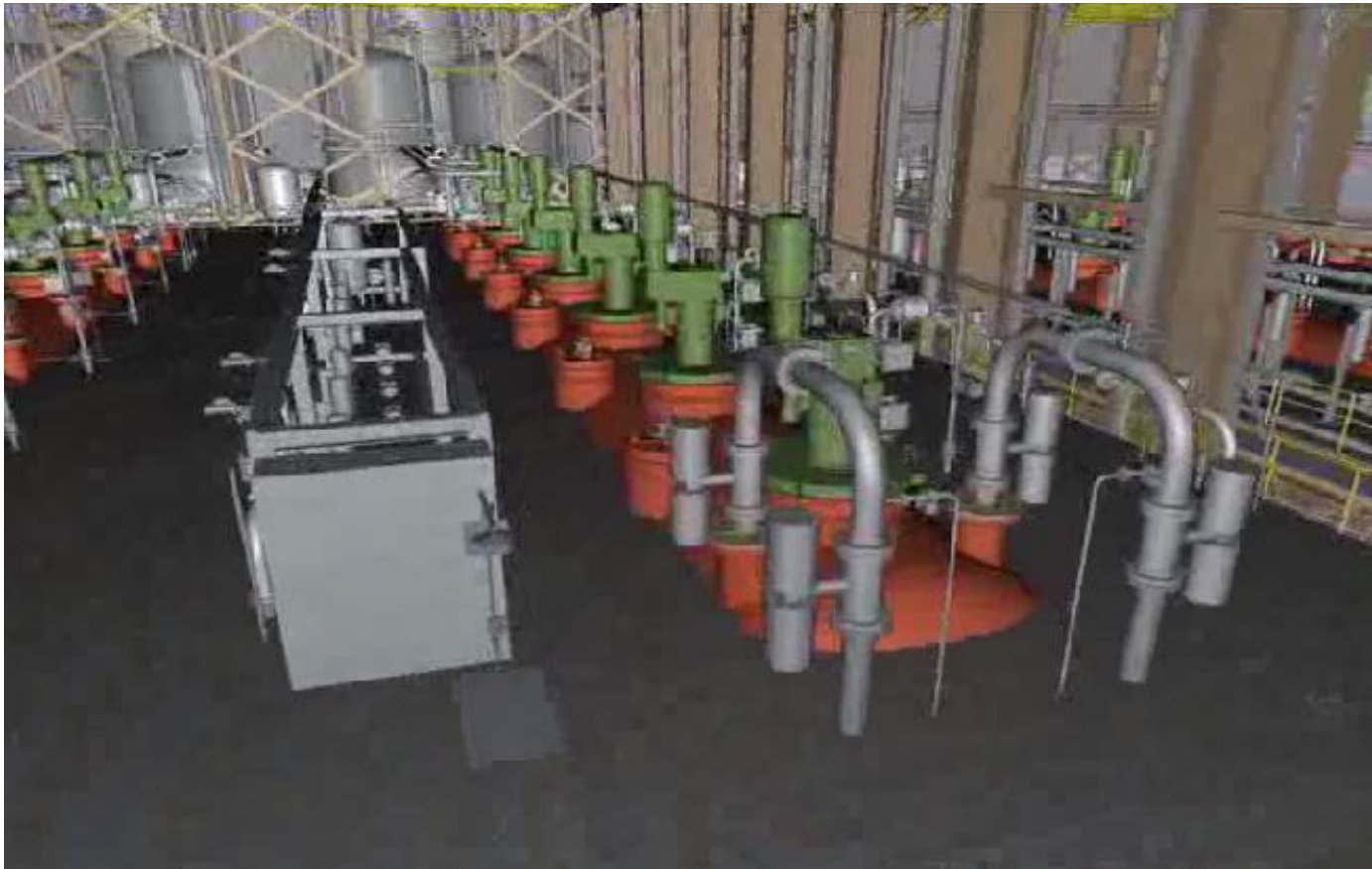


Figura N° 5.6.- Diagrama de flujo de la lixiviación a presión en Autoclaves

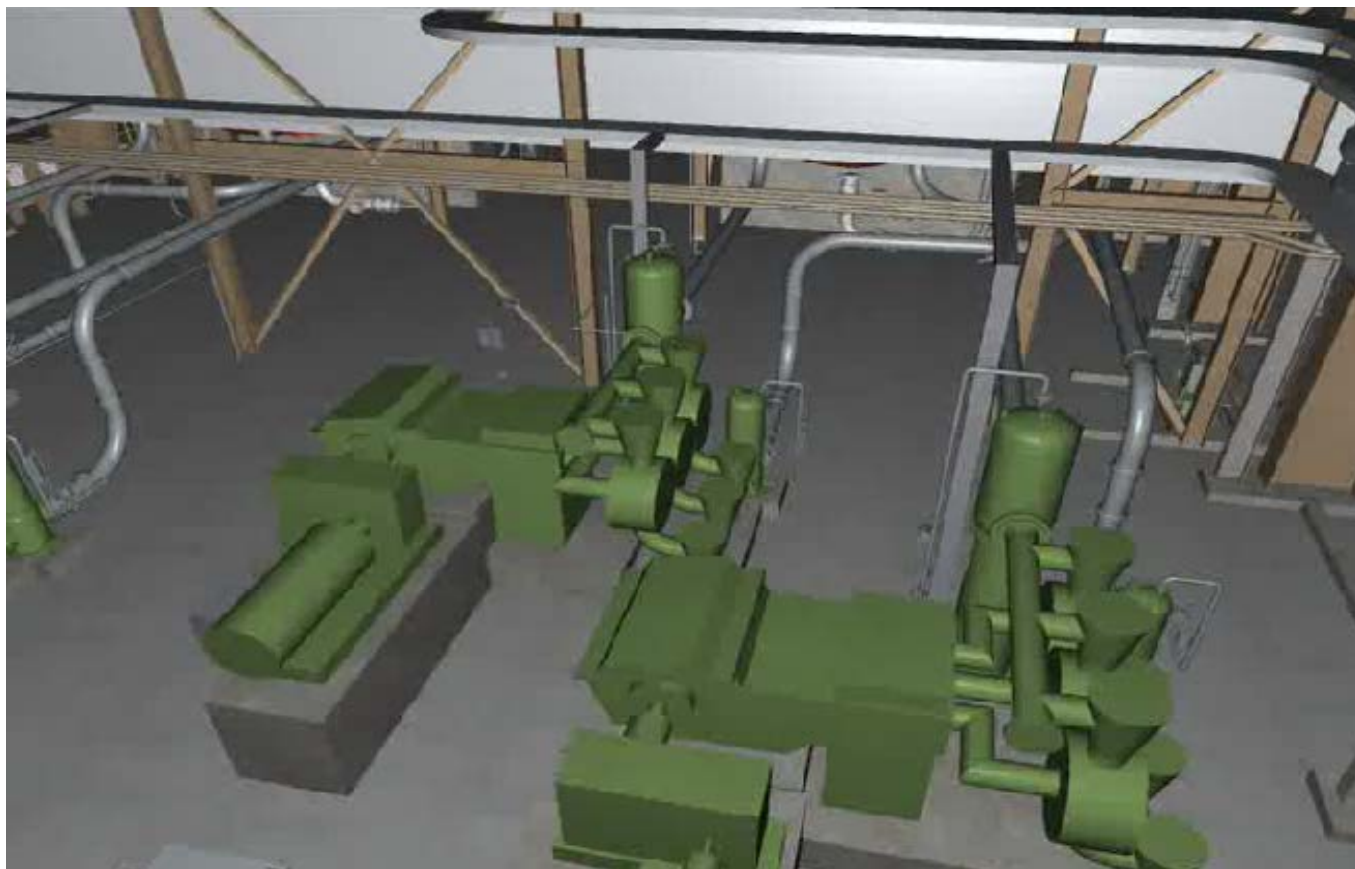




**Figura N° 5.7.-** Edificio de la lixiviación a presión en Autoclaves

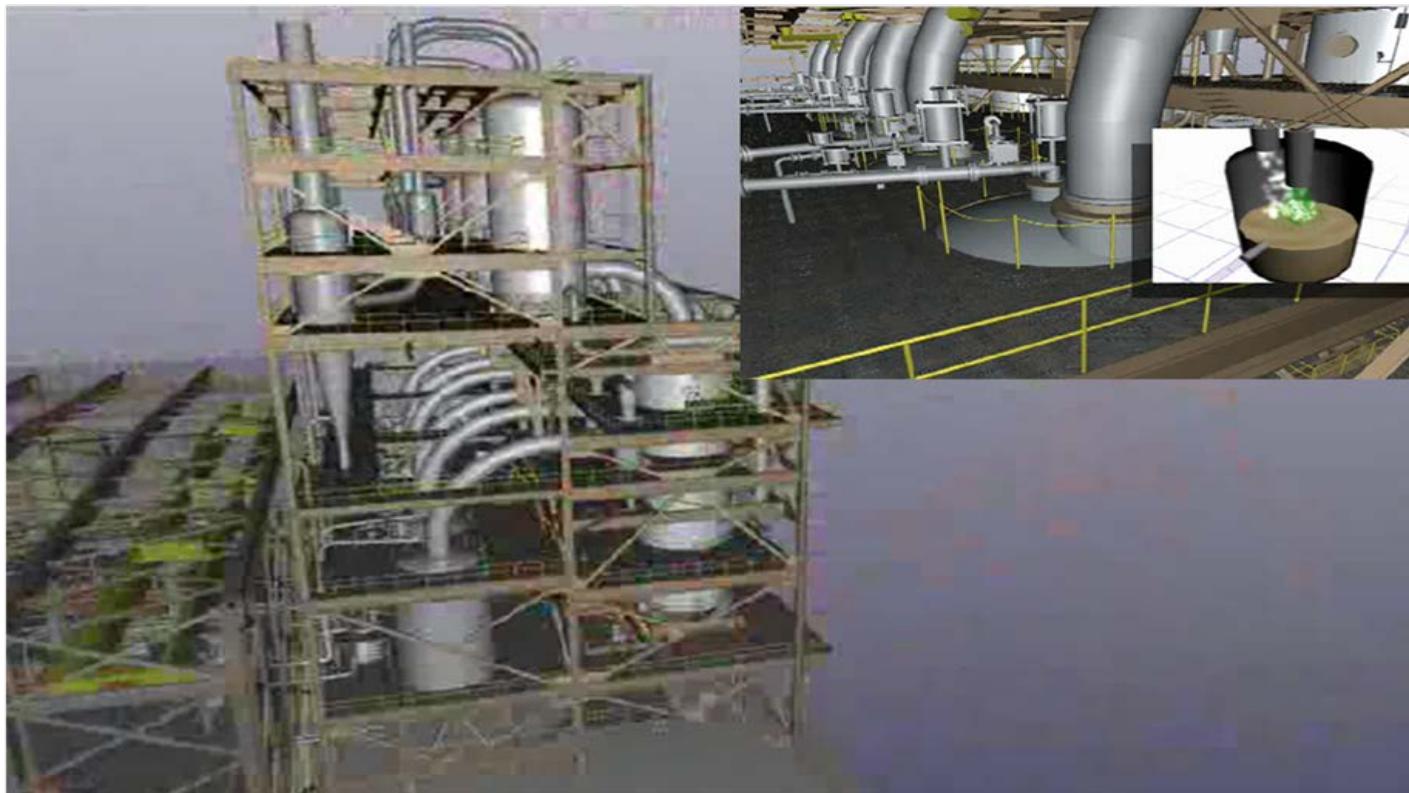


**Figura N° 5.8.- Las Autoclaves**



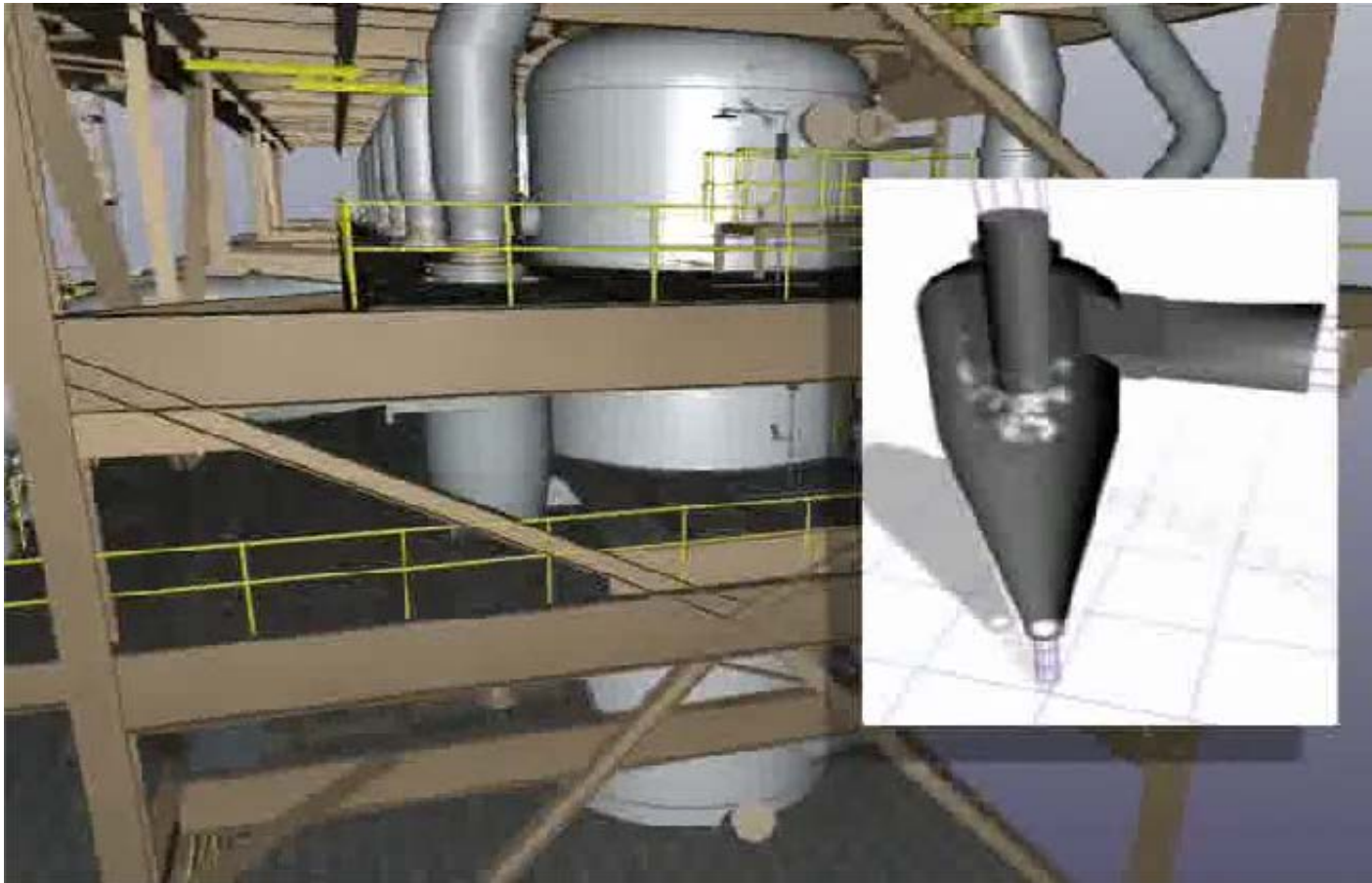
**Figura Nº 5.9.-** 2 bombas Geho TZPM 500 por autoclave (diafragmas triplex).

## Autoclave Flash vessels



**Figura Nº 5.10.-** Autoclave Flash vessels





**Figura N° 5.11.-** Ciclón de ventilación para los gases de la Autoclave



**Figura Nº 5.12.-** Autoclave quench vessels

## Autoclave Gas cleaning process



**Figura Nº 5.13.-** Autoclave Gas cleaning process

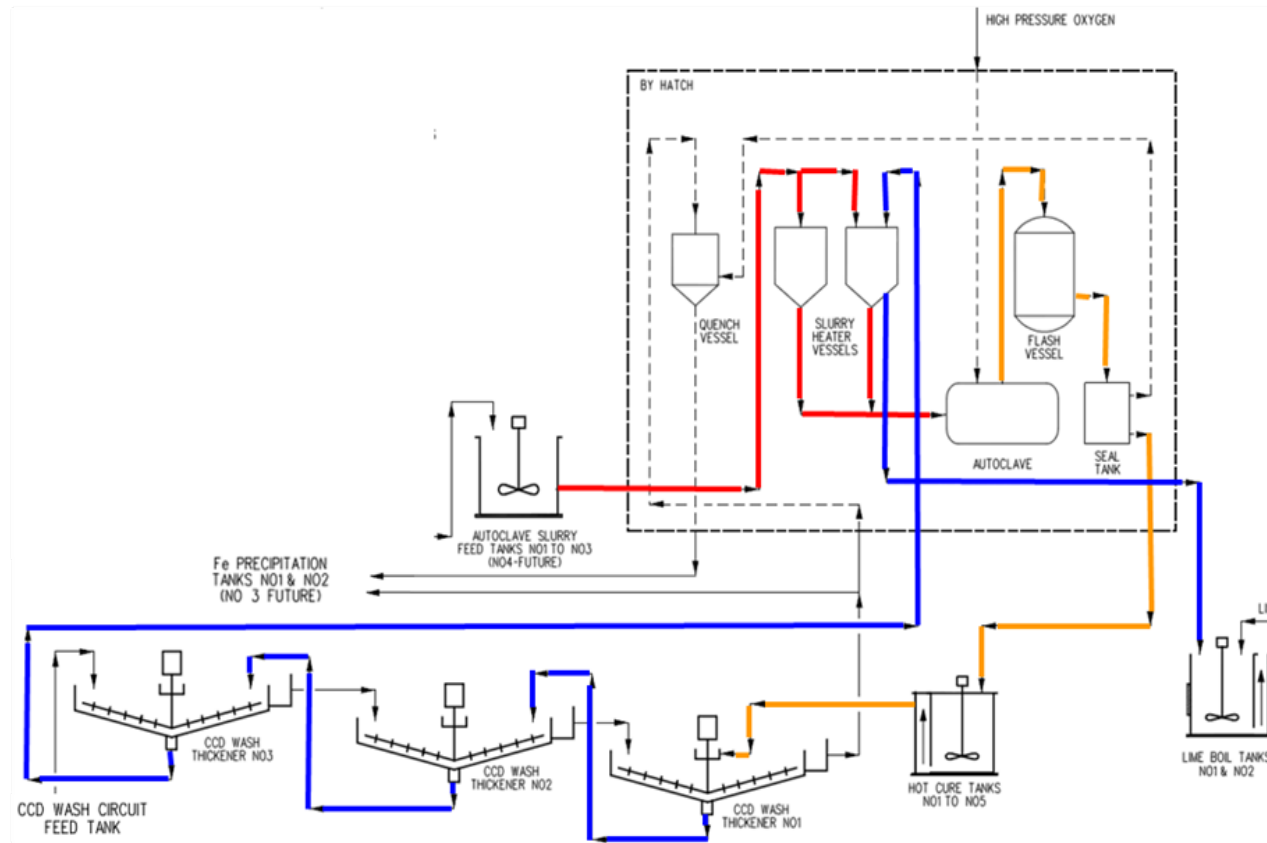
### **5.3 Diagrama de flujo del área de lavado en contracorriente**

Del tanque sellado la pulpa es alimentada al circuito de lavado en contra corriente, para los cual se tiene 3 espesadores de donde la solución recuperada es transportada al quech vessel, de donde se alimentara a los tanques de precipitación de hierro. La pulpa lavada se alimentara a la sección de cianuración.

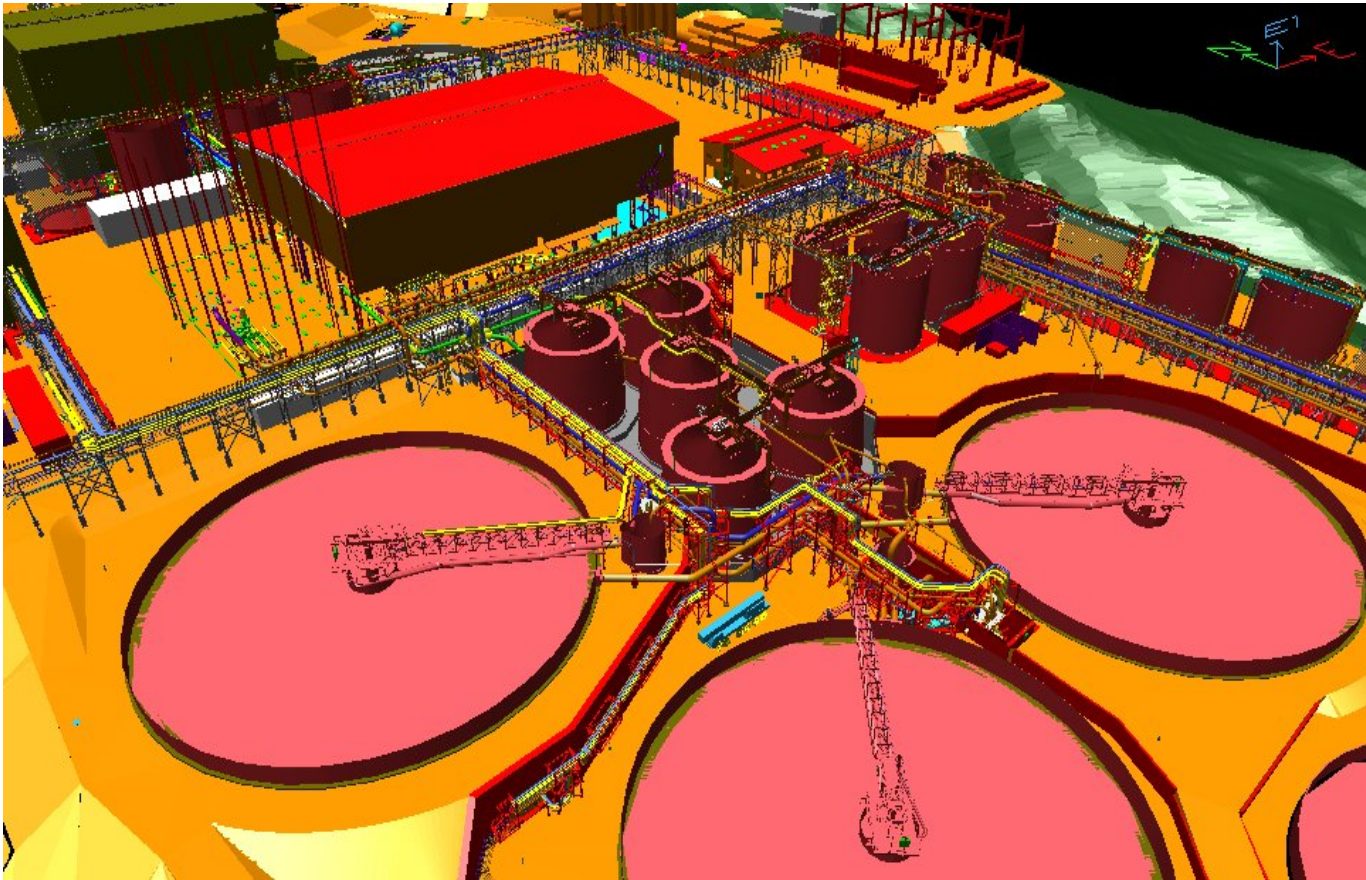
En las Figuras N° 5.14 y N° 5.15, se muestran el Diagrama de Flujo de la Sección de lavado en contracorriente.



## Slurry conditioning circuits



**Figura Nº 5.14.-** Diagrama de Flujo del circuito de lavado en Contracorriente CCD

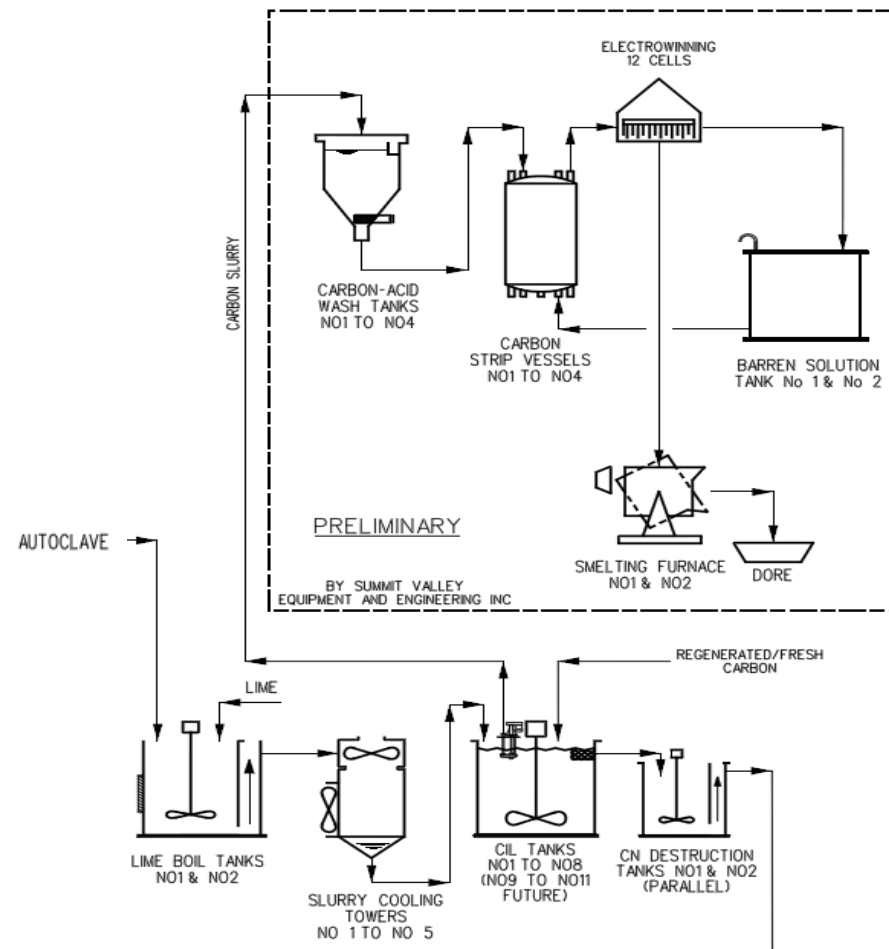


**Figura Nº 5.15.-** Diagrama de Flujo del circuito de lavado en Contracorriente CCD

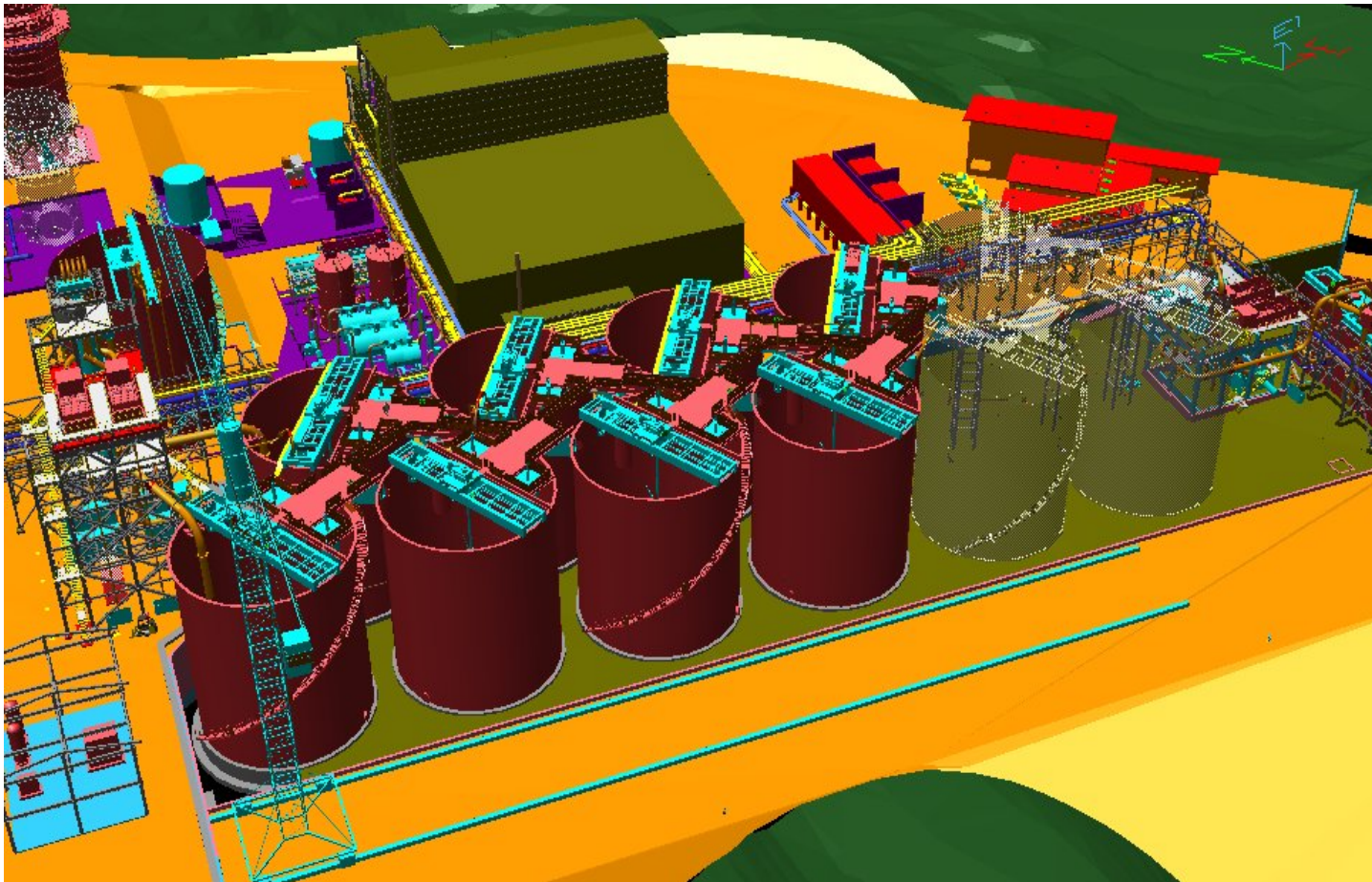
#### **5.4 Diagrama de flujo del área de Cianuración por Agitación- CIL**

La pulpa es alcalinizada y luego enfriada en 5 tanques, de donde es alimentado a 8 tanques de Cianuración con Carbón en lixiviación (CIL). El carbón cosechado es alimentado a la planta de Desorción. Mientras que el relave pasa a la planta de tratamiento de cianuro.

En las Figuras N° 5.16 y N° 5.17, se muestran el Diagrama de Flujo de la Sección de Cianuración por Agitación- CIL.



**Figura Nº 5.16.-** Diagrama de Flujo del circuito de Cianuración por Agitación- CIL



**Figura Nº 5.17.-** Diagrama de Flujo del circuito de Cianuración por Agitación- CIL

## **5.5 Diagrama de flujo de la sección de Desorción, Electrowining y fundición**

El carbón activado cosechado es sometido al lavado ácido en 4 tanques, luego es alimentado a 4 columnas de desorción a presión. La solución cargada con oro es alimentada a 12 celdas de Electrodeposición. El cemento producto del electrowinning es alimentado al proceso de fusión e 2 hornos de fusión donde se obtiene el dore. La solución barren es depositado en 2 tanques.

En las Figuras N° 5.18 y N° 5.19, se muestran el Diagrama de Flujo de la Sección de Desorción, Electrowining y fundición.

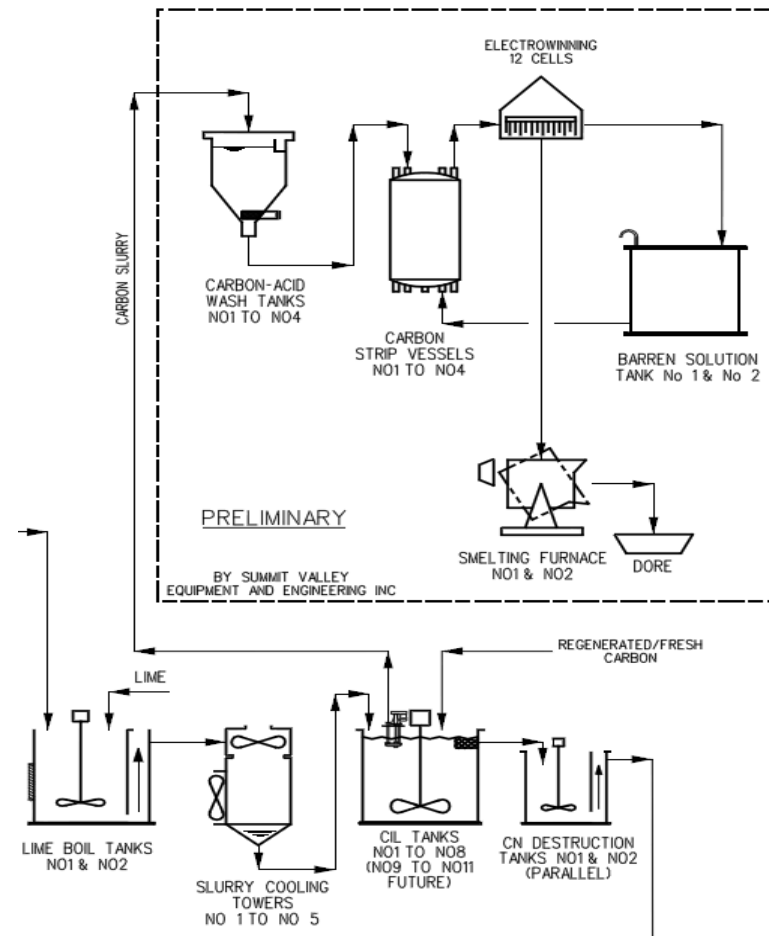


Figura N° 5.18.- Diagrama de Flujo del circuito de Desorción, Electrowining y fundición





**Figura N° 5.19.-** Diagrama de Flujo del circuito de Desorción, Electrowining y fundición



## **5.6 Diagrama de flujo para el circuito de Precipitación de las soluciones de lixiviación a presión**

La solución de lavado es alimentado a 2 tanques de precipitación de hierro, donde se le alimenta solución alcalinizada con cal a pH 9, el precipitado formado es alimentado a un espesador de hierro, la solución clarificada es depositada en un tanque donde se le va adicionar gas de  $H_2S$ , el cual va hacer precipitar al cobre como sulfuro de cobre. El lodo de cobre será alimentado a un espesador donde se espesara el lodo y luego será filtrado, para ser secado. La solución clarificada se depositara en un acondicionador donde se elevara el pH a 11 donde seguirá precipitándose el hierro de donde se alimentara a 3 tanques de neutralización, el lodo se alimentara a un tercer espesador de donde el lodo se depositara a la cancha de relave. La solución clarificada retornara a la etapa de lavado en contracorriente.

En las Figuras N° 5.20 y N° 5.21, se muestran el Diagrama de Flujo de la Sección de Precipitación de las soluciones de lixiviación a presión.

## Solution circuit

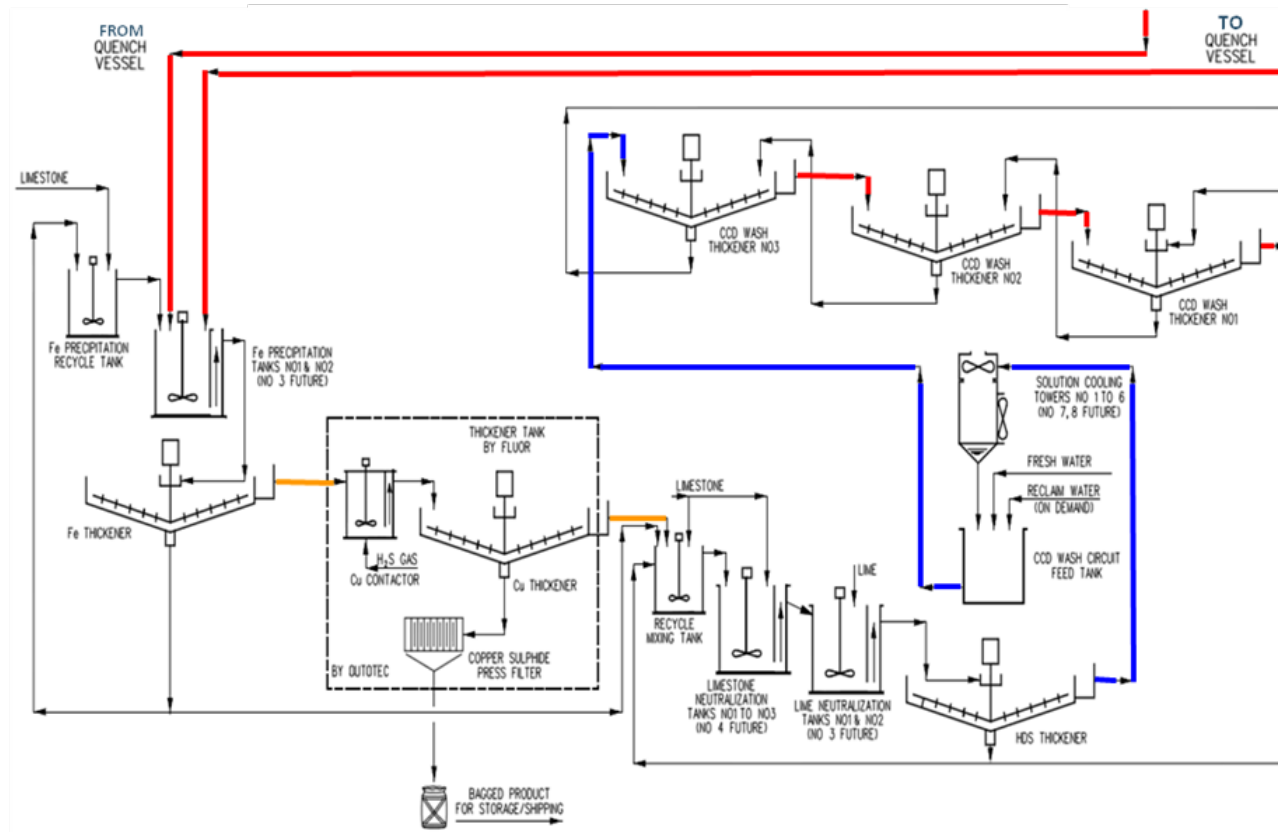


Figura N° 5.20.- Diagrama de flujo para el circuito de Precipitación de las soluciones de lixiviación a presión

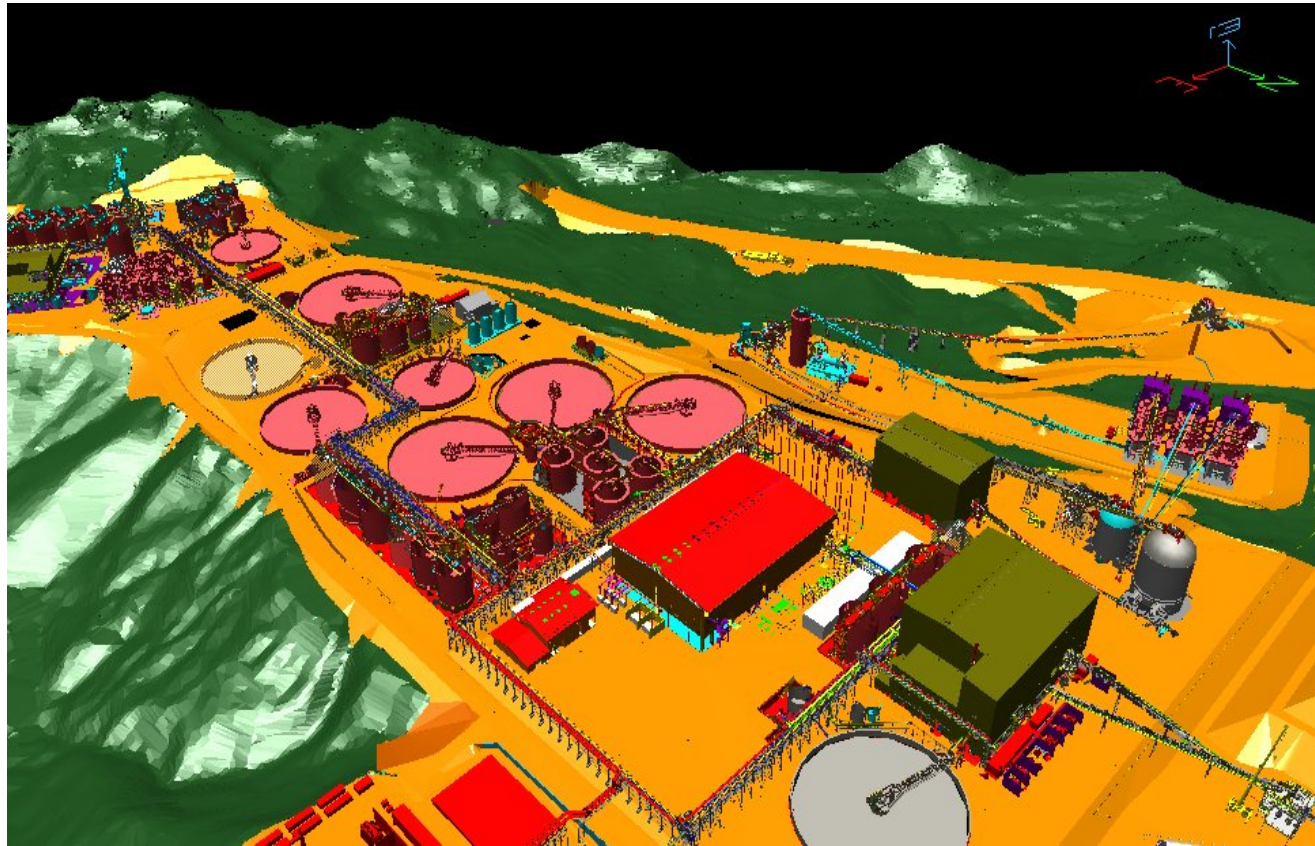


Figura N° 5.21.- Diagrama de flujo para el circuito de Precipitación de las soluciones de lixiviación a presión

### **5.7 Diagrama de flujo para el circuito Trituradora de piedra caliza / circuito de molienda**

La caliza será procesada en una planta de chancado en una chancadora giratoria y luego en un molino SAG, luego será alimentado a un molino de bolas.

En las Figuras N° 5.22, N° 5.23, N° 5.24 y N° 5.25, se muestran el Diagrama de Flujo de la Sección Trituradora de piedra caliza / circuito de molienda.

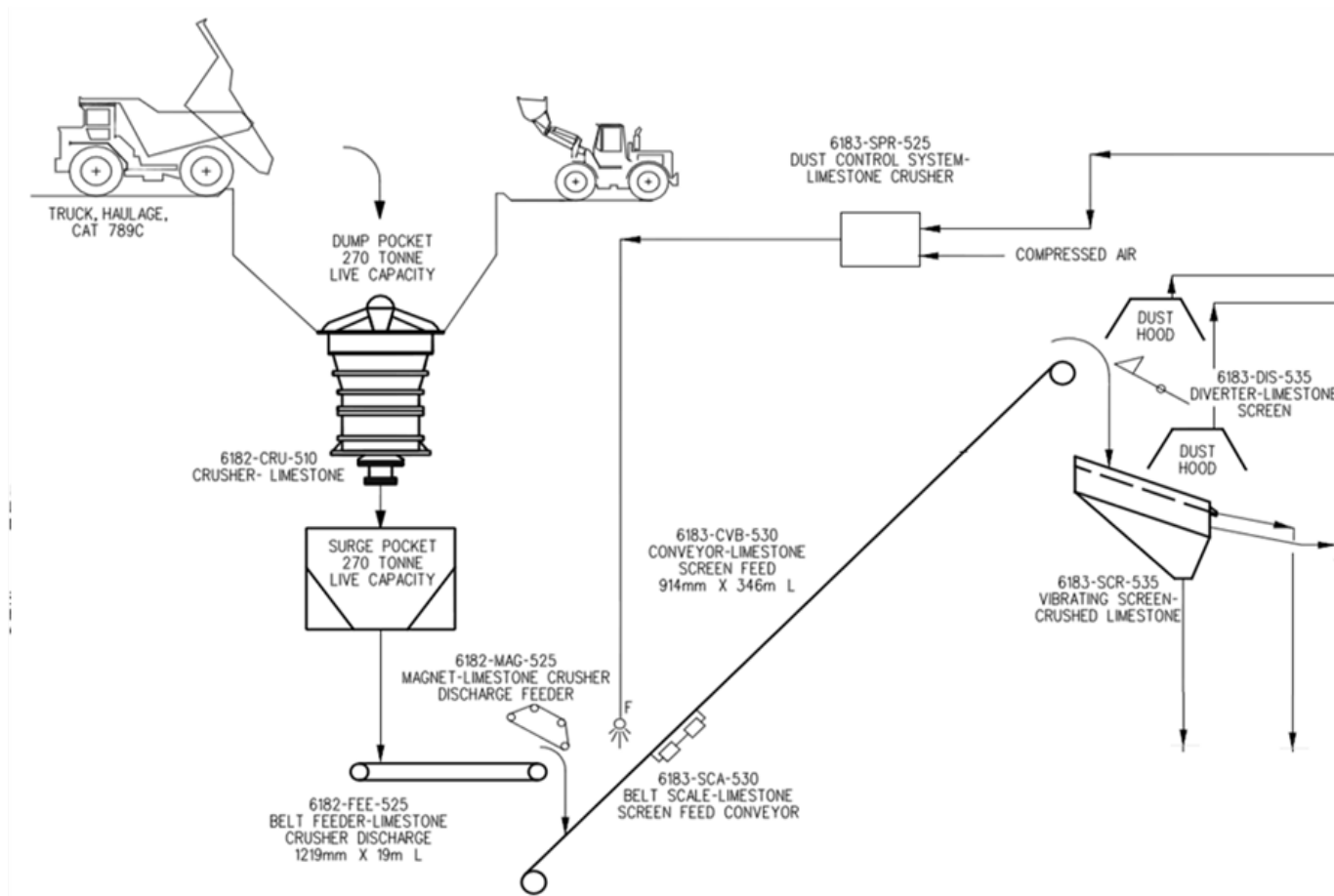


Figura N° 5.22.- Diagrama de flujo para el circuito Trituradora de piedra caliza / circuito de molienda

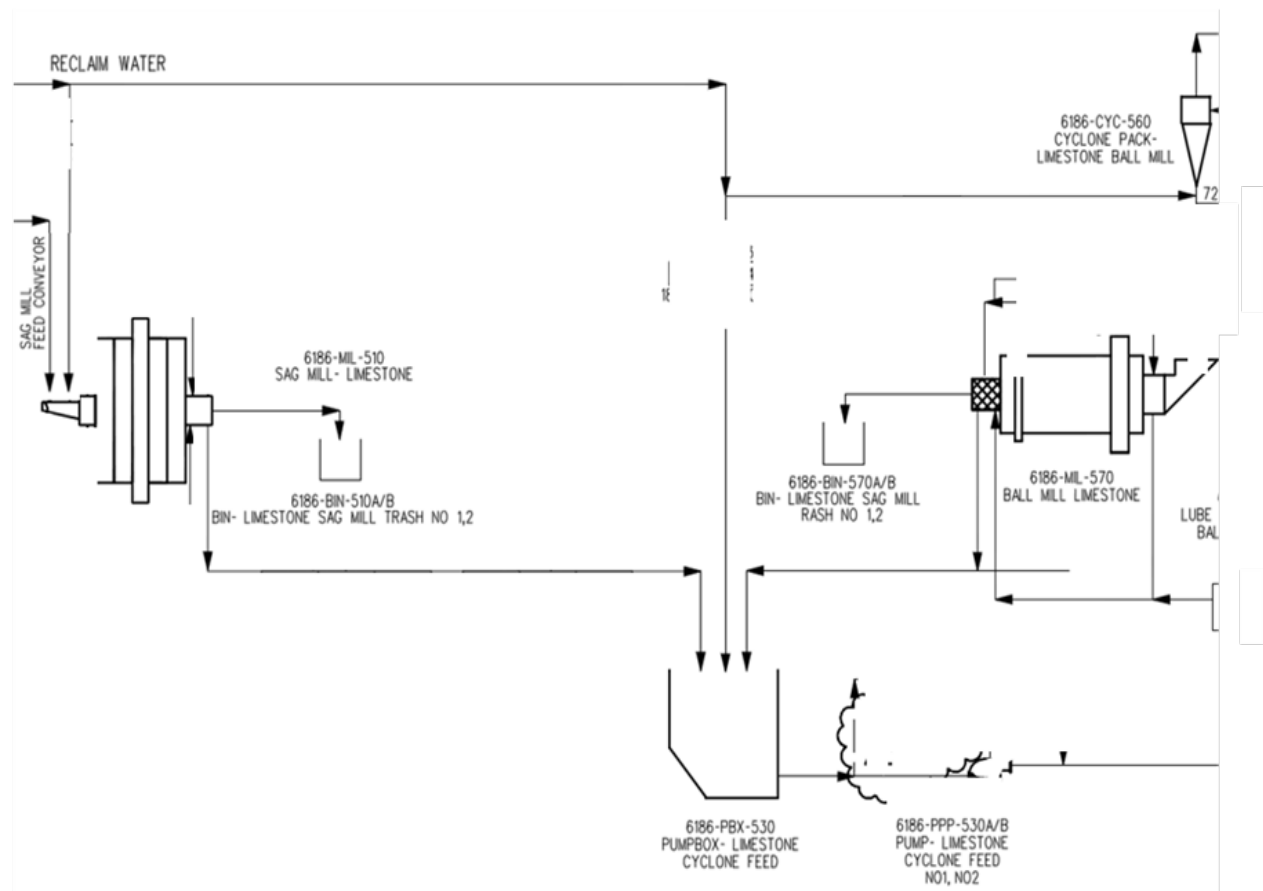
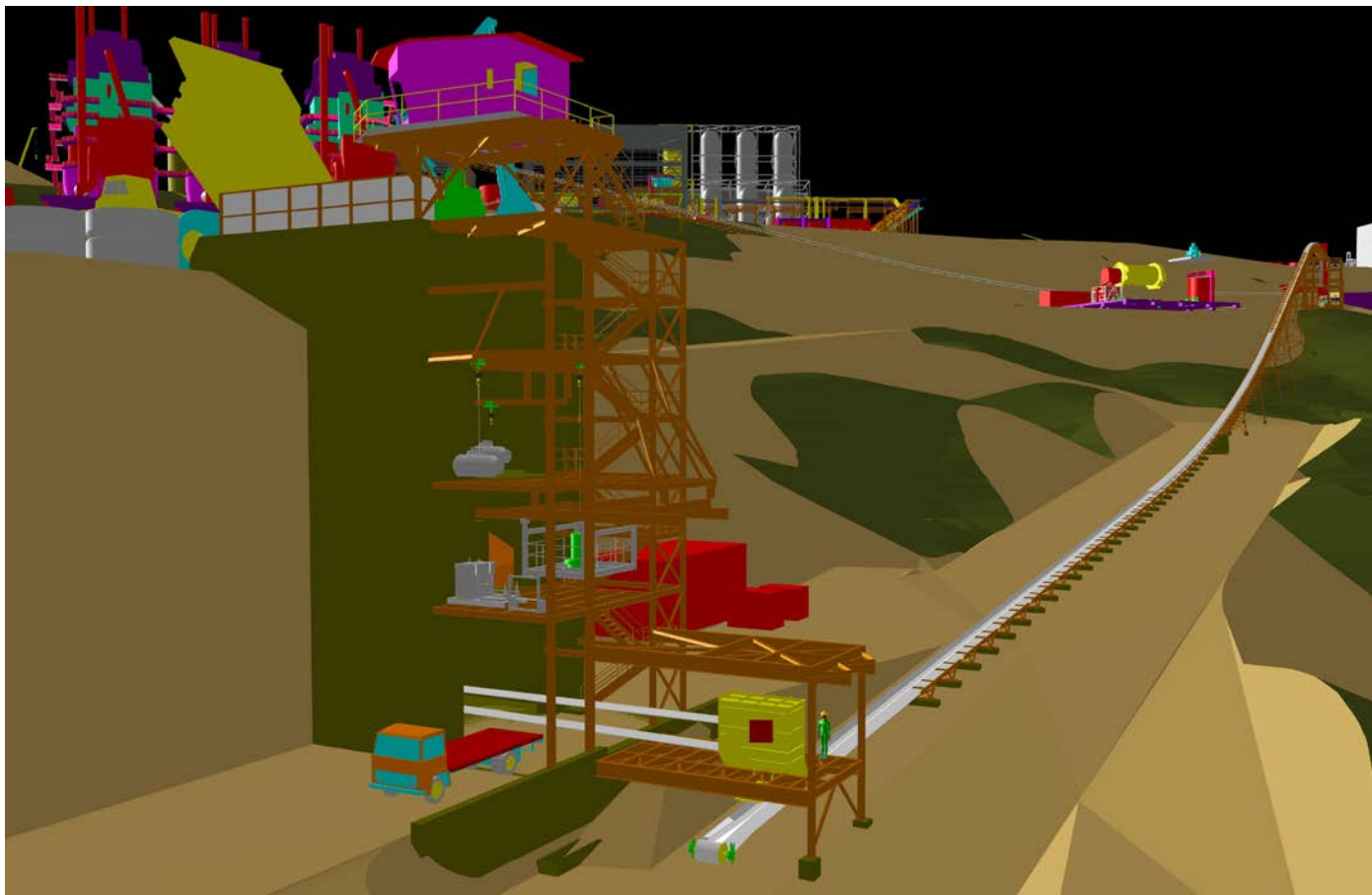


Figura N° 5.23.- Diagrama de flujo para el circuito Trituradora de piedra caliza / circuito de molienda



**Figura Nº 5.24.-** Diagrama de flujo para el circuito Trituradora de piedra caliza / circuito de molienda

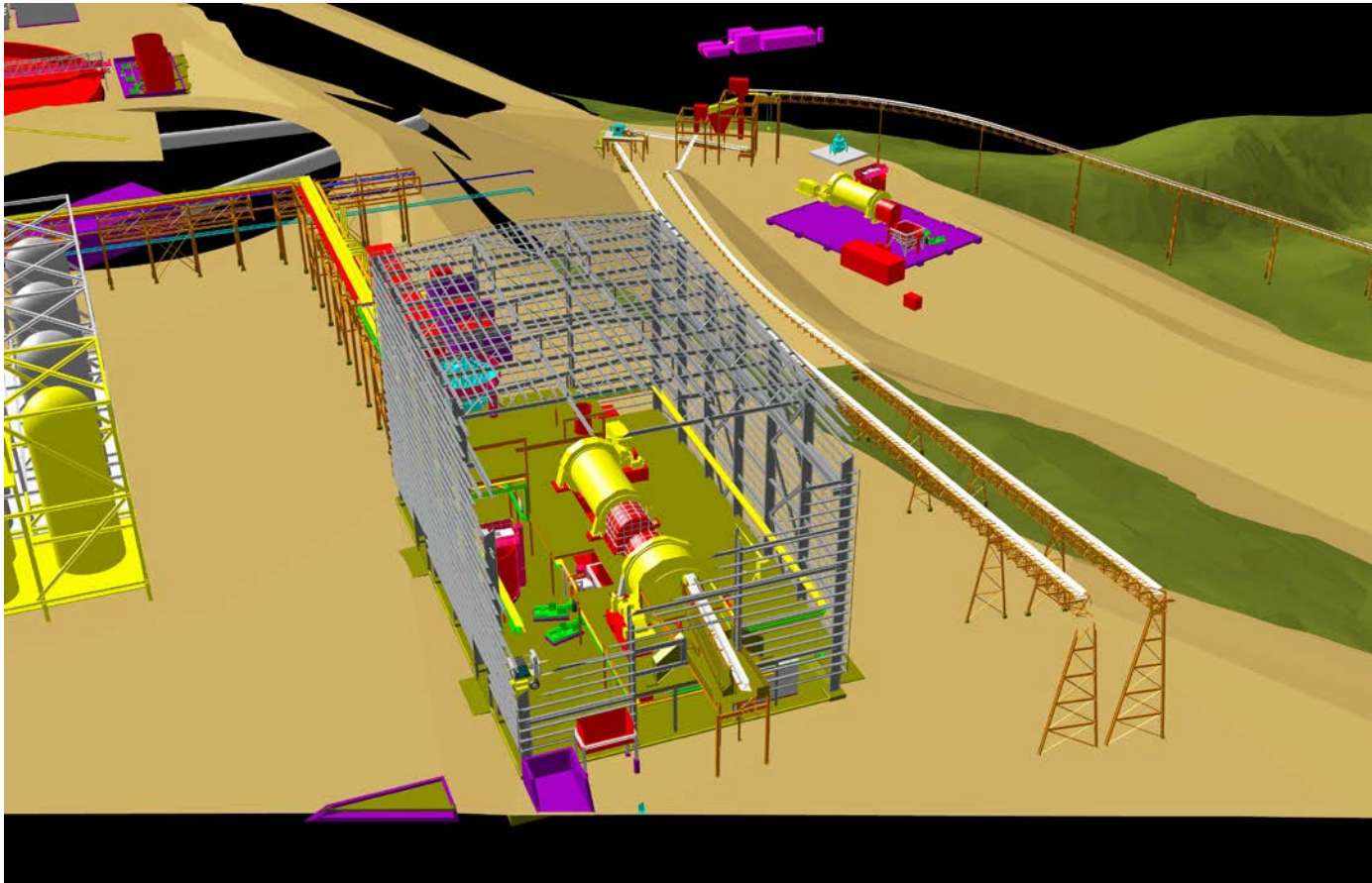


Figura N° 5.25.- Diagrama de flujo para el circuito Trituradora de piedra caliza / circuito de molienda



## **5.8 Diagrama de flujo para el circuito Calcinación y apagado de la caliza**

La caliza será alimentada a 3 hornos de calcinación de donde el producto es apagado con agua. Luego será molido en un molino de bolas.

En las Figuras N° 5.26 y N° 5.27, se muestran el Diagrama de Flujo de la Sección de Calcinación y apagado de la caliza, para la obtención de cal viva.

.

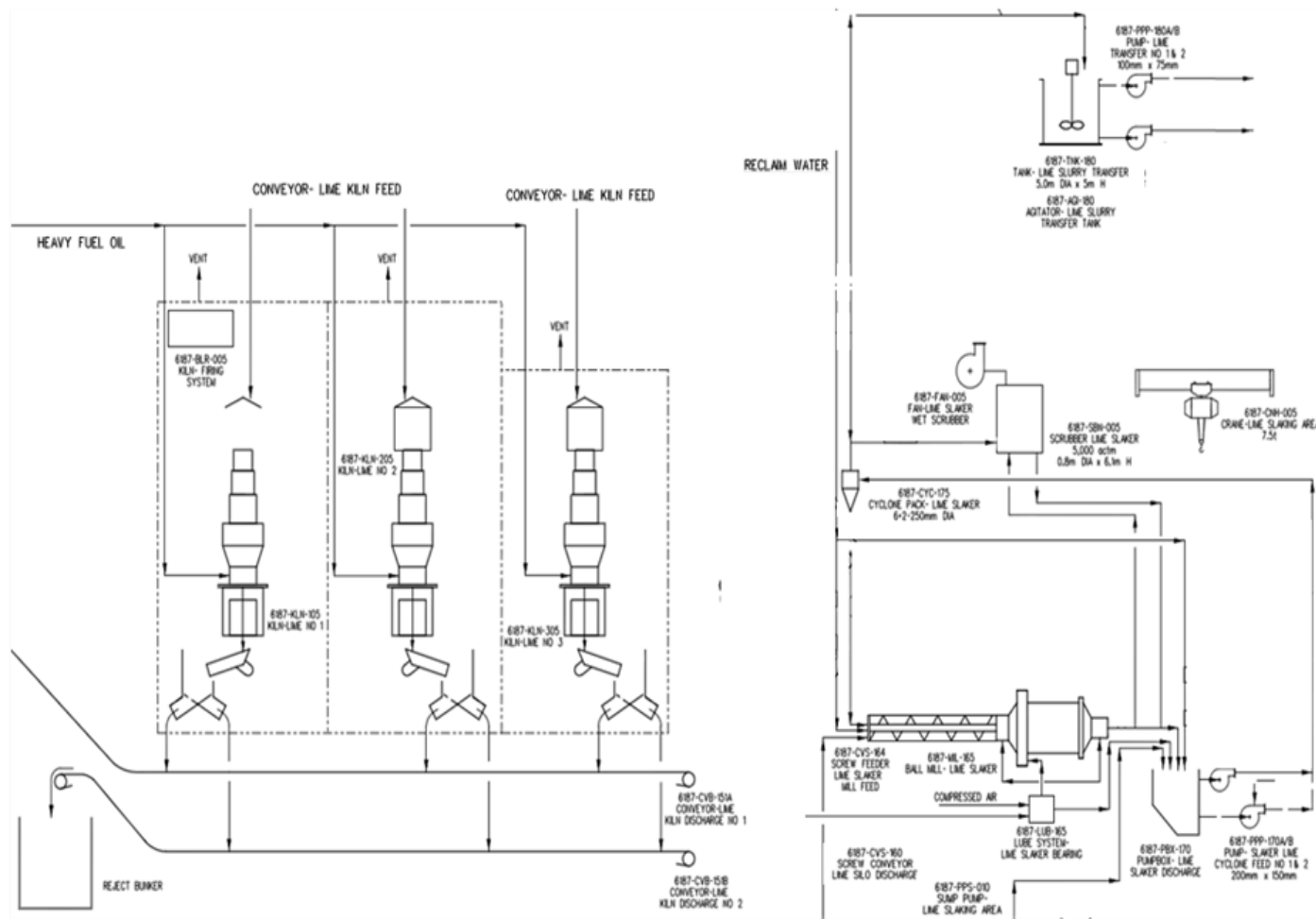
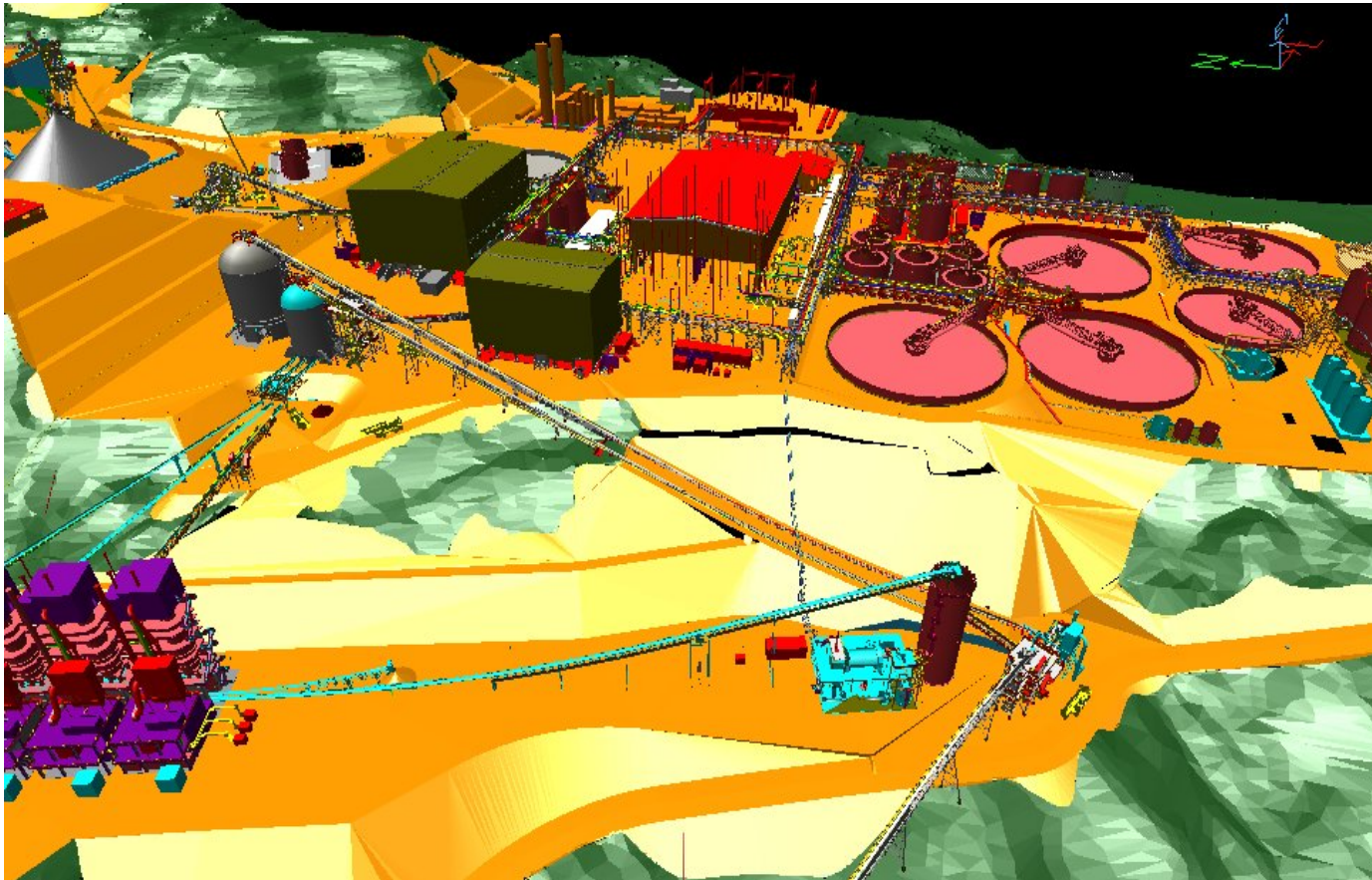


Figura N° 5.26.- Diagrama de flujo para el circuito Calcinación y apagado de la caliza



**Figura N° 5.27.-** Diagrama de flujo para el circuito Calcinación y apagado de la caliza

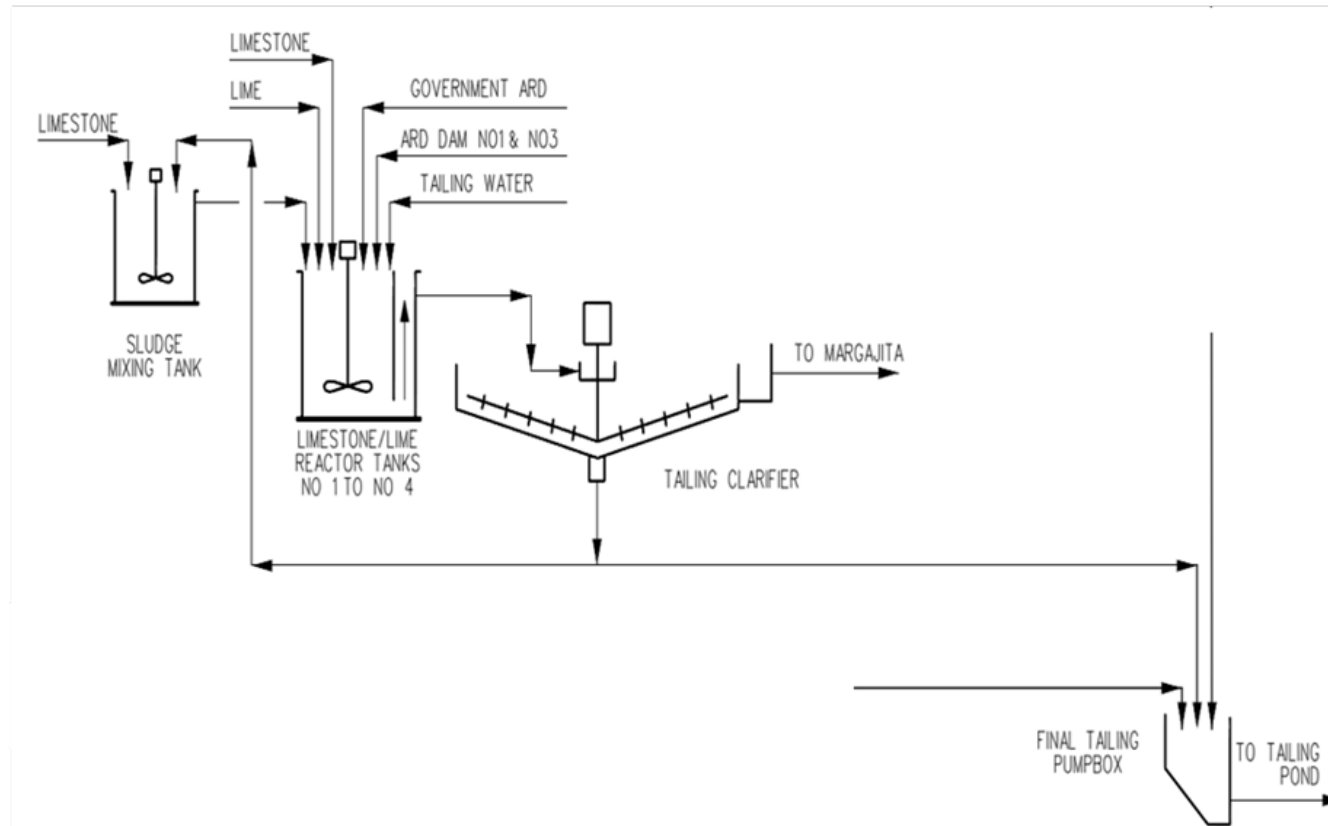
## **5.9 Diagrama de flujo para el circuito de Tratamiento de Efluentes (ETP)**

El efluente producido en las precipitaciones será procesado en 4 tanques de neutralización empleando lechada de cal, para reducir el contenido de hierro.

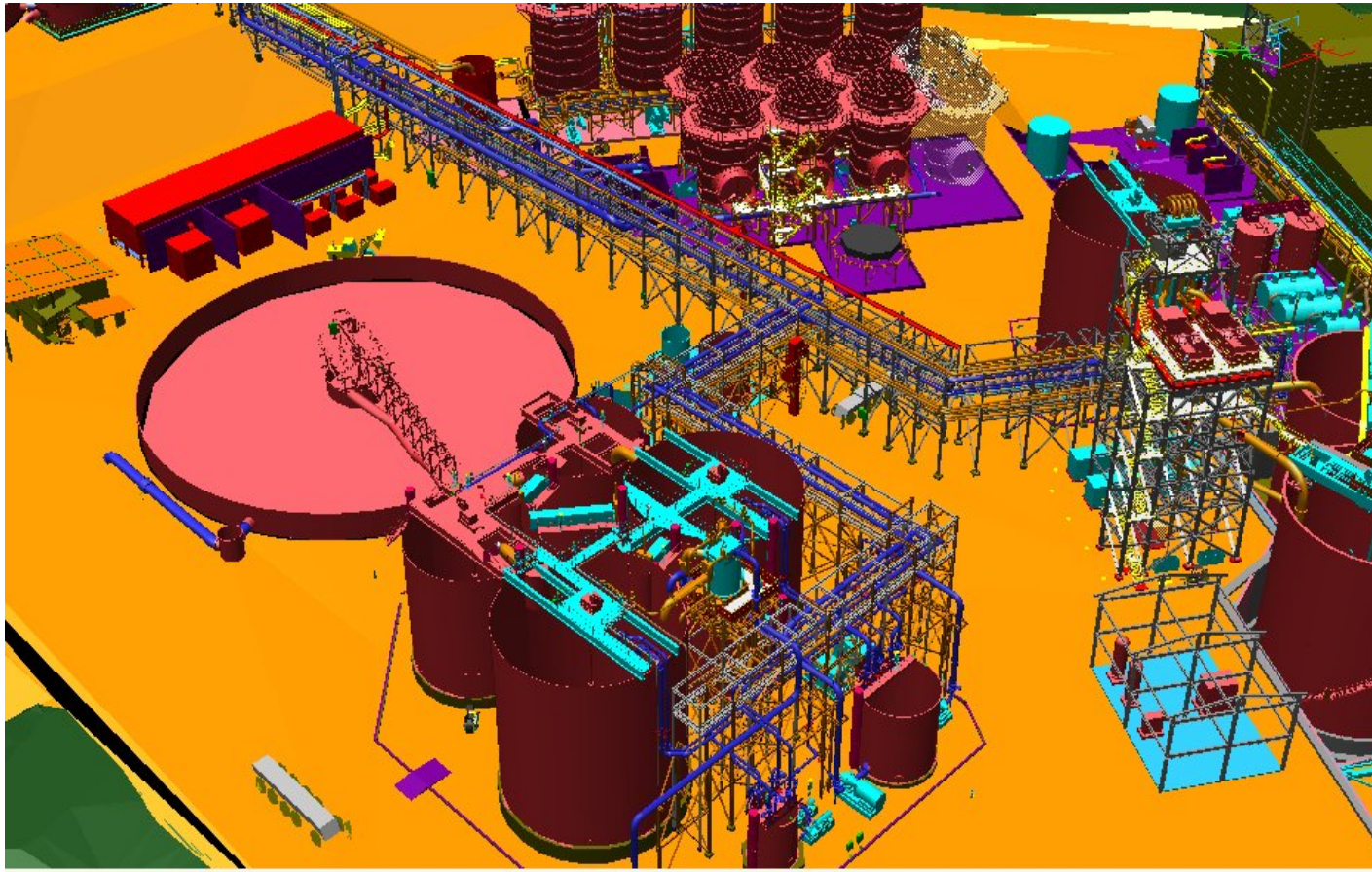
El lodo producido es espesado en un espesador de donde el lodo será evacuado a la cancha de relaves, mientras que la solución será recirculada.

En las Figuras N° 5.28, N° 5.29 y N° 5.30, se muestran el Diagrama de Flujo de la Tratamiento de Efluentes (ETP).

## Efluent Treatment Plant (ETP)

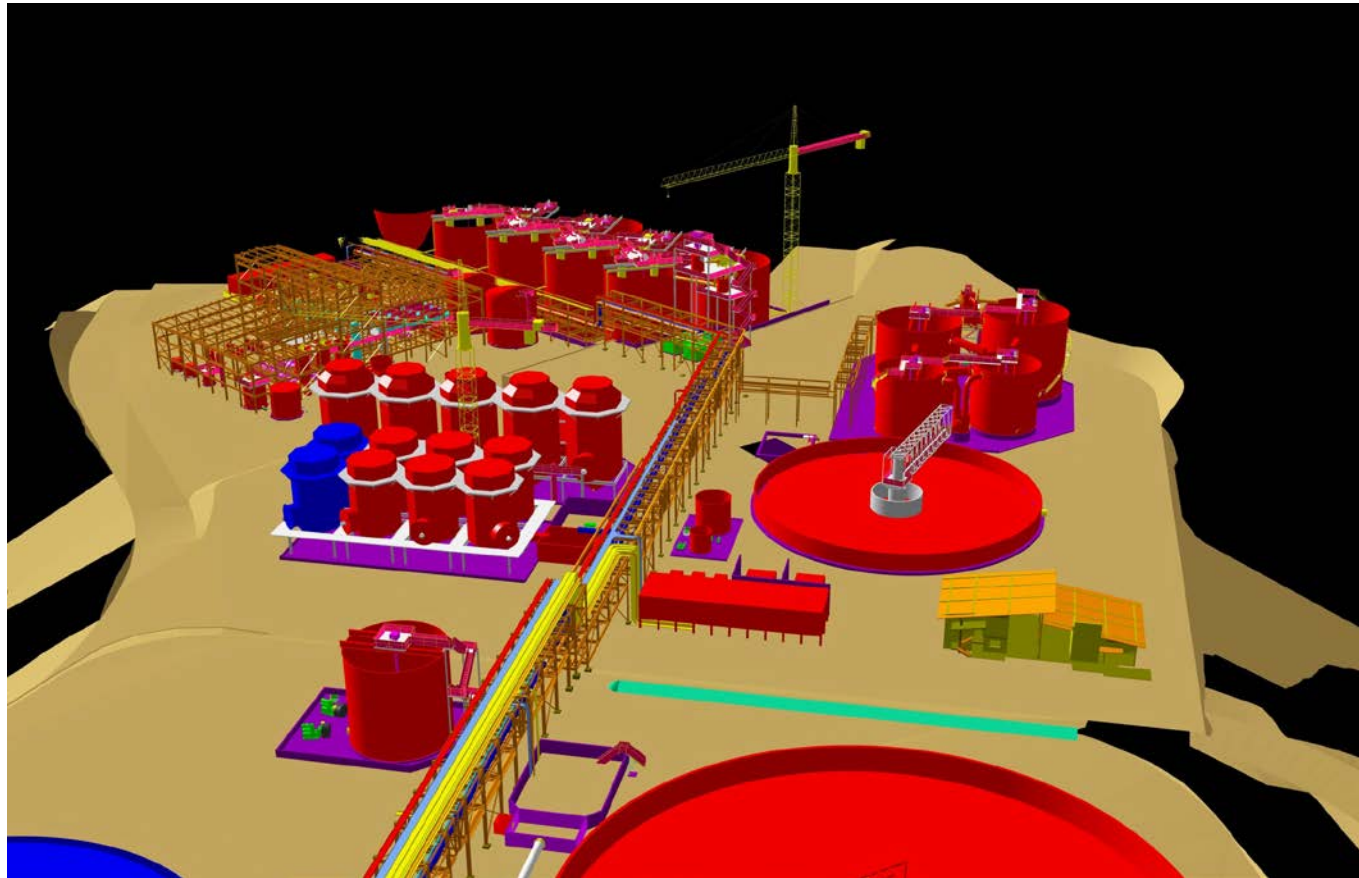


**Figura N° 5.28.-** Diagrama de flujo para el circuito Tratamiento de Efluentes (ETP)



**Figura N° 5.29.-** Diagrama de flujo para el circuito Tratamiento de Efluentes (ETP)





**Figura Nº 5.30.-** Diagrama de flujo para el circuito Tratamiento de Efluentes (ETP)

### **5.10 Diagrama de flujo para Planta de Oxígeno (ASU)**

La planta de oxígeno producirá las cantidades necesarias para realizar la oxidación en las autoclaves.

En las Figura N° 5.31, se muestra el Diagrama de flujo para Planta de oxígeno (ASU).



## Oxygen Plant (ASU)

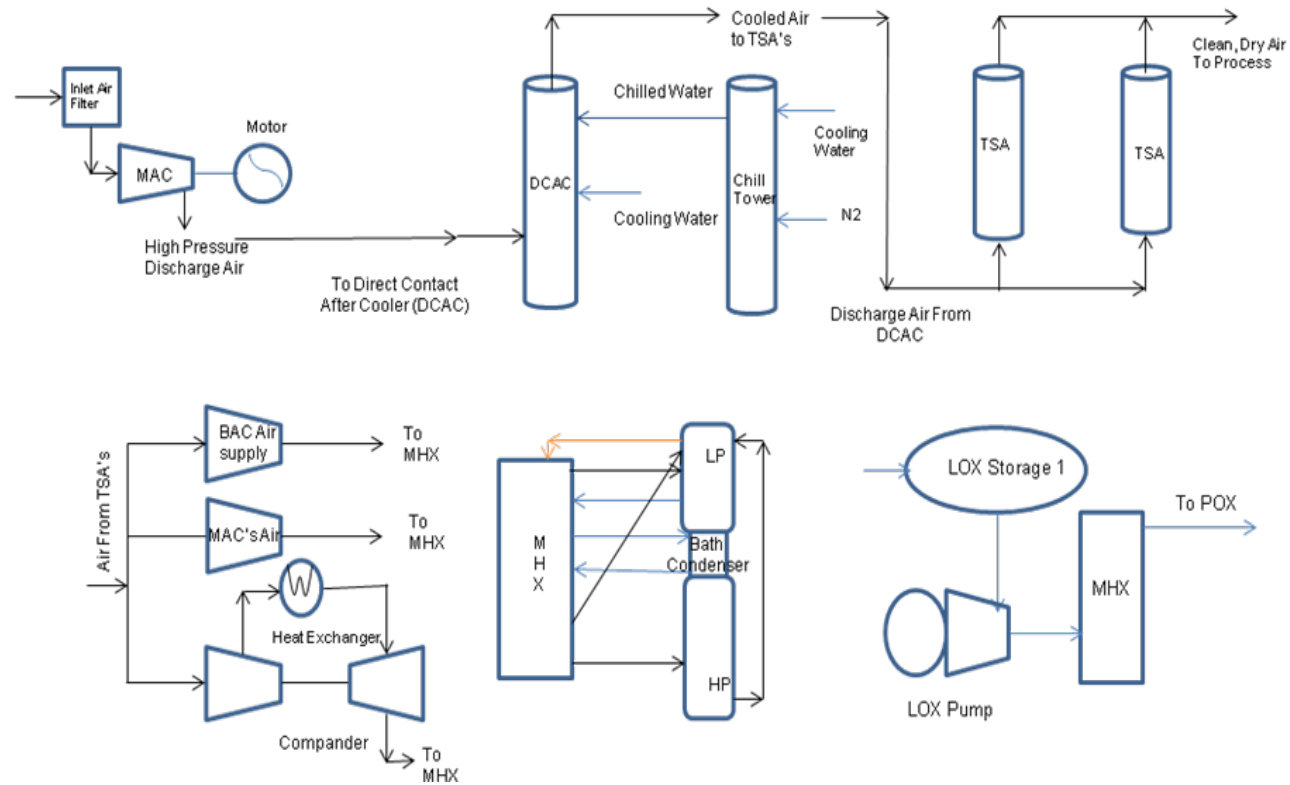


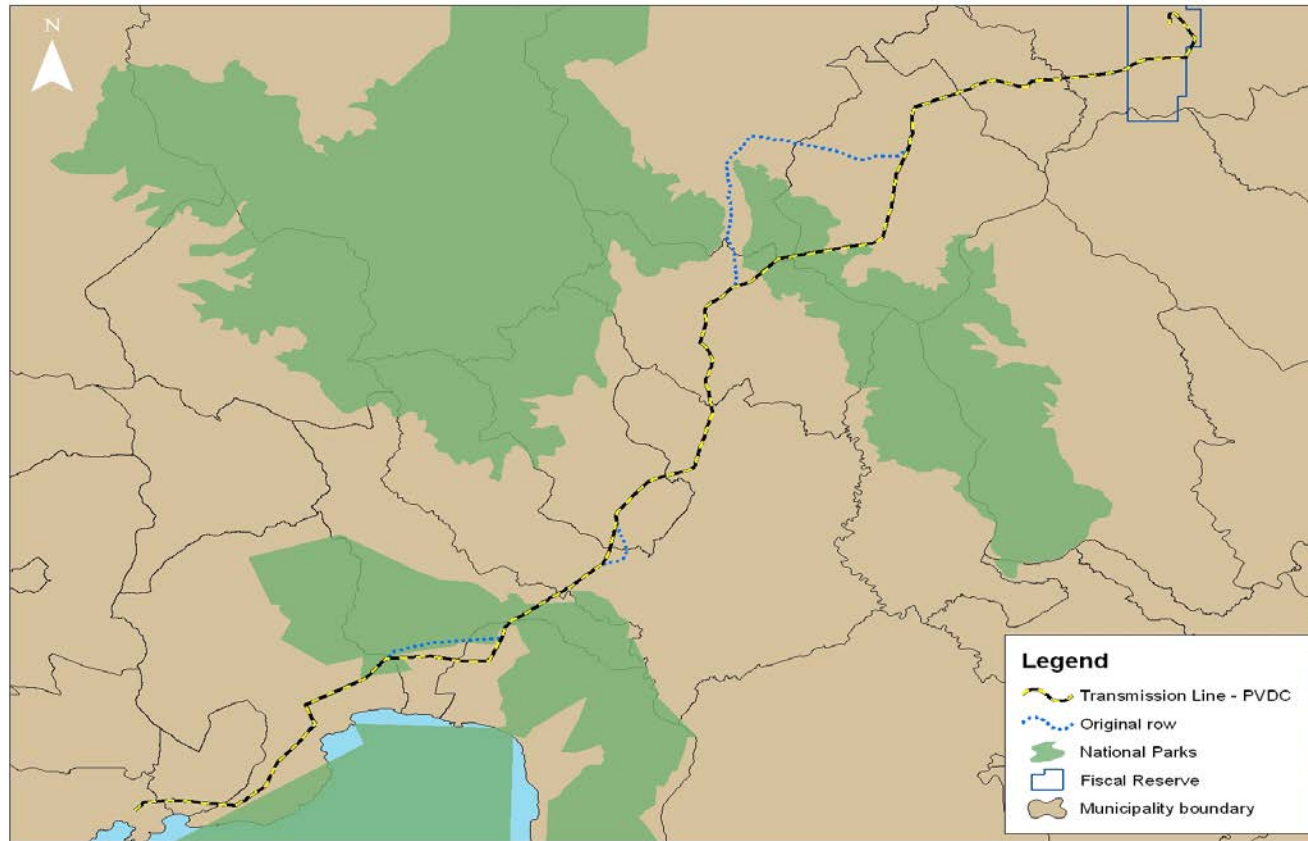
Figura Nº 5.31.- Diagrama de flujo para Planta de Oxígeno (ASU)

### **5.11 Diagrama de flujo Plantas de Energía Eléctrica**

La energía necesaria para el proyecto será abastecido de las siguientes fuentes:

- Monte Rio.
- Estrella del Norte

En las Figuras N° 5.32, N° 5.29 y N° 5.30, se muestran el Diagrama de flujo de las Plantas de Energía Eléctrica.



**Figura Nº 5.32.- Power Plant & Transmission Line**

## Monte Rio Power Plant (100 MW)



**Figura N° 5.33.- Monte Rio Power Plant (100 MW)**



**Figura Nº 5.34.- Monte Rio Power Plant (100 MW)**





**Figura N° 5.35.- Estrella del Norte Power Plant (40MW)**

## CAPITULO VI

### ASEGURAMIENTO DE CALIDAD DE PROYECTOS

#### 6.1 INTRODUCCIÓN

El objetivo del programa de calidad de obra para este proyecto es de asegurar que la construcción sea realizada de acuerdo con los planos, especificaciones, códigos y normas locales, regionales y nacionales aplicables. Un objetivo adicional es proporcionar pruebas documentadas que confirme que el objetivo principal se ha cumplido. El programa de control de calidad de obra, tal como se delinea en este manual, está adaptado para cumplir con los requerimientos de supervisión de calidad, inspección, pruebas y documentación para la construcción/instalación realizada por los subcontratistas y la construcción auto-ejecutada por SMI.

El programa de calidad de obra está basado en los principios establecido en los [Requerimientos del Sistema de Operación \(OSR siglas en inglés\)](#) y cualquier Plan de Implementación del Sistema de Operación (OSIP siglas en inglés) aplicable. Está diseñado para cubrir

los aspectos de calidad relacionados a las actividades de construcción, de gerencia de construcción y de mantenimiento.

El Gerente de Calidad de Obra coordinará las actividades de supervisión, inspección, pruebas y documentación de la calidad de construcción. Dicho gerente monitoreará las actividades de construcción y de calidad en el grado necesario para proporcionar la gerencia a la construcción con adecuada certidumbre de tal manera que sean tomadas las medidas más apropiadas para controlar y alcanzar la calidad. La actividad para la calidad hará énfasis en la prevención de no-conformidades con relación a los planos y especificaciones pero descubriendo y corrigiendo estas no-conformidades cuando ocurran.

Cuando SMI ejecute actividades de construcción usando su propia mano de obra, la responsabilidad de control de calidad permanece con SMI. Tanto el personal de supervisión de construcción y el personal de ingeniería de construcción de SMI son responsables principalmente de alcanzar las exigencias de calidad establecidos por los planos, especificaciones y el contrato. El personal de supervisión, personal de ingeniería de construcción y personal de calidad realizarán las actividades de control de calidad, inspección, pruebas, supervisión y documentación tal como se delinea en este manual. La responsabilidad principal para realizar una construcción de calidad descansa sobre



aquellos que realmente ejecutan la obra bajo la supervisión del personal de construcción de SMI.

Cuando una parte de la construcción es otorgada por subcontrato, las responsabilidades de controlar la calidad son por lo general delegadas al subcontratista, las mismas que regulan la obra del subcontratista. La responsabilidad total para la verificación de la calidad en la construcción permanece con SMI. Esto se hace mediante supervisión y auditorías cuando la responsabilidad de las actividades de calidad ha sido delegada al subcontratista. Los subcontratistas deben proporcionar los medios requeridos para alcanzar los requerimientos de calidad del contrato. La responsabilidad de control de calidad del subcontratista está establecida en el procedimiento [000.509.0210](#) y está establecida en su contrato.

Este Manual de Calidad específico para la obra es el documento de regulación para el sistema de calidad de SMI y será mantenido actualizado hasta alcanzar los objetivos de calidad del proyecto.

Este Manual no es aplicable para obras que abarca el Código para Calderas y Recipientes de Presión ASME, en dicho caso se aplicara el “Manual de Sistema de Control de Calidad para Obras con el Código de Calderas y Recipientes de Presión” de SMI será aplicado a obras

con el Código ASME y con el Código Nacional Comisión de Inspección Junta de certificado por SMI.

## **6.2 PREPARACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL MANUAL**

### **ALCANCE**

Este procedimiento brinda la guía para convertir la serie 509 de los procedimientos Corporativos de Calidad de Obra a partir del *Knowledge OnLine* (Conocimiento en Línea) para el Manual de Calidad de Obra para un proyecto específico. Es aplicable a la Construcción, Gerencia de Construcción, Mantenimiento o a proyectos involucrados con cualquiera de estas combinaciones.

### **GENERAL**

El borrador inicial del Manual de Calidad de Obra específico para el proyecto lo originado el Gerente de Calidad Corporativo de Tecnología de Construcción. Está basado en los procedimientos de referencia de las serie 509 de los procedimientos de Calidad de Obra de la Comunidad de Conocimiento de Construcción que está listado en la sección de la Tabla de Contenidos [000.509.0000](#). Estos procedimientos de referencia han sido preparados para cumplir con los requerimientos de la Norma Internacional ISO-9000. Los símbolos de corchetes ([:---:]) que se ven a través de todos estos procedimientos, identifican cambios o adiciones que deben ser

realizados para convertirlos en procedimientos específicos del proyecto. Otros cambios deberán ser realizados cuando sea necesario para ser compatibles con los requerimientos y el alcance del proyecto. El conjunto de procedimientos de la serie 509 representa el conocimiento acumulado y la experiencia ganada de muchos otros proyectos de construcción. El uso de estos procedimientos de referencia como documentos de línea base dará lugar a una consistencia perfeccionada entre los proyectos y las organizaciones, además de cumplir el objetivo de consistencia en la ejecución. Los cambios propuestos a estos procedimientos de referencia deberán ser comunicados al Gerente de Calidad Corporativo de Tecnología de la Construcción

Tras la asignación del Gerente de Calidad de Obra, esta persona comienza el desarrollo del borrador del Manual de Calidad de Obra (SQM siglas del inglés) para asegurar el cumplimiento con los requerimientos para un lugar específico. El SQM terminado y aprobado, específico para el proyecto, deberá estar en el lugar apropiado para utilizarse lo más pronto posible después de la adjudicación del contrato. Como mínimo, partes del manual deberán ser desarrollados para el control de las actividades previas a la construcción antes que las actividades en sí sean ejecutadas. Estas actividades, generalmente, comienzan con la calificación y emisión de las peticiones de cotización (RFQ siglas del inglés) a los postores

para la obra a ser subcontratada (ver [000.509.0200](#) y [000.509.0210](#)). Si estas actividades comienzan antes de la asignación del Gerente de Calidad de Obra, el Grupo Corporativo de Tecnología de Construcción del Gerente de Calidad actuara como Gerente de Calidad de Obra hasta que la asignación sea realizada.

### **6.3 Desarrollo del Manual de Calidad Específico de Obra**

Cada sección/procedimiento identificado por [000.509.0000](#) es revisado para su consistencia y su aplicabilidad con el alcance del proyecto. Serán requeridos cambios o adiciones de las siguientes secciones tal como se indica:

- Procedimientos de Inspección y Pruebas (7000 - 7999); **Elegir los procedimientos que son aplicables al alcance de la obra contratada. Elegir solo los formatos aplicables de los procedimientos si todos no son necesarios. Revisar la Sección “Responsabilidades” y modificar, si es necesario, para adecuarlo a la organización del proyecto. Además, eliminar ya sea la Sección “Auto Ejecución” o “Subcontratado” si no son aplicables.**
  
- Tabla de Contenidos / Página de Fechas de Revisión (0000); **Bajo el “Número de Procedimiento” y “Título” hacer los cambios**

**para incluir solamente aquellos procedimientos usado en el manual del proyecto.**

**Bajo "Fecha de Revisión." Introducir la fecha, mes y año para todos los procedimientos aprobados inicialmente. Introducir las fechas apropiadas para cada revisión del proyecto que sucede después de la aprobación del proyecto inicial.**

Las fechas de revisión para todas las páginas y de todos procedimientos en el manual específico del proyecto deberán coincidir con las fechas en la Tabla de Contenidos.

Las revisiones al Manual de Calidad de Obra no deberán anular o deshacerse de los requerimientos [OSR](#) o a códigos obligatorios de construcción.

### **Revisión del Manual Específico de Obra**

El Gerente de Calidad de Obra controla la emisión y revisión en obra del Manual de Calidad Específico de Obra. El manual deberá ser revisado por procedimiento. Una línea vertical en el margen deberá identificar las secciones revisadas. El estado de la revisión deberá ser mostrado en la página de Título del manual. La Tabla de Contenidos

deberá mostrar la fecha de revisión de cada procedimiento revisado y deberá ser reeditado para cada revisión.

El Gerente de Control de Calidad Corporativo en cada una de las oficinas respectivas deberá revisar y aprobar el Manual de Calidad de Obra “Emitido para Construcción” antes que las firmas de aprobación sean obtenidas. Cada revisión subsecuente al Manual de Calidad de Obra deberá ser, también aprobado por el Gerente Corporativo de Control de Calidad.

El Gerente de Calidad de Obra, el Gerente de Ingeniería de Construcción y el Gerente de Obra deberán aprobar cada revisión firmando la Página de Aprobaciones. El Cliente también deberá tener la oportunidad de tomar parte para la aprobación del Manual de Calidad de Obra.

## **ORGANIZACIÓN Y RESPONSABILIDADES**

Esta sección describe a la organización responsable de la calidad de la obra para desarrollar las actividades descritas por este manual. También proporciona una descripción general de responsabilidades. Las responsabilidades mas especificas están descritas en cada procedimiento este manual.

El Gerente de Obra es el responsable de la ejecución de las actividades de construcción del proyecto, que incluye la calidad de la construcción. Se le delega la autoridad al Gerente de Calidad de Obra para que se encargue de la dirección y coordinación de las actividades de calidad, con el objetivo de mantener la efectividad del programa de calidad.

El Gerente de obra deberá proveer los recursos adecuados y asignar la cantidad suficiente de personal capacitado para gestionar la obra y llevar a cabo eficazmente las actividades de verificación, incluyendo auditorías internas de calidad. El personal asignado para estas actividades de verificación deberá ser independiente de aquellos que tienen la responsabilidad directa por el trabajo que debe ser ejecutado.

### **ORGANIZACIÓN**

La organización del proyecto para el personal de calidad de obra, se muestra en el Organigrama de Obra, mantenido por el Gerente de Obra.

## **RESPONSABILIDADES**

Las actividades relacionadas a la Calidad serán llevadas a cabo por la Organización de Calidad de Obra y los otros grupos. Estas actividades y las personas que los conducen estarán bajo el control funcional del Gerente de Calidad de Obra para la ejecución de la actividad.

Anexo 1 - La Matriz de Responsabilidades de Calidad resume las actividades y las personas responsables de la ejecución. La mayor responsabilidad para la ejecución y verificación de las actividades relacionadas a la calidad serán establecidas en el Plan o procedimientos de Inspección/Pruebas.

### **Gerente de Calidad de Obra**

El Gerente de Calidad de Obra tiene la responsabilidad, autoridad y libertad organización para auditar, inspeccionar y presenciar las actividades de construcción y para verificar el cumplimiento de los requerimientos de calidad estipulados en el contrato. Esta responsabilidad incluye acciones tales como asistir al personal de construcción en la prevención de problemas de calidad, identificar problemas relacionado con la calidad que podría ocurrir, la iniciación o recomendaciones de soluciones y verificación de la acción correctiva. Adicionalmente es responsable de las coordinaciones de las



actividades relacionadas con calidad siendo parte del Personal de Construcción y con los Representantes de Calidad del Cliente en la Obra. Esta Persona con dicho cargo conservará los procedimientos de control de calidad de construcción y proveerá asistencia y capacitación técnica a la supervisión de la construcción; también debe tener un rol activo ayudando en la prevención de problemas de calidad.

El Gerente de Calidad de Obra informa directamente al Gerente de Obra con una supervisión técnica para canalizar al Gerente Corporativo de Calidad de Tecnología y Construcción.

El personal de Construcción incluye a una organización de Ingenieros de Construcción para asegurar que las interpretaciones y decisiones de ingeniería, revisión de planos, certificados y otros datos sean enviados al cliente y para participar activamente en la supervisión de construcción en terreno y para verificar que haya cumplimiento con los requerimientos de diseño e ingeniería. Ingeniería de Construcción brindará asistencia al Gerente de Calidad de Obra en todo lo que se requiera para lograr los objetivos de calidad.

**NOTA:** Los Ingenieros de Construcción informan al Gerente de Calidad de Obra cada vez que ejecutan actividades de inspección/supervisión.

### **Subcontratistas**

La organización de calidad de los Subcontratistas deberá estar de acuerdo con los requerimientos de contrato, y estará descrito en su respectivo Manual de Calidad de Obra aprobado y equivalente.

El [Manual de Procedimientos del Proyecto \(PPM siglas en inglés\)](#), usado en conjunto con el Manual de Calidad de Obra, contiene o identifica los procedimientos aprobados usados para identificar, documentar y verificar las revisiones y aprobaciones apropiadas de los cambios para diseñar documentos que son solicitados por las organizaciones en campo y proveer los requerimientos para el control documentario.

El personal de Tecnología de Construcción de SMI conducirá auditorías independientes de la conformidad del proyecto a este manual. Las auditorías serán conducidas para proveer al Gerente del Proyecto, Gerente de Obra y al Cliente una evaluación independiente del proyecto acerca del estado y acatamiento del programa de calidad de obra. La auditoría inicial será conducida aproximadamente cuando se alcance el 10% de culminación de la fase mecánica y las auditorías siguientes serán conducidas periódicamente durante toda construcción.

## Anexo 1

### Matriz de Responsabilidades de Calidad

#### Sección 1 - CIVIL

##### 1.1 Replanteo Topográfico

ACTIVIDADES	RESPONSABLES	
	Construcción	QA/QC
Revisar los métodos de replanteo topográfico utilizado por el contratista	X	
Revisar los puntos de referencia (B.M) establecidos.	X	
Revisar los puntos de control establecidos para el trazo de la construcción en forma periódica	X	
Revisar el trazo de la construcción de la obra del contratista	X	
Revisar y archivar las apuntes de levantamiento topográfico completo preparado por el contratista	X	
Ejecutar supervisión periódica en las actividades y documentación topográfica		X

##### 1.2 Suelos

ACTIVIDADES	RESPONSABLES	
	Construcción	QA/QC
Monitorear en proceso los trabajos de suelos, incluyendo cortes y rellenos de elevaciones, desbroce (préstamo) y relleno de materiales, métodos y equipos de compactación.	X	
Realizar auditoría formal al Laboratorio Ensayos de Suelos		X
Monitorear los trabajos del Contratista para verificar cumplimiento con las especificaciones.	X	S
Monitorear las actividades del Laboratorio de Suelos para frecuencia de ensayos de suelos, identificación y culminación de ensayos.		X
Verificar la documentación de las deficiencias y pruebas fallidas y hacer seguimiento para asegurar que se toma la acción correctiva y se documenta.		X
Auditar la documentación de suelos para comprobar su exactitud, amplitud del alcance, recuperabilidad cuando se archiva y se inspecciona los resultados.		X
Ejecutar y documentar los ensayos de suelos	ENSAYO LAB	S
Inspeccionar las excavaciones para suelos inestables e inadecuados	ENSAYO LAB	S
Verificar que los suelos in-situ son aptos para soportar las cargas de cimentación	ENSAYO LAB	S
Verificar que el material de relleno es satisfactorio	ENSAYO LAB	S
Verificar que la colocación del relleno cumple con las especificaciones del contrato	ENSAYO LAB	S

### 1.3 Colocación de Pilotes por Contrato

ACTIVIDADES	RESPONSABLES	
	<i>Construcción</i>	<i>QA/QC</i>
Calificar/Evaluar al proveedor de Pilotes		X
Revisar y aprobar el diseño de mezclas del concreto y mezclas experimentales	X (1)	
Monitorear técnicamente al programa indicador de ensayos de pilotes	X	
Comprobar las ubicaciones finales de los pilotes	X	S
Monitorear en proceso el hincado de los pilotes	X	S
Monitorear y probar las actividades de concreteo en pilotes		X

PM=Gerente de Procura

MM=Gerente de Materiales

X=Responsabilidad Primaria

S=Responsabilidad Secundaria

(1) Deberá obtenerse aprobación de Ingeniería

<b>1.4 Asfalto</b> <b>ACTIVIDADES</b>	<b>RESPONSABLE</b>	
	<b>Construcción</b>	<b>QA/QC</b>
Revisar los diseños de mezcla de asfalto	X (1)	
Monitoreo en proceso de la construcción de asfalto incluyendo la preparación de base, o base previa, materiales asfálticos, equipos de esparcimiento, equipos de compactación y materiales y pruebas.	X	S
Ejecutar auditorías formales el registro de Evaluación de Ensayos de Laboratorio de Pruebas de Asfalto		X
Monitoreo de las actividades de control de calidad del Contratista, para verificar conformidad a los requerimientos para frecuencia de ensayos de asfalto, identificación de ensayos y trazabilidad y la documentación de inspección y ensayos.		X
Revisar la documentación de las actividades de inspección y ensayos de asfalto para exactitud e integridad.		X
Verificar la documentación de las deficiencias y pruebas fallidas y hacer seguimiento para asegurar que se toma la acción correctiva y se documenta.		X
Auditar la documentación de suelos para comprobar su exactitud, amplitud del alcance, recuperabilidad cuando se archivada y se inspeccione los resultados.		X
Llevar a cabo ensayos de asfalto y ensayos de materiales de asfalto	ENSAYOS LAB	S

<b>1.5 Concreto Estructural</b> <b>ACTIVIDADES</b>	<b>RESPONSABILIDADES</b>	
	<b>Construcción</b>	<b>QA/QC</b>
Revisar y aprobar los diseños de mezcla	X (1)	S
Realizar auditoria formal al Laboratorio Ensayos de Concreto		X
Auditar las instalaciones la planta de concreto por lotes		X
Inspeccionar encofrado, acero de reforzamiento y obstáculos previos al vaciado de concreto.	X	S
Monitorear en proceso las actividades de colocación de concreto.	X	S
Monitoreo de las actividades de control de calidad del Contratista, para verificar conformidad a los requerimientos para frecuencia de ensayos de concreto, identificación de ensayos y trazabilidad y la documentación de inspección y ensayos.		X
Monitorear las actividades post colocación del concreto tales como: curado de concreto, retiro de moldes del concreto, inspección visual para alineamiento, forma y defectos superficiales y verificar la ubicación de los pernos de anclaje. Verificación de que las pruebas de resistencia a la compresión a los 28 días sean aceptables.	X	S
Realizar ensayos en concreto en el punto de colocación.	ENSAYO LAB	S

<b>1.6 Grouteo de Placas Bases para Maquinaria y de Acero Estructural</b> <b>ACTIVIDADES</b>	<b>RESPONSABILIDADES</b>	
	<b>Construcción</b>	<b>QA/QC</b>
Revisión y aprobación del diseño de mezcla. Revisión de materiales previo a iniciar el trabajo para verificar que los materiales no estén deteriorados o que no hayan excedido su tiempo de vida útil.	X (1)	S
Monitoreo durante el grouteo. Las inspecciones deberán incluir la verificación de preparación de base, materiales, encofrado, colocación, curado y prueba de vacíos mediante martilleo.	X	S
Presenciar las pruebas en el grout que realice el contratista.		X
Monitorear las actividades de control de calidad del Contratista para verificar conformidad en los procedimientos de colocación y los requerimientos de documentación.		X
Realizar ensayos de grouting en la obra	ENSAYO LAB	S

PM=Gerente de Procura MM=Gerente de Materiales X=Responsabilidad Primaria  
S=Responsabilidad Secundaria (1) Deberá obtenerse aprobación de Ingeniería

**Sección 2 – ESTRUCTURAS DE ACERO****2.1 Estructuras de acero****RESPONSABILIDADES****ACTIVIDADES****Construcción QA/QC**

Monitorear en proceso el levantamiento de las estructuras de acero para verificar que la fabricación es correcta y el montaje está de acuerdo con los planos. Documentar los errores de fabricación en el Informe de No Conformidades (NCR siglas en inglés).	X	S
Presenciar los procedimientos de empernado incluyendo la calibración de llaves de torque y arandelas de indicación de carga.	X	S
Mantener actualizada la documentación.	X	
Inspeccionar la estructura de acero montada.	X	
Asegurar que las estructuras de acero montadas cuenten con recubrimiento de acuerdo a los planos.	X	S
Monitorear las actividades de control de calidad del Contratista para verificar conformidad a los requerimientos para procedimientos de tensionado de pernos.		X
Programar las actividades inspección de aceptación final entre el Contratista y el Ingeniero de campo o de construcción.	X	S
Auditar la documentación de estructuras de acero comprobar su exactitud de datos		X

**Sección 3 - EDIFICACIONES****3.1 Edificaciones****RESPONSABILIDADES****ACTIVIDADES****Construcción QA/QC**

Revisar todos los materiales de construcción propuestos por el Contratista antes de usarlos.	X (1)	
Verificar que el nivel de ubicación y posición del edificio sean correctas antes de la construcción.	X	
Inspeccionar la edificación completa una vez culminada y documentar las deficiencias.	X	S
Documentar la aceptación de la construcción.	X	
Monitorear la construcción en proceso para verificar que el trabajo esté en acuerdo con los planos.	X	S
Programar las actividades de aceptación final.	X	S
Monitorear las actividades de control de calidad del Contratista para verificar la frecuencia de las pruebas, identificación y trazabilidad		X
Auditar la documentación de la edificación		X

PM=Gerente de Procura

MM=Gerente de Materiales

X=Responsabilidad Primaria

S=Responsabilidad Secundaria

(1) Deberá obtenerse aprobación de Ingeniería

## Sección 4 - EQUIPOS

### 4.1 Equipos

ACTIVIDADES	RESPONSABILIDADES	
	Construcción	QA/QC
Inspeccionar el equipo instalado para aceptación una vez culminada, incluyendo instalaciones anexas para el equipo, por ejemplo cimentaciones, cobertizos, edificios, auxiliares, etc., que comprende toda la unidad montada.	X	
Iniciar la acción para procurar un representante del proveedor cuando se requiera.	PM	
Coordinar con ingeniería para la participación de ingenieros de disciplina mecánica, si se requiere.	PM	
Monitorear la instalación en proceso para cada unidad de equipo.	X	S
Coordinar con el representante del proveedor, quien técnicamente supervisará la instalación del equipo.	X	
Verificar que el checklist del representante del proveedor y los registros de aceptación estén firmados y anexados en los documentos apropiados de la construcción.	X	S
Verificar que los requerimientos para el equipo estén siendo satisfechos por el Contratista.	X	S
Monitorear la preservación del equipo de acuerdo con los requerimientos de la obra.		X
Monitorear las actividades de control de calidad del Contratista para verificar la conformidad con los requerimientos de la inspección, pruebas y documentación.		X

### 4.2 Tanques Fabricados en Campo

ACTIVIDADES	RESPONSABILIDADES	
	Construcción	QA/QC
Monitorear la construcción de los cimientos incluyendo trabajos en suelos, trabajos de pavimento y concreto.	X	S
Comprobar las dimensiones de elevación de los cascarones del tanque.	X	
Comprobar las dimensiones montados de los cascarones del tanque.	X	S
Inspeccionar la estructura de los tanques fabricados una vez terminados.	X	S
Comprobar el asentamiento y rebote de la cimentación durante y después del ensayo de prueba hidráulica.	X	S
Verificar las calificaciones del desempeño del soldador.	S	X
Verificar que la prueba del procedimiento de soldadura haya sido cumplida y que los procedimientos sean aceptables.		X
Monitorear en el proceso la soldadura	X	S
Observar la inspección en proceso cuando sea ejecutada por el contratista de NDE, incluyendo la revisión de radiografías, observación de Prueba de Líquidos Penetrantes (PT), Partículas Magnéticas (MT), pruebas al vacío y fugas		X
Verificar que los equipos y componentes relacionados con el tanque hayan sido correctamente instalados, ajustados, probados, confirmados para un funcionamiento apropiado e inspeccionado.	X	S
Inspeccionar el tanque probado antes de cerrarlo, incluyendo una limpieza final.	X	S
Verificar que el contratista haya fijado una placa de datos donde mostrando los datos necesarios.	X	S
Verificar que el contratista haya remitido la certificación requerida.	X	S
Monitorear las actividades de control de calidad del Contratista para verificar la conformidad con los requerimientos de inspección, pruebas y documentación.		X
Presenciar la prueba hidrostática	S	X

PM=Gerente de Procura

MM=Gerente de Materiales

X=Responsabilidad Primaria

S=Responsabilidad Secundaria

(1) Deberá obtenerse aprobación de Ingeniería

## Sección 5 - TUBERÍAS

### 5.1 Tuberías Subterráneas

ACTIVIDADES	RESPONSABILIDADES	
	Construcción	QA/QC
Monitorear la excavación y relleno en proceso.	X	S
Inspeccionar las líneas de tuberías subterráneas instaladas para su aceptación.	X	S
Aplicar el código de colores de líneas indicadas cuando se retirado del Punchlist y aceptado, en una copia del plano de tubería subterránea.	X	
Verificar que el Laboratorio de Ensayo esté ejecutando los ensayos de suelos requerido al relleno.	X	S
Monitorear el recubrimiento y la envoltura en proceso, incluyendo la preparación de la superficie, métodos y materiales de recubrimiento y envoltura y el arreglo para un almacenamiento intermedio y apilado de los tubos puestos cerca del sitio de instalación.	X	S
Inspeccionar la fabricación y la instalación de tubería en proceso de acuerdo con los planos.	X	S
Ejecutar una inspección final de la línea cuando la tubería subterránea este culminada, pero antes de aplicar recubrimiento y envoltura a juntas y accesorios.	X	S
Verificar que el Contratista ha terminado el recubrimiento y la envoltura de las juntas y accesorios en la línea probada.	X	S
Presenciar la prueba de discontinuidad de recubrimientos y envoltura. El Contratista deberá documentar las pruebas.	X	S
Verificar que el NDE requerido está culminado en las líneas que deben ser inspeccionadas.		X
Presenciar la prueba de presión.	S	X
Inspeccionar el sistema probado para asegurar que todos los ítems han sido apropiadamente culminados (restauración).	X	S
Monitorear las actividades de control de calidad del Contratista para verificar la conformidad con los requerimientos de pruebas y documentación.		X

### 5.2 Fabricación en Taller de Campo

ACTIVIDADES	RESPONSABILIDADES	
	Construcción	QA/QC
Separar y almacenar los accesorios de tuberías, una vez recibido, de acuerdo al tamaño y material. Identificar la ubicación del almacenamiento con un número de código de tipo líquido de transporte.	MM	
El tubo será marcado en su longitud total con el número de código de líquido de transporte.	MM	
Conservar la documentación.	MM	
Emitir los materiales de tuberías a los Contratistas.	MM	
Inspeccionar las caras de las bridas especiales para un acabado correcto y protección de la cara.	X	S
Monitorear las actividades de fabricación de tuberías en proceso.	X	S
Verificar que se están utilizando la última edición/revisión de los planos de tubería.	X	S
Comprobar en forma aleatoria la identificación ID del material base del tubo, los accesorios y carretes. Los carretes deben ser claramente identificados con marcas en dos puntos.	X	S
Monitorear el almacenamiento de los carretes terminados en el taller de tuberías incluyendo los preservantes.	X	S
Monitorear la identificación del tubo, la documentación y la ejecución a tiempo del NDE.		X

PM=Gerente de Procura      MM=Gerente de Materiales      X=Responsabilidad Primaria  
S=Responsabilidad Secundaria (1) Deberá obtenerse aprobación de Ingeniería



**5.3 Instalación de las Tuberías Sobre Terreno****RESPONSABILIDADES****ACTIVIDADES****Construcción****QA/QC**

El tubo deberá estar marcado en toda su longitud con un número de código de servicio. La tubería y los accesorios de material aleado deberán ser adicionalmente codificados por color. Las áreas de almacenamiento de aleación deberán estar claramente identificadas.	MM	
Conservar la identificación de los carretes de tuberías, marcando los carretes de tubería fabricados fuera de la obra.	MM	
Verificar que los MTR's son recepcionados y que los números de colada les corresponde. Conservar la documentación.	MM	
Verificar que los requerimientos del PMI estén satisfechos antes de ponerlos en stock.	MM	S
Verificar que el tubo correcto se envía al Contratista.	MM	
Monitorear el montaje en proceso de acuerdo con los planos. Clasificar y registrar problemas de fijación de los carretes.	X	S
Asegurar que la protección de la brida frontal se mantenga.	X	S
Monitorear la tensión apropiada de los pernos.	X	S
Monitorear la correcta instalación de las empaquetaduras.	X	S
Monitorear el montaje para asegurar que las instalaciones de tubos no estén sujetas a esfuerzos no deseados.	X	S
Revisar los planos de tubería que asegure la revisión final en el campo.	X	S
Asistir al Contratista para mantener actualizado el estado de las pruebas de tuberías.	S	X
Monitorear las actividades del Contratista establecidas en las prácticas de control de calidad.		X
Monitorear el montaje de tubos en proceso y la transferencia de los números de colada. Verificar que el NDE se ejecuta a tiempo. Monitorear la trazabilidad de la soldadura y el tubo incluyendo los Ensayos de PWHT, PMI y de Dureza.		X

**5.4 Inspección de Tuberías – Aplicación en Punchlist****RESPONSABILIDADES****ACTIVIDADES****Construcción****QA/QC**

Señalar con una bandera cuando las deficiencias no sean visiblemente obvias.	X	
Introducir las lista punchlist en la base de datos.	X	
Revisar la obra, indicado como completo, en la lista punchlist para asegurar que los ítems fueron corregidos.	X	
Iniciar la acción con el contratista en base a los resultados de la lista punchlist. Agregar las discrepancias adicionales a la lista punchlist. Iniciales y fechar la lista punchlist por cada ítem corregido.	X	
Monitorear las actividades del Contratista con la lista punchlist.	X	
Verificar que las deficiencias de la lista Punchlist sean identificadas, documentadas y seguidas para verificar que se ha tomado la acción correctiva.	X	
Verificar que son tomadas las medidas para asegurar el NDE, PWHT, PMI y que la trazabilidad esté completas antes de la prueba de presión.		X

PM=Gerente de Procura

MM=Gerente de Materiales

X=Responsabilidad Primaria

S=Responsabilidad Secundaria

(1) Deberá obtenerse aprobación de Ingeniería

<b>5.5 Pruebas de Presión Para Tuberías</b> <b>ACTIVIDADES</b>	<b>RESPONSABILIDADES</b>	
	<i>Construcción</i>	<i>QA/QC</i>
Monitorear la prueba de presión ejecutada por el Contratista.	X	S
Revisar los planos y especificaciones para verificar los límites del paquete de pruebas de presión, el equipo que debe ser incluido o excluido, apertura o cierre de válvulas y las ubicaciones de las bridas ciegas de prueba.	X	S
Verificar que la presión de prueba máxima permisible del componente más débil, dentro del sistema, no se haya excedido.	X	S
Verificar (a través de NEWS) que todo el NDE esté completo antes de hacer la prueba.	S	X
Verificar que la hoja de especificaciones /de carretes de taller estén incluidos en los paquetes de prueba y todo el NDE, PWHT y la información del soldador esté registrado.	S	X
Revisar el paquete de prueba de presión del Contratista, incluyendo el marcado de los planos de isométricos indicando la ubicación de bridas ciegas, posición de las válvulas (abierta/cerrada) y otra información relacionada a la prueba.	X	S
Monitorear la preparación del sistema de prueba para el paquete de prueba.	X	
Monitorear el restablecimiento del sistema después de la prueba.	X	
Monitorear las actividades de prueba de presión del contratista y la documentación.	S	X
Revisar el paquete de prueba para ver si ha sido culminado.	S	X
Inspeccionar el sistema antes de ejecutar la prueba notificando al Contratista acerca de las deficiencias. Marcar en el Registro de Pruebas de Presión "Listo para Probar". Notificar al cliente cuando este aceptable para probar. Dar la autorización para proceder con la prueba.	X	S
Inspeccionar el sistema cuando esté bajo presión. Verificar la presión de prueba y la duración de la prueba. Procurar las firmas de aceptación de la prueba del Contratista y del QIB.	S	X
Cuando un equipo esté incluido en el circuito de prueba, verificar que la presión de prueba no exceda los datos de placa.	X	S

<b>5.6 Limpieza Interna de las Tuberías</b> <b>ACTIVIDADES</b>	<b>RESPONSABILIDADES</b>	
	<i>Construcción</i>	<i>QA/QC</i>
Revisar y aprobar los procedimientos de limpieza y preservación y los límites de acuerdo con los planos.	X	
Establecer los puntos de espera para presenciar las pruebas.		X
Monitorear las actividades preparatorias y de limpieza en proceso para el cumplimiento con los procedimientos y las especificaciones.	X	S
Coordinar el monitoreo de las actividades de Inspección y pruebas del Contratista.	X	S
Verificar que el Contratista esté preparando la documentación cuando las inspecciones y las pruebas se estén ejecutando.	X	S
Verificar que la limpieza interna ha sido culminada.	X	
Monitorear las actividades de control de calidad del Contratista.		X

PM=Gerente de Procura

MM=Gerente de Materiales

X=Responsabilidad Primaria

S=Responsabilidad Secundaria

(1) Deberá obtenerse aprobación de Ingeniería

**Sección 6 - ELÉCTRICO****6.1 Instalaciones Eléctricas Subterráneas**

ACTIVIDADES	RESPONSABILIDADES	
	Construcción	QA/QC
Monitorear la instalación en proceso del sistema de puesta a tierra, incluyendo, instalación de la varilla, relleno, codificando a color los planos para indicar el avance.	X	S
Presenciar la medición de resistencia mediante pruebas a tierra.	X	S
Monitorear en proceso las instalaciones del banco de ductos y de buzones eléctricos.	X	
Presenciar la prueba de inicio de cables blindado, por ejemplo, la prueba de resistencia de aislamiento del cable de energía en carretes, prueba de continuidad de cable bobinado de instrumentos.	X	S
Inspeccionar las cunetas de cables antes de la instalación del cable.	X	
Monitorear en proceso la instalación de cable subterráneo. Inspeccionar en proceso la tracción/jalado de cables.	X	S
Inspeccionar en proceso el empalmado de cables.	X	S
Presenciar al azar la prueba del cable subterráneo instalado, es decir los cables en prueba de resistencia del aislamiento (con megómetro) y los cables de medio y alto voltaje en prueba hypot en DC, antes de su finalización.	X	S
Inspeccionar la instalación de los cables una vez culminada cada capa, para asegurar que el espaciado, marcado, etc., sea correcto.	X	S
Inspeccionar el relleno de arena por capas, de acuerdo a la calidad de los materiales, profundidad y compactación.	X	S
Verificar que los planos finales "as-built" del Contratista estén en conformidad.	X	S
Verificar que el Contratista esté preparando la documentación a la par con la construcción, cuando la inspección y la prueba se ejecuten.	X	S
Monitorear las actividades de control de calidad del Contratista.		X

**6.2 Instalaciones Eléctricas Sobre Terreno (Aéreo)**

ACTIVIDADES	RESPONSABILIDADES	
	Construcción	QA/QC
Monitorear en proceso la instalación de los conductos eléctricos y bandeja de cables, incluyendo la soldadura de los soportes.	X	
Presenciar la prueba de inicio del cable blindado, es decir, la prueba de resistencia del aislamiento de los cables de energía en carretes, pruebas de continuidad, de cable bobinado de instrumentos y la resistencia y continuidad de cables tendidos para traceado de calor eléctrico.	X	S
Monitorear en proceso la tracción/jalado y la instalación del cable.	X	
Presenciar al azar la prueba del cable instalado, por ejemplo, la prueba de resistencia de aislamiento en cables de energía y de instrumentación, pruebas de continuidad y de resistencia al aislamiento en el Traceado de calor; y prueba hypot para cables de medio y alto voltaje.	X	S
Verificar que el cliente sea notificado por anticipado para las pruebas que requieran ser presenciadas.	X	S
Verificar las comprobaciones entre terminales para asegurar la continuidad y exactitud de la instalación.	X	S
Verificar que los sellos de los conductos hayan sido vaciados.	X	S
Inspeccionar la instalación después de su culminación.	X	S
Verificar que el Contratista esté preparando la documentación a la par con la construcción cuando la inspección y la prueba se ejecutan.	X	S
Monitorear las actividades de control de calidad del Contratista.		X

PM=Gerente de Procura      MM=Gerente de Materiales      X=Responsabilidad Primaria  
 S=Responsabilidad Secundaria      (1) Deberá obtenerse aprobación de Ingeniería

<b>6.3 Equipos Eléctricos</b> <b>ACTIVIDADES</b>	<b>RESPONSABILIDADES</b>	
	<i>Construcción</i>	<i>QA/QC</i>
Monitorear en proceso la instalación del equipo.	X	S
Monitorear las actividades de conservación del equipo.	X	S
Presenciar la prueba del equipo instalado.	X	S
Coordinar con el representante del proveedor, quién técnicamente supervisará la instalación. Asegurar que la documentación esté completa.	X	S
Verificar que el QIB esté siendo notificado por anticipado a las pruebas que requieren ser presenciadas.	X	S
Inspeccionar la instalación eléctrica cuando se haya terminado.	X	S
Verificar que el Contratista esté preparando la documentación a la par con la construcción, cuando la inspección y la prueba se realicen.	X	S
Monitorear las actividades de control de calidad del Contratista.		X

### Sección 7-SISTEMA DE CONTROL

<b>7.1 Operaciones en Taller de Obra de los Sistemas de Control</b> <b>ACTIVIDADES</b>	<b>RESPONSABILIDADES</b>	
	<i>Construcción</i>	<i>QA/QC</i>
Notificar al área de construcción, una vez recibido cada envío de instrumentos, para la inspección.	MM	
Para ítems en no-conformidad, emitir un reporte de Daño o NCR.	MM	
Emitir instrumentos al Contratista.	MM	
Inspeccionar cada envío de instrumentos. Las deficiencias deberán ser informadas al Gerente de Materiales.	X	
Inspeccionar los materiales de los instrumentos de acuerdo con la sección 10 y procedimientos del proyecto	X	
Documentar la recepción de la inspección.	X	

<b>7.2 Operaciones en Campo de los Sistemas de Control</b> <b>ACTIVISTA</b>	<b>RESPONSABILIDADES</b>	
	<i>Construcción</i>	<i>QA/QC</i>
Monitorear la instalación de instrumentos en proceso del Contratista, incluyendo bandejas, paneles, consolas, ubicaciones, montaje, conexiones de tubo de procesos, tubería de aire para instrumentación, tubería para señales neumáticas, trazo de calor y cableado de instrumentos.	X	S
Presenciar la prueba de presión del entubado de instrumentación y la documentación del entubado.	X	S
Presenciar la calibración de los medidores de pruebas.	X	S
Monitorear las pruebas de continuidad de los cables de instrumentos. Verificar que los terminales de los cables este correctos.	X	S
Presenciar las comprobaciones de los lazos del sistema de control. Establecer el sistema de notificación para IMT.	X	S
Presenciar todas las comprobaciones de lazos.	X	S
Asegurar que todas las inspecciones de instalación de los instrumentos y pruebas de megado hayan terminado.	X	S
Inspeccionar las instalaciones de instrumentos después de su finalización.	X	S
Monitorear las actividades de control de calidad del Contratista.	S	X
Verificar que los procedimientos de documentación estén siendo seguidos.	X	S

PM=Gerente de Procura

MM=Gerente de Materiales

X=Responsabilidad Primaria

S=Responsabilidad Secundaria

(1) Deberá obtenerse aprobación de Ingeniería

**Sección 8 - RECUBRIMIENTOS, REVESTIMIENTOS, AISLAMIENTO Y PROTECCIÓN CATÓDICA****8.1 Recubrimientos****RESPONSABILIDADES****ACTIVIDADES****Construcción****QA/QC**

Asegurar que el sistema de pintado esté de acuerdo con las especificaciones.	X	S
Monitorear el rendimiento de las actividades de preservación de los materiales.	X	S
Monitorear la preparación de la superficie. Verificar la documentación de inspección.	X	S
Monitorear las aplicaciones de recubrimiento en proceso.	X	S
Comprobar el espesor de la película seca del recubrimiento aplicado.	X	S
Inspeccionar la mano de obra de los acabados completos.	X	S
Monitorear las actividades de control de calidad del Contratista.	S	X
Verificar que el Contratista haya preparado la documentación de QC.	S	X
Auditar la documentación de recubrimiento.		X

**8.2 Aislamiento****RESPONSABILIDADES****ACTIVIDADES****Construcción****QA/QC**

Monitorear el desempeño de las actividades de preservación de materiales.	X	
Monitorear la instalación en proceso de los materiales aislantes.	X	S
Verificar que el Contratista haya preparado la documentación de control de calidad.	X	S
Inspeccionar la obra culminada.	X	S
Documentar la aceptación.	S	X

**8.3 Revestimientos****RESPONSABILIDADES****ACTIVIDADES****Construcción****QA/QC**

Monitorear el desempeño de las actividades de preservación de materiales.	X	S
Monitorear la preparación de la superficie.	X	S
Verificar que el Contratista esté ejecutando comprobaciones de temperatura y humedad para los revestimientos de los tanques.	X	S
Monitorear en proceso la aplicación del revestimiento.	X	S
Probar los revestimientos aplicados para verificar el perfil superficial apropiado, espesor, y continuidad del revestimiento.	X	S
Monitorear las inspecciones de discontinuidad del revestimiento del tanque del Contratista.	X	S
Observar las actividades de curado del revestimiento del tanque.	X	S
Inspeccionar la calidad de mano de obra en el revestimiento terminado.	X	S
Monitorear las actividades de control de calidad del Contratista.	S	X
Auditar la documentación del revestimiento.		X
Verificar que los materiales de recubrimiento cumplan con las especificaciones. Asegurar que los certificados de pruebas de fabricación correspondan con los registros del número del lote archivado.	X	S
Monitorear las instalaciones de almacenamiento.	X	
Asegurar que los especialistas en refractarios sean experimentados y calificados.	X	S
Monitorear para asegurar que los materiales sean adecuadamente mezclados.	X	S
Monitorear la preparación de la superficie para asegurar que el montaje de los pernos de anclaje y reforzamientos esté correctamente instalado.	X	S
Asegurar que las placas de prueba, cubos, etc., proveniente de las aplicaciones en refractarios se estén tomando en las frecuencias requeridas.	X	S

**8.4 Protección catódica – Estructuras Subterráneas**

ACTIVIDADES	RESPONSABILIDADES	
	Construcción	QA/QC
Remitir los datos a Ingeniería para la determinación del espaciado de ánodos.	X (1)	
Establecer un procedimiento para asegurar que el trabajo no se inicie antes de la aceptación del trabajo previo.	X	
Monitorear la inspección después de que cada sistema de protección catódica esté energizado.	X	S
Verificar que los materiales estén siendo instalados.	X	
Monitorear las actividades de instalación.	X	S
Monitorear las actividades de preparación de pozo profundo, incluyendo datos del perfil estratigráfico del terreno.	X	
Monitorear la operación de relleno de ánodos.	X	
Presenciar la prueba al martillo de soldadura de termita.	X	S
Presenciar la prueba eléctrica para determinar el flujo de corriente cuando el ánodo esté relleno con ceniza de carbón.	X	S
Monitorear las actividades de prueba y comisionamiento.	X	S
Inspeccionar la obra terminada.	X	S
Auditar de la documentación de protección catódica.		X

**8.5 Protección Catódica- Tanques y Recipientes**

ACTIVIDADES	RESPONSABILIDADES	
	Construcción	QA/QC
Verificar que los materiales sean los de las especificaciones y estén apropiadamente protegidos contra daño.	X	
Verificar que los materiales de protección catódica de los recipientes hayan sido instalados.	X	
Monitorear las actividades de instalación.	X	S
Verificar que el personal use el equipo de protección personal, cuando sea necesario.	X	
Inspeccionar la calidad de mano de obra una vez culminada.	X	S
Monitorear los ensayos y el comisionamiento.	X	S
Auditar la documentación de protección catódica.		X

**Sección 9 - SOLDADURA****9.1 Soldadura de Tuberías**

ACTIVIDADES	RESPONSABILIDADES	
	Construcción	QA/QC
Verificar que los Procedimientos de Especificaciones de Soldadura (WPS) hayan sido aprobados por el Ingeniero de Soldadura.	X (1)	S
Monitorear las pruebas de calificación de los soldadores del Contratista.		X
Asegurar que los (ID) distintivos de identificación del soldador hayan sido emitidos y se muestren.	X	S
Comprobar el control de Contratistas a los símbolos de soldadura.	X	S
Comprobar el Control por parte de los Contratistas de los consumibles de soldadura.	X	S
Monitorear la soldadura en proceso incluyendo consumibles, preparación de juntas, ensamble, precalentamiento, calentamiento de interfase, variables de WPS e inspección visual final.	X	S
Verificar que el Contratista esté documentando los trabajos de soldadura en el Reporte Diario de Soldadura.	X	S
Verificar que los cordones terminados estén siendo documentados en los planos de tubería.	X	S
Monitorear en proceso el tratamiento térmico post-soldadura.	X	S
Auditar la documentación de soldadura.		X
Verificar la transferencia de los números de colada del material de tubería.	X	S

**9.2 Soldadura de Acero de Reforzamiento y Estructural****RESPONSABILIDADES****ACTIVIDADES****Construcción QA/QC**

ACTIVIDADES	Construcción	QA/QC
Verificar que los Procedimientos de Especificaciones de Soldadura hayan sido aprobados por el Ingeniero de Soldadura.		X (1)
Monitorear las pruebas de calificación de los soldadores.		X
Monitoreo la soldadura en proceso incluyendo consumibles, preparación de juntas e inspección visual final.	X	S
Auditar documentación de soldadura.		X

**9.3 Ensayos no Destructivos de las Tuberías (NDE)****RESPONSABILIDADES****ACTIVIDADES****Construcción QA/QC**

ACTIVIDADES	Construcción	QA/QC
Pre-calificar al Contratista de NDE.		X
Verificar que el Contratista de NDE haya establecido procedimientos que cumplan con las especificaciones del proyecto.		X
Diariamente entrar los datos de soldadura en el programa NEWS.	S	X
Establecer y conservar los archivos de documentación de NDE.		X
Revisar las calificaciones del personal NDE del Contratista.		X
Verificar la aprobación del Contratista de NDE y los procedimientos.		X
Verificar los procedimientos del Contratista de NDE para proveer el estado visual de las soldaduras que requieren NDE.		X
Seleccionar las soldaduras para el examen.	S	X
Realizar los exámenes No-Destructivos.	Pruebas no destructivas - contratista	S
Revisar las películas de radiografía, y los reportes e interpretación del Contratista.		X
Verificar el cumplimiento del código para las soldaduras rechazadas.		X
Conservar una agenda para las soldaduras rechazadas.		X
Verificar, a través de auditoría, que los registros de soldadura y NDE sean seguidas hasta la soldadura.		X
Verificar mediante NEWS que el NDE sea terminado antes de la prueba de presión.		X
Auditar el laboratorio de NDE.		X
Monitorear la producción del Contratista de NDE para verificar que las soldaduras sean examinadas dentro de las 48 horas de su notificación.		X
Verificar que todas las soldaduras de campo estén numeradas e identificadas en los planos.		X
Asegurar que el número de soldadura y los símbolos del soldador sean estampados con poco esfuerzo, de lo contrario aplicar marcador en el tubo.	X	S
Asegurar que se actualice diariamente el Reporte Diario de Soldadura.	S	X

PM=Gerente de Procura

MM=Gerente de Materiales

X=Responsabilidad Primaria

S=Responsabilidad Secundaria

(1) Deberá obtenerse aprobación de Ingeniería

**9.4 Pruebas de Dureza de Tuberías****RESPONSABILIDADES****ACTIVIDADES****Construcción QA/QC**

Monitorear al Contratista para verificar el sistema de identificación de soldadura y en cumplimiento a la especificación.		X
Establecer confianza de que las pruebas se estén realizando de acuerdo con las instrucciones del equipo de prueba.		X
Verificar el cumplimiento del Contratista con la prueba de dureza y la documentación.		X
Verificar los procedimientos del Contratista para la identificación visual de las soldaduras rechazadas.		X
Conservar una agenda de PWHT para las soldaduras rechazadas.		X
Verificar que la prueba de dureza esté terminada antes de la prueba de presión.		X
Presenciar las pruebas requeridas por las especificaciones cuando sean ejecutadas por el Contratista.		X
Programar las actividades de inspección de aceptación final, entre el Contratista y el Ingeniero de Campo.		X
Monitorear las actividades del control de calidad del Contratista para verificar conformidad a los requerimientos por frecuencia de prueba, identificación y trazabilidad.		X

**Sección 10 – RECEPCIÓN EN CAMPO****10.1 Recepción en Campo (Inspección, Medición y Pruebas)****RESPONSABILIDADES****ACTIVIDADES****Construcción QA/QC**

Control de las operaciones de recepción incluyendo la identificación del ítem por orden de compra, verificación de la cantidad y examen del tamaño para evitar daños y protección en el envío, conservación de la documentación de la inspección.	MM	
Emisión periódica de los reportes de recepción para los Superintendentes de Construcción cuando se requiera asistencia técnica.	MM	
Inspeccionar el equipo/material recepcionado, otorgando asistencia técnica cuando se requiera.	S	X

**10.2 Recepción en Campo -Contratista****RESPONSABILIDAD****ACTIVIDADES****Construcción QA/QC**

Recepcionar todos los equipos y materiales adquiridos por el contratista.	MM	
Revisar los reportes de prueba de materiales contra los materiales recibidos y conservarlos en un archivo.	MM	S
Emitir equipos y materiales para el Contratista.	MM	
Inspeccionar los materiales/equipo recibido, proporcionando asistencia técnica cuando sea solicitada.	X	S
Asegurar que el Contratista realice la protección del equipo y material cuando sea necesaria de acuerdo con las indicaciones de los fabricantes o requerimientos de la especificación.	X	S

PM=Gerente de Procura

MM=Gerente de Materiales

X=Responsabilidad Primaria

S=Responsabilidad Secundaria

(1) Deberá obtenerse aprobación de Ingeniería



**10.3 Identificación Positiva de Materiales (PMI)****ACTIVIDADES****RESPONSABILIDADES***Construcción QA/QC*

<b>ACTIVIDADES</b>	<i>Construcción</i>	<i>QA/QC</i>
Notificar a QA de la recepción del material que requiere PMI.	MM	
Conservar los resultados de las pruebas PMI con los documentos de recepción.	MM	
Verificar la recepción de los informes de PMI de los proveedores y fabricantes,	MM	
Verificar que el Contratista haya establecido un sistema para mantener la ID del material a través de la recepción, almacenamiento, salida, fabricación y montaje.		X
Implementar los procedimientos para el PMI.		X
Monitorear el mantenimiento del contratista de la identificación de los materiales de tuberías.	X	S
Ejecutar el PMI tal cuando sea requerida por la especificación.		X
Verificar que el marcado de ID esté realizado según especificación.	X	S
Verificar que los controles se hayan establecido para evitar el uso inadvertido de materiales que tuvieron un examen fallido.	S	X
Verificar el archivamiento, mantenimiento y resguardo de la documentación.		X
Asegurar que el equipo de PMI esté calibrado.		X

**Sección 11 – EQUIPOS Y MATERIALES DE PROTECCIÓN****11.1 Equipos y Materiales de Protección****ACTIVIDADES****RESPONSABILIDADES***Construcción QA/QC*

<b>ACTIVIDADES</b>	<i>Construcción</i>	<i>QA/QC</i>
Monitorear la preservación del equipo y materiales en almacenamiento y la documentación.	MM	S

**11.2 Equipos y materiales de protección (Contratista)****ACTIVIDADES****RESPONSABILIDADES***Construcción QA/QC*

<b>ACTIVIDADES</b>	<i>Construcción</i>	<i>QA/QC</i>
Monitorear las actividades de protección /conservación del material y equipos en proceso del Contratista.	X	S
Comprobar el material y equipo en proceso del Contratista.	X	S
Auditar las actividades de protección del equipo y material por el Contratista.		X

**Sección 12 – PROGRAMA MAESTRO****12.1 Programa Maestro****ACTIVIDADES****RESPONSABILIDADES***Construcción QA/QC*

<b>ACTIVIDADES</b>	<i>Construcción</i>	<i>QA/QC</i>
Elaborar una lista Maestra.	X	S
Asegurar que el Contratista esté usando materiales, planos y especificaciones correctas.	X	S
Asesorar al contratista cuando se requiera un programa Maestro.	X	S
Inspeccionar el programa Maestro antes de la notificación de QA.	X	S
Solicitar la presencia del cliente durante la inspección.	S	X
Documentar la aceptación del programa Maestro.	S	X
Notificar al cliente del programa Maestro aceptado.	S	X
Mantener actualizado el registro de programas Maestros.		X
Mantener actualizado el modelo de programa Maestro como referencia estándar.	X	S
Monitorear las actividades de control de calidad del Subcontratista para verificar la conformidad con los planos y especificaciones.		X

PM=Gerente de Procura

MM=Gerente de Materiales

X=Responsabilidad Primaria

S=Responsabilidad Secundaria

(1) Deberá obtenerse aprobación de Ingeniería

## CONCLUSIONES

1. El **Proyecto Pueblo Viejo** está ubicado en República Dominicana, en la provincia Sánchez Ramírez a 100 km de Santo Domingo.
2. La inversión requerida para poner en funcionamiento esta mina alcanzará los 2.500 millones de dólares. Con una **inversión total de capital** de unos **US\$ 4,500 millones**.
3. Esta mina cuenta con reservas probadas, de acuerdo a los precios internacionales de inicios del 2014, de unos **13.1** millones de onzas de oro, más alrededor de unos **78.4** millones de onzas de plata y **334.6** millones de libras de cobre y contenidas en la reserva de minerales.
4. El principal efecto negativo ambiental que existe actualmente en el entorno local de Pueblo Viejo es el drenaje de aguas ácidas de roca, producto de antiguas operaciones mineras.
5. Se espera una producción de más de **un millón** de onzas de oro por año durante los primeros cinco años completos de producción.

6. Barrick Pueblo Viejo cuenta con la instalación de autoclaves más grande del mundo para el procesamiento de oro. También tiene la planta de oxígeno más grande de la industria minera de la región
7. Se ha realizado una inversión de alrededor de **US\$300** millones en el complejo energético Quisqueya en San Pedro de Macorís (430 megavatios), donde se encuentra la planta Quisqueya I para el suministro de su energía.
8. La mina producirá en promedio por día de 150,000 toneladas diarias minadas desde los distintos frentes de carguíos, hasta los diferentes destinos de descargas.
9. Las recuperaciones del oro y la plata en el proceso CIL alcanzara valores de 92% y 87% respectivamente.
10. De acuerdo a las proyecciones de tratamiento de mineral en planta debido a las altas recuperaciones del oro y la plata, y teniéndose como subproductos al cobre y zinc. Hacen del proyecto altamente rentable.

## BIBLIOGRAFIA

1. **Adrian Smith y Terry Mudde “TRATAMIENTO DE RESIDUOS DE CIANURACION”** Londres 1991
2. **Barrios G. , Importancia del Control de Molienda en Minerales Auríferos.** Taller de Metalurgia Extractiva. Tecsup. Lima 1992.
3. **Barsky, G, Swaison, S.J. Easley, N. “Dissolution of gold and silver in cyanide solutions”.** Tras. Am. Inst. Min – Metal. Engrs. 112:660-667, 1935.
4. **CHEN, B. y REDDY, R.G. Roasting Characteristics of Refractory Gold Ores.** Advances in Gold and Silver Processing. Proc. Symp. at GOLDTech 4. SME-AIME.Reno, NV (EE.UU.), Sep. 1990: 201-214.
5. **Dorr, J.V.N. and Bosqui F.L. Cyanidation and concentration of gold and silver ores,** 1950.
6. **Demopoulos G.P. Mineralogical and Technological Aspects of Gold Extraction from Refractory ores,** Proc 2o Colloquia sur l or, CRM, 1987, p 273-326.
7. **Fathi Habashi “A TEXT BOOK OF HIDROMETALLURGY”** Edition Marquis Limiteé – 1992
8. **Fidel Sergio Misari Ch. “ METALURGIA DEL ORO” - Vol I y Vol II** CEPECT Noviembre 1993

9. **Hong Young Sohn; Milton E. Wadsworth “CINETICA DE LOS PROCESOS DE LA METALURGIA EXTRACTIVA”** Editorial Trillas – 1986.
10. **JHA, M.C. Recovery of gold and Silver from Cyanide Solutions: a Comparaty Study of Varrious Processes.** First International Sym Sium of precius Metal Recovery. Reno – Nevada, 1984.
11. **Macassi, j. y rivas, e. Nueva técnica hidrometalúrgicas, para mejorar la extracción de oro en materiales piríticos.** I simposio Internacional de Metalurgia. Tecsup-Lima, 1989.
12. **Nagy, I, Mrkusic, P. y Mcculloch, H.W. “ Chemical Treament of Refractory Gold Ores”** National Institute for Metallurgy, Ranburg-South Africa, 124, 1966.
13. **Ponciano, F.J., Tratamiento de materiales refractarios conteniendo metales preciosos por métodos convencionales y no convencionales,** I Simposium Internacional de Metalurgia. Tecsup. Lima 1989.
14. **Ralston, O.C. et al, Reducing and oxing agents and lime consumption inflation pulp.** Trans,Am. Inst. Min. 1930, engrs, 87: 369-383.
15. **Tremolada, J. Optimización del Proceso de Recuperación de Oro por Cianuración Mediante variantes Hidrometalúrgicas en el tratamiento de concentrados piritosos Refractarios.** II Simposium de Geología, minas y Metalurgia del Oro. Lima – Perú, 1993.
16. **WEIR, D. Robert, Berezowsky, R.M.G.S. Refractory Gold: The Role of Pressure Oxidation.** Proc. Intern. Conf. on Gold. Vol. 2:

Extractive Metallurgy of Gold. SAIMM.Johannesburgo, (Rep. Sudafricana), 1986: 275-285.