

PROYECTO GAMA
ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DEL
TRABAJO OIT - PROGRAMA IPEC
COOPERACIÓN Y ACCIÓN SOLIDARIA
PARA EL DESARROLLO

DISEÑO DE PLANTA DE
BENEFICIO MINERAL PARA
SOTRAMI



Ejecutado
SERVIGEMAB &CONSULGEMAB



PRESENTACIÓN

Las relaciones de trabajo a nivel internacional bajo el nuevo marco de la paz entre Ecuador y Perú, muestra que es posible un buen nivel y ambiente para el intercambio de experiencias, conocimientos y tecnología entre los dos países.

El presente trabajo es el resultado de la cooperación de funcionarios del Programa OIT-IPEC, Técnicos de Cooperación y Acción Solidaria para el Desarrollo y el Proyecto GAMA, quienes en sus visitas al Ecuador y a la zonas mineras del Sur, se propusieron llevar adelante para una de las zonas de minería artesanal del Perú, concretamente para el grupo de mineros de Santa Filomena una consultoría que permita tener un diseño de planta de beneficio mineral que pueda ser factible de ser llevada a la práctica.

Así la presente memoria técnica recoge las informaciones e insumos del trabajo de campo, tales como: visita a la zona de Santa Filomena, diseño de los Ings. Trillo y Ramos, resultados de los estudios metalúrgicos, información de los mineros y las informaciones proporcionadas por los técnicos de CooperAcción.

El equipo de SERVIGEMAB & CONSULGEMAB que ha trabajado por mas de seis años con el sector minero de Portovelo/Zaruma, ha puesto toda su experiencia y conocimientos para que la presente consultoría entregue un diseño lo mas completo y detallado posible en cuanto al proceso de operación de la planta, descripción del equipo y tecnología, y sobre todo un detalle del proyecto de costos para montar una planta de este tipo. Esperamos que el presente documento sea un apoyo en la búsqueda de soluciones y que permita a los involucrados e interesadas en el proyecto a aunar esfuerzos para emprender en la construcción de la Planta de Beneficio Mineral de SOTRAMI.

SERVIGEMAB & CONSULGEMAB, agradece a la OIT-Programa IPEC, a los Técnicos y Funcionarios de CooperAcción, al Dr. Felix Hruschka - Proyecto GAMA y a los Mineros de SOTRAMI por su confianza para ejecutar el presente trabajo, así mismo nuestro agradecimiento a los mineros de Santa Filomena.

SERVIGEMAB & CONSULGEMAB

EQUIPO DE CONSULTORES

Jorge Eduardo Azanza Gualpa	Ingeniero Metalurgista
Carlos Efren Salinas Calero	Ingeniero Geólogo de Minas
Bolívar Arciniegas	Ingeniero Civil
José Vidal Tamay	Egresado de Ingeniería Geo-Minera
Juan Carlos Ochoa	Egresado de Ingeniería Geo-Minera

1	INTRODUCCION	3
2	DATOS GENERALES DE LA ZONA DEL PROYECTO	4
2.1	UBICACIÓN.....	4
2.2	ACCESO.....	4
2.3	TOPOGRAFIA Y CLIMA	4
2.4	RECURSOS	5
3	DESCRIPCION DEL PROYECTO	6
3.1	PARAMETROS DE OPERACIÓN	6
3.1.1	<i>Características del mineral</i>	6
3.1.2	<i>Preparación mecánica</i>	6
3.1.2.1	cribado previo	6
3.1.2.2	Chancado primario	6
3.1.2.3	Cribado de control.....	7
3.1.2.4	Chancado secundario	7
3.1.3	<i>Cianuración por percolación</i>	7
3.1.4	<i>Balance metalúrgico</i>	8
3.1.5	<i>Cianuración por agitación de los relaves de amalgamación</i>	9
3.1.6	<i>requerimiento de reactivos químicos, insumos y mano de obra</i>	9
3.1.6.1	Reactivos químicos.....	9
3.1.6.2	Insumos.....	10
3.1.7	<i>Mano de Obra</i>	12
3.2	DIAGRAMA DE FLUJO	13
4	DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO PROYECTADO.....	14
4.1	CANCHA DE RECEPCIÓN DEL MINERAL.....	14
4.2	CHANCADO PRIMARIO	14
4.3	CHANCADO SECUNDARIO	14
4.4	CANCHA DE MUESTREO Y FORMACIÓN DE LOTES	15
4.5	PISCINAS DE PERCOLACIÓN Y SOLUCIÓN LIXIVIANTE.....	15
4.6	RECUPERACIÓN DE LOS VALORES A PARTIR DE LAS SOLUCIONES RICAS CON POLVO DE ZINC.....	16
4.7	CALCINACIÓN Y FUNDICIÓN DE LOS PRECIPITADOS DE ZINC-ORO	16
4.8	REFINACIÓN	16
4.9	LABORATORIO	17
4.10	RESERVORIO DE AGUA FRESCA	17
4.11	RESERVORIO DE SOLUCIONES POBRES DE CIANURO (SOLUCIONES BARREN)	18
4.12	TALLER DE MECÁNICA	18
5	DESCRIPCIÓN DE LAS OPERACIONES	19
5.1	TRANSPORTE Y RECEPCIÓN DEL MINERAL.....	19
5.2	CHANCADO PRIMARIO	19
5.3	CHANCADO SECUNDARIO	19
5.4	CANCHA DE MUESTREO	19
5.5	CIANURACIÓN POR PERCOLACIÓN	19
5.6	RECUPERACIÓN DE LOS VALORES A PARTIR DE LAS SOLUCIONES RICAS CON POLVO DE ZINC.....	20
5.7	CALCINACIÓN Y FUNDICIÓN DE LOS PRECIPITADOS DE ZINC-ORO	21
5.8	REFINACIÓN DE LA BARRA DORE	21

5.9	CANCHA DE RELAVES	22
5.9.1	<i>Ubicación</i>	22
5.9.2	<i>Parámetros de operación</i>	22
5.9.3	<i>Modo de operación de la cancha de relaves</i>	22
5.9.4	<i>Diseño de la cancha de relaves</i>	23
5.10	ABASTECIMIENTO DE AGUA FRESCA	26
5.11	ENERGÍA ELÉCTRICA	26
6	COSTO DEL PROYECTO	27
6.1	COSTO DE LOS EQUIPOS PROYECTADOS	27
6.2	COSTO OBRAS CIVILES	28
6.3	COSTO TOTAL.....	29
6.4	COSTO DE OPERACIÓN PARA LA PLANTA DE PERCOLACION DE 210 TM / MES	29
6.4.1	<i>Reactivos Químicos</i>	29
6.4.2	<i>Forros de Trituradoras</i>	29
6.4.3	<i>Personal de Operación</i>	29
6.4.4	<i>Generación de Energía Eléctrica</i>	30
6.4.5	<i>Repuestos y Lubricantes</i>	30
6.4.6	<i>Alimentación</i>	30
6.4.7	<i>Laboratorio</i>	30
6.4.8	<i>Evacuación de Colas de Cianuración hacia la Cancha de Relaves</i>	31
7	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	32

1 INTRODUCCION

Sobre la base de las relaciones entre OIT y Técnicos de la empresa SERVIGEMAB & CONSULGEMAB S.A y Cía. y de la visita de OIT al Ecuador para el Programa IPEC, se solicita hacer una revisión del Proyecto de una Planta de Cianuración por Agitación de 10 tm/día realizado y presentado por los consultores Ings. Armando Trillo y Alfredo Ramos. Luego de los primeros intercambios de criterios, se establece una relación de trabajo tendiente a contratar una consultoría para sobre la base de los trabajos realizados hacer un diseño de Planta de Beneficio Mineral para el grupo de mineros de Santa Filomena SOTRAMI.

Es así, en el mes de Junio del año en curso se presenta la memoria técnica de los estudios metalúrgicos realizados con el mineral de la mina Santa Filomena, con la finalidad de encontrar el método de beneficio más apropiado desde la perspectiva que la planta a diseñarse debe ser rentable y que a mediano plazo se convierta en la base para una expansión de las actividades minero metalúrgicas de los mineros que se encuentran agrupados en la Sociedad de Trabajadores Mineros S. A (SOTRAMI), a la Organización no gubernamental Cooperación y Acción Solidaria para el Desarrollo (COOPERACCION).

A mediados del mes de agosto, se realiza una reunión extraordinaria de socios de SOTRAMI con la participación de COOPERACCION, para la presentación de las dos alternativas de beneficio mineral, la una consiste en la cianuración por agitación con carbón en lixiviación propuesta y diseñada por los Ings. Trillo-Ramos y la otra el proceso de cianuración por percolación según el diagrama de flujo propuesto por SERVIGEMAB & CONSULGEMAB S.A y Cía.

Como resultado fue apoyar la implementación de un proceso de beneficio mineral mediante el proceso de cianuración por percolación, y que se incluya en el diseño final de la planta lo siguiente:

- Flexibilidad de las instalaciones para en un futuro, ampliar la capacidad de tratamiento en por lo menos al 100% de la capacidad diseñada y si fuera posible poder ser adaptado al sistema de agitación, cuando SOTRAMI esté en condiciones de proporcionar una alimentación constante y de mayor tonelaje.
- En lo posible se incluya en el diseño una alternativa para cianurar los relaves de amalgamación, con un promedio de 2 toneladas métricas por día.
- En un futuro se considere el re-tratamiento de los relaves del proceso de percolación.
- Un sistema capaz de manejar pequeños volúmenes de mineral para productores que desean vender el mineral de cabeza en tonelajes menores a 1 tonelada métrica, es decir que en la planta se pueda analizar y valorizar este mineral para luego liquidar en efectivo al minero.

Con estas resoluciones tomadas por los socios de SOTRAMI, la empresa SERVIGEMAB & CONSULGEMAB S.A y Cía diseño el Proyecto de Planta de Cianuración por Percolación para el mineral de la mina Santa Filomena, con capacidad de 210 t / mes.

2 DATOS GENERALES DE LA ZONA DEL PROYECTO

2.1 UBICACIÓN

La Planta proyectada se localiza a 10 Km de distancia desde la mina en la Quebrada Santa Rosa, distrito de Sancos, provincia de Lucanas, en el departamento de Ayacucho. Razón importante para que se construya en este sector es la presencia de una fuente de agua, caso que no ocurre en las inmediaciones de la mina. Las operaciones del Proyecto se desarrollarán entre las cotas de 1,270 y 1,280 m.s.n.m.

2.2 ACCESO

El acceso a la zona de la planta desde Lima, es por vía terrestre, a través de la carretera Panamericana Sur, hasta la zona del poblado de Yauca (575 Km), y de este se sigue por el valle del río Yauca, mediante carretera afirmada, donde se llega al poblado de Jaqui (25 Km). De este poblado asentado en la cuenca del río Yauca, se continúa por la quebrada afluyente Acaville, mediante carretera afirmada de 10 Km, se llega a la zona del proyecto, ubicado al frente de la confluencia de las quebradas Santa Rosa y Acaville. Al frente del sitio proyectado para la planta de SOTRAMI, se encuentra una planta de cianuración por agitación conocida como Laytaruma.

2.3 TOPOGRAFIA Y CLIMA

La zona de las operaciones mineras se localiza en montañas de topografía abrupta y quebradas de valles en forma de "V", con laderas muy empinadas poco estables, bisectadas por quebradas de fuerte pendiente, característicos de cauces jóvenes y en su mayoría sin caudales de agua.

El área de instalación de la Planta se localiza en la confluencia de las quebradas Santa Rosa y Acaville, en la zona de Jerusalén, donde tenemos la presencia de conos de deyección con una morfología levemente inclinadas.(ver anexo fotografías).

Debido a que la topografía de la zona es muy agreste, presenta muy pocas laderas aprovechables, que están siendo afectadas principalmente por la erosión natural.

La clasificación climática de la región es pre árido a semi cálido, con temperaturas medias anuales que tienen un máximo de 24 a 27° C y un mínimo de 16 a 17° C.

La precipitación pluvial es nula de abril a diciembre y esporádica durante los meses de Enero a Marzo. Las escasas precipitaciones que eventualmente ocurren se deben al trasvase de las nubes desde la Cordillera Occidental y a la condensación de la humedad del Pacífico.

Según la estación meteorológica de Acari (zona similar al área del proyecto), la precipitación anual es de 2.1 mm. Es importante mencionar que en la región ocurren sequías prolongadas y que esporádicamente se presentan lluvias inesperadas que sólo duran algunas horas.

2.4 RECURSOS

Los recursos con que cuenta el Proyecto son:

- Abastecimiento de agua

La fuente de abastecimiento de agua provendrá del canal perteneciente a la planta Corijaqui.

- Mano de obra

En la comunidad minera de Santa Filomena y en el poblado de Jaqui, se encuentra suficiente mano de obra para la planta proyectada.

- Suministros

El abastecimiento de insumos para la planta será desde la ciudad de Lima, y los alimentos serán de la región.

- Energía eléctrica

Toda la energía eléctrica usada en la planta provendrá de grupos electrógenos a petróleo instalados para tal efecto.

3 DESCRIPCION DEL PROYECTO

Los parámetros de operación se tomaron de los resultados de las pruebas metalúrgicas y análisis químicos realizados con el mineral en los Laboratorios de Certificaciones Químicas y Metalúrgicas de la ciudad de Lima (CERQUIME) y Departamento de Metalurgia Extractiva de la Escuela Politécnica Nacional de la ciudad de Quito (DEMEX) respecto al proceso de percolación.

3.1 PARAMETROS DE OPERACIÓN

3.1.1 CARACTERISTICAS DEL MINERAL

Ley de cabeza- (CERQUIME): 1.90 onz Au / T.C; 65.16 g Au / T.M
 (DEMEX): 2.24 onz Au / T.C; 77.0 g Au / T.M
 Promedio: 2.07 onz Au / T.C; **70.98 g Au / T.M**

Tabla 6-1: Análisis químico

Tipo Muestra	Fe, %	Al, %	K, %	Cu, %	Mg, %	Sb, %	As, %
Cabeza	8.5	3.0	0.4	0.3	0.09	0.1	0.01

Fuente: Informe técnico de los ensayos metalúrgicos. Laboratorio DEMEX, 31 mayo 2001
 Elaboración: Servigemab & Consulgemab S. A. y Cía.

Peso específico- (CERQUIME): 2.739 g / cm³
 (DEMEX): 2.72 g / cm³
 Promedio: **2.729 g / cm³**

Densidad aparente: (CERQUIME): 1.644 g / cm³
 (DEMEX): 1.48 g / cm³
 Promedio: **1.56 g / cm³**

pH: (CERQUIME): 6.5
 (DEMEX): 8.0 (para una pulpa al 33 % de sólidos).

3.1.2 PREPARACIÓN MECÁNICA

3.1.2.1 CRIBADO PREVIO

Tamaño máximo mineral en la alimentación: 8"
 Abertura de clasificación: 1"

3.1.2.2 CHANCADO PRIMARIO

Intervalo de tamaño del mineral en la alimentación: 1" < tamaño < 8"
 Abertura de la descarga: 1"

3.1.2.3 CRIBADO DE CONTROL

Tamaño máximo mineral en la alimentación: 1.5"

Abertura de clasificación: 3 / 16"

3.1.2.4 CHANCADO SECUNDARIO

Intervalo de tamaño del mineral en la alimentación: 3/16" < tamaño < 1.5"

Abertura de la descarga: 1/4"

3.1.3 CIANURACION POR PERCOLACION

Tomando los datos del análisis granulométrico del mineral de cabeza, se calcula el D_{80} , cuyo valor es de 6.7 mm ya que el mineral se pasa el 100% por malla 3/8" y a este valor corresponde la velocidad de percolación de la solución de 60.6 l/h/m^2 .

Tabla No. 6-2: Análisis de Malla del Mineral de Cabeza

Malla	Tamaño, mm	% retenido	Peso retenido	% Retenido acumulado	% Pasante acumulado
3 / 8 "	9.53	0.00		0.00	99.99
1 / 4 "	6.35	22.61		22.61	77.38
6	3.36	21.12		43.73	56.26
10	2.00	17.78		61.51	38.48
20	0.84	17.89		79.40	20.59
100	0.149	14.14		93.54	6.45
-100	-0.149	6.45		99.99	

Fuente: Informe técnico de los ensayos metalúrgicos. Laboratorio CERQUIME, 14 enero 2000.

Elaboración: Servigemab & Consulgemab S. A. y Cía.

Tabla No. 6-3: Velocidad de percolación de la solución según el D_{80}

D_{80} del mineral a percollar, mm	Velocidad de percolación, l / h / m^2
0. 106	4.17
0. 177	5.26
6. 700	60.60

Fuente: Informes técnicos de los ensayos metalúrgicos. Laboratorios CERQUIME, DEMEX.

Elaboración: Servigemab & Consulgemab S. A. y Cía.

Con estos datos se construye la línea de tendencia y se busca la ecuación correspondiente. Apoyados en esta curva se puede conocer la velocidad de percolación a cierto tamaño de las partículas de mineral, así tenemos que:

A $D_{80} = 6.35 \text{ mm}$ (1 / 4 "), la velocidad de percolación de la solución es de $57.62 \text{ l / h / m}^2$

$D_{80} = 4.76 \text{ mm}$ (3 / 16"), la velocidad de percolación de la solución es de $44.07 \text{ l / h / m}^2$

Este último valor de 44.07 l/h/m^2 , asumimos para los posteriores cálculos.

Durante el proceso, existe pérdida de agua por dos causas, la primera por evaporación, en aproximadamente $4.5 \text{ l} / \text{m}^2 / \text{día}$ que equivale a $0.10 \text{ m}^3 / \text{t}$; y segundo al final del proceso se retendrá en los sólidos agua en $0.15 \text{ m}^3 / \text{t}$. Resultando el consumo de agua en $0.25 \text{ m}^3 / \text{t}$.

Con estos datos y considerando el área de percolación para los dos tipos de piscinas, se calcula el tiempo de percolación, el cual se indica en la tabla No.6-3.

Tabla No. 6-3: Tiempo de percolación

Código Piscina	Capacidad, t	v_i Solución, m^3	Tiempo Percolación h
1	10	2.6	7-9
2	10	2.6	7-9
3	10	2.6	7-9
4	10	2.6	7-9
5	10	2.6	7-9
6	32	8.4	7-9
7	32	8.4	7-9
8	32	8.4	7-9
9	32	8.4	7-9
10	32	8.4	7-9

3.1.4 BALANCE METALÚRGICO

A continuación se presenta un ejemplo del balance metalúrgico en la operación de cianuración por percolación, lo que significa que si el contenido de oro varía en el material de cabeza la recuperación final de oro se mantiene en la misma proporción.

Tabla No. 6-4 : Balance metalúrgico en los procesos de beneficio mineral

Operación cianuración por percolación

Producto	Tonelaje, t	Ley, g Au / t	G Au	Repartición, %
Cabeza	210	70.98	14906	100.00
Relave sólido	210	14.20	2982	20.00

Operación cementación

Producto	Volumen, m^3	Ley, g Au / m^3	G Au	Repartición
Solución rica	48.0	248.42	11924	100.00
Solución pobre	48.0	4.97	238.5	2.00

Operación fundición y refinación

Producto	Peso, Kg
Alimentación fundición	
Calcina	35.7
Bórax	42.8
Producto fundición	
Escoria	55.0
Metálica	23.6
Refinación	
Barra de oro	11.45

La pureza de la barra será superior al 98 %, esto significa que la recuperación de oro en todo el proceso es del 75%.

3.1.5 CIANURACIÓN POR AGITACIÓN DE LOS RELAVES DE AMALGAMACIÓN

Aunque, para este proceso de cianuración por agitación de los relaves de amalgamación, se considera en el presupuesto la instalación de un tanque agitador de 8' x 8' con fondo semi-cónico no profundizaré, ya que durante las operaciones de la planta se analizará el comportamiento de estos relaves en la cianuración.

Como estos relaves tienen un tamaño máximo de las partículas inferior a malla No. 100 (0.150 mm), mencionaré el resultado de una prueba metalúrgica realizada con el mineral de cabeza previamente molida a malla No. 80 (0.177 mm).

El consumo de cianuro es de 1.45 Kg / Tm. , cal 1.0 Kg / Tm. y la recuperación en 24 horas es de 75 %.

Si aumentamos el tiempo de agitación a 48 horas el consumo de cianuro aumenta a 2.45 Kg / Tm., cal se mantiene en 1 Kg / Tm. y la recuperación es de 80 %.

La velocidad de sedimentación de la pulpa es lenta de 0.32 cm / min., esto implica que se necesitan tiempos prolongados entre 9 h a 13 h para la sedimentación y lograr recuperar el 40 % de la solución bien clarificada. Para recuperar el restante 50 % se tendrá que realizar varios lavados adicionando agua fresca.

El contenido de oro en los relaves de amalgamación es alrededor de 0.8 onz Au / Tm.

3.1.6 REQUERIMIENTO DE REACTIVOS QUIMICOS, INSUMOS Y MANO DE OBRA

3.1.6.1 REACTIVOS QUIMICOS

Cianuro de sodio

Es una sal soluble en agua que se utiliza en el proceso de cianuración para disolver el oro presente en el mineral y en la cementación para garantizar la precipitación del oro sobre el zinc. El consumo total reportado de cianuro de sodio es de 745 Kg /mes, a una razón de 3.55 Kg / t de mineral.

Cal

Es un óxido de calcio con una pureza de aproximadamente el 54% de CaO, que se utiliza en el proceso de cianuración, para alcalinizar la solución lixivante manteniendo un pH superior a 10, para mantener el ión cianuro en solución y minimizar la producción de gas cianhídrico. El consumo estimado de este químico es 357 Kg de cal por mes, a una razón de consumo de 1.7 Kg / t de mineral.

Acetato de plomo

Es una sal de plomo de baja solubilidad en agua, que se utiliza en el proceso de cementación para evitar la oxidación superficial del zinc, y mejorar la precipitación del oro. Su consumo mensual se estima en 2.4 Kg, a razón de 50 g / m³ de solución rica.

Zinc

Zinc metálico en forma de polvo, que se utiliza como precipitante del oro en el proceso de cementación. Su consumo se estima en 23 Kg / mes, a razón de 2.0 Kg zinc / Kg. Au.

Bórax

Es la sal de borato de sodio, utilizada como fundente para la formación de escoria de metales base en el proceso de fundición. Su consumo estimado es de 23 a 28 kg/mes, a razón de 1.0 – 1.2 Kg / Kg de calcina.

Ácido nítrico

Es un líquido incoloro o de color amarillo cuando se adiciona agua y de olor penetrante. Se utiliza para la refinación de la barra metálica obtenida en la fundición del cemento calcinado de zinc-oro. Su consumo estimado es de 20.0 – 30.0 Kg/mes a razón de 0.1 – 0.15 Kg / t mineral cianurado.

Tabla No. 6-5: Consumo mensual estimado de reactivos químicos

Productos químicos	Utilizado en proceso de	Consumo mensual estimado, Kg
Cianuro de sodio	Cianuración por percolación	745.0
Cal	Cianuración	357.0
Acetato de plomo	Cementación	2.4
Zinc	Cementación	23.0
Bórax	Fundición	28.0
Ácido Nítrico	Refinación	30.0

Elaboración : Servigemab & Consulgemab S.A y Cía.

3.1.6.2 INSUMOS

Agua

El agua es captada del canal que pertenece a la planta Corijaqui y transportada por tubería a un tanque de agua de 100 m³, desde el cual se distribuye por gravedad a las operaciones de procesamiento mineral.

El consumo estimado de agua en el proceso de cianuración por percolación es de 53 m³ / mes. De los cuales 32.0 m³, se pierde en los relaves de cianuración, lo que representa una humedad del 13 %. Los restantes 21.0 m³ se pierden por evaporación.

El consumo de agua estimado en actividades de limpieza de la planta, es de 10 m³.

Para el consumo humano se estima que se utiliza 7.0 m³ / mes, considerando una carga de 0.5 m³ agua / mes x persona y que en la planta habitarán 11 personas más un 30 % por visitas.

Sobre la base de estas estimaciones el consumo total de agua en la planta es de 70.0 m³ / mes

Por otro lado es necesario abastecer de agua al caserío minero de Santa Filomena con una población estimada en 1500 habitantes, si consideramos que una persona consume 0.5 m³ agua / mes x persona, tenemos que el consumo es de 750 m³/mes.

Tabla No. 6-6: Consumo mensual estimado de agua

Proceso	Consumo mensual estimado, m ³
Cianuración por percolación	53.0
Limpieza de instalación	10.0
Consumo humano en la planta	7.0
Consumo humano en la mina	750.0
Total estimado:	820.0

Elaboración : Servigemab & Consulgemab S.A y Cía.

Combustibles y energía eléctrica

Los combustibles a utilizarse en la planta son GLP (gas licuado de petróleo), diesel, aceite y grasas.

Gas

La planta utiliza GLP (gas licuado de petróleo) para las operaciones de calcinación, fundición y refinación. Se utilizarán tanques de 12 Kg de uso domestico, estimándose un consumo de 120 Kg de gas / mes (10 tanques).

Diesel (Petróleo)

El diesel servirá para accionar dos grupos electrógenos de combustión interna, estimándose su consumo en 2666.0 galones mensuales, a razón de 3.30 gl/h para el generador de 60 Kw. y 2.74 gl/h para el generador de 40 Kw.

Tabla No. 6-7: Consumo mensual estimado de combustibles

Producto	Lugar utilizado	Consumo estimado mensual
Gas	Calcinación, fundición, refinación	120.0 Kg
Diesel	Camiones y moto generadores	2666.0 gl

Elaboración: Servigemab & Consulgemab S. A y Cía.

Electricidad

La potencia nominal total es de 94.0 hp que equivalen a 70 Kw. Con el propósito de optimizar el recurso energía eléctrica se ha separado la sección de trituración del resto de secciones de la planta, ya que por la capacidad de los equipos proyectados en la trituración y por la capacidad inicial de alimentación de la mina con mineral fresco de cabeza será

necesario 7 a 10 horas como promedio para reducir el mineral y dejar listo para la siguiente fase de cianuración.

Así, tenemos que 40 Kw. corresponden a la sección de preparación mecánica, para lo cual se propone un grupo electrógeno de 40 Kw. de la marca F.G Wilson modelo P44E con motor Perkins 1004G.

Para cubrir la demanda del resto de secciones y que es 30 Kw. en operación normal, se propone un grupo electrógeno de 60 Kw. de la marca F.G Wilson modelo P65E con motor Perkins. En la tabla No. 68, se describen los equipos proyectados con sus potencias nominales.

Tabla No. 6-8: Potencia nominal de los equipos

Equipo	Lugar utilizado	HP
Zaranda vibratoria de barrotos	Trituración	4.0
Zaranda vibratoria de malla	Trituración	7.0
Trituradora de quijadas	Trituración	12.0
Trituradora de cono	Trituración	15.0
Faja transportadora	Trituración	5.0
Faja transportadora	Trituración	5.0
Faja transportadora	Trituración	5.0
Tanque agitador	Cianuración agitación	7.0
Dos bombas para retorno de soluciones pobres	Cianuraciónpercolación	4.0
Dos bombas para recircular soluciones lixiviantes	Cianuraciónpercolación	2.0
Merrill crowe	Cementación	4.0
Horno de fundición	Calcinación, Fundición	0.5
Equipo de neutralización gases de calcinación-fundición	Calcinación, fundición	0.5
Equipo para neutralizar gases nitrosos (N ₂ O, NO)	Refinación	2.0
Trituradora de quijadas	Laboratorio	2.5
Pulverizador de discos	Laboratorio	0.5
Balanzas	Laboratorio	0.5
Mufla eléctrica	Laboratorio	2.5
Equipos para mantenimiento	Mecánica	5.0
Alumbrado	Planta y vivienda	7.0
Equipos para vivienda	Vivienda	3.0
Total:		94.0

Elaboración : Servigemab & Consulgemab S.A y Cía.

Estos 94.0 hp equivalen a 70 Kw. de los cuales 40 Kw. corresponden a la sección de preparación mecánica para lo cual se propone un moto generador de 60 Kw., para la demanda del resto de equipos se propone un moto generador de 40 Kw.

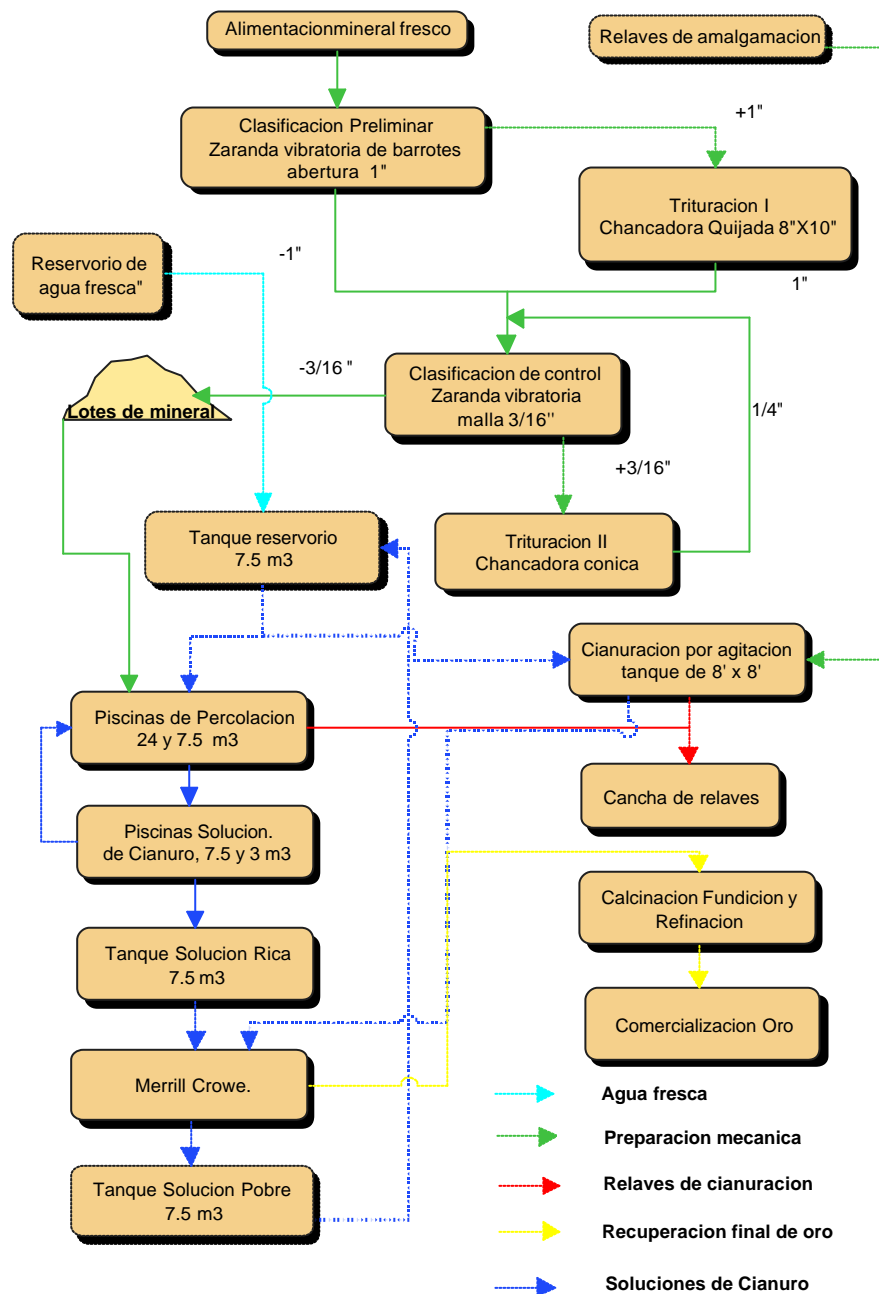
3.1.7 MANO DE OBRA

Para operar la planta se contará con tres grupos, dos grupos trabajan y el tercero se encuentra en stand by. La cantidad de trabajadores son once personas. la distribución esta descrita en costo de operación por personal.

3.2 DIAGRAMA DE FLUJO

En el diagrama de flujo se indica las diferentes operaciones a las cuales es sometido el mineral de la mina de Santa Filomena.

DIAGRAMA DE FLUJO PARA MINERAL SANTA FILOMENA



4 DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO PROYECTADO

4.1 CANCHA DE RECEPCIÓN DEL MINERAL

Es una loza de hormigón armado de 6m x 6m y de 30 cm de espesor. El lado de ingreso está a nivel del suelo natural para facilitar la entrada de los camiones que transportan el mineral. Por el lado posterior se tiene un espacio para la construcción del chute metálico de dimensiones de 1 m de ancho x 1 m de largo x 0.6 m de altura. En la superficie horizontal del chute se colocaran rieles de tal forma que el espacio entre ellos sea de 8".

4.2 CHANCADO PRIMARIO

Esta conformado por:

- Chute con su respectiva parrilla de rieles con abertura de 8".
- Zaranda vibratoria de 2' de ancho por 4' de largo con malla de barrotes y abertura de 1" con capacidad de 1 t / h. El equipo esta montado sobre una base de acero estructural con desnivel. El sistema de accionamiento está constituido por un motor eléctrico de 4 HP de 220/440 V y 6hz.hz., la transmisión es por faja en V desde el motor a una polea en el eje excéntrico del mecanismo vibratorio.
- Trituradora de quijadas de 8" x 10" y capacidad de 2 t / h a setting de 3/4". El equipo está montado sobre una base de acero estructural. El sistema de accionamiento esta constituido por un motor eléctrico de 12 HP de 220/440 V y 60 hz., la transmisión es por fajas en V desde el motor a una polea en el eje excéntrico del mecanismo de fuerza.
- Faja transportadora de 16" de ancho x 12 m de largo con inclinación de 10°. El equipo esta conformado por la polea motriz, de cola y polines de carga, montado sobre una estructura de ángulos de acero estructural y soporte de bastidor. El sistema de accionamiento esta constituido por un moto reductor de 5 Hp de 220/440 V y 60 Hz.

4.3 CHANCADO SECUNDARIO

Conformado por:

- Zaranda vibratoria de 3' de ancho por 6' de largo con malla de cocada cuadrada de 3/16" con capacidad de 2 t / h. El equipo está montado sobre un sistema de resortes de acero y apoyado a una base de acero estructural con desnivel. El sistema de accionamiento está constituido por un motor eléctrico de 7 HP de 220/440 V y 60 hz., la transmisión es por fajas en V desde el motor a una polea en el eje excéntrico del mecanismo vibratorio.
- Trituradora cónica de 1.5' y capacidad de 2 t / h a setting de 1 / 4 ". El equipo está montado sobre una base de acero estructural. El sistema de accionamiento está constituido por un motor eléctrico de 15 HP de 220/440 V y 60 hz., la transmisión es por fajas en V desde el motor a una polea en el eje del sistema de corona sin fin lubricado en baño de aceite que es recirculado mediante una bomba.
- Faja transportadora de 16" de ancho x 8 m de largo con inclinación de 20°. El equipo esta conformado por la polea motriz, de cola y polines de carga, montado sobre una estructura de ángulos de acero estructural y soporte de bastidor. El sistema de accionamiento esta constituido por un moto reductor de 5 Hp de 220/440 V y 60 Hz.

- Faja transportadora de 16" de ancho x 12 m de largo con inclinación de 7°. El equipo esta conformado por la polea motriz, de cola y polines de carga, montado sobre una estructura de ángulos de acero estructural y soporte de bastidor. El sistema de accionamiento esta constituido por un moto reductor de 5 Hp de 220/440 V y 60 Hz.

4.4 CANCHA DE MUESTREO Y FORMACIÓN DE LOTES

Es una loza de hormigón armado de 13 m de largo por 13 m de ancho y 25 cm de espesor. Aquí se formarán lotes de mineral triturado según grupos de mineros y se colectarán muestras para análisis de oro y plata.

4.5 PISCINAS DE PERCOLACIÓN Y SOLUCIÓN LIXIVIANTE

Esta conformado por:

- Cinco piscinas de 7.5 m^3 cada una, las dimensiones son 2.5 m de ancho x 2.5 m de largo y 1.2 m de profundidad. Las paredes son de hormigón armado de 20 cm de espesor y el fondo de 20 cm de espesor. En el fondo se construirán canales con el propósito de crear un fondo falso con ayuda de una lona y sobre la cual se colocará el mineral de cabeza triturado. Cada piscina tiene capacidad de 10 toneladas métricas, lo que representa 50 toneladas métricas totales en las cinco piscinas
- Cinco piscinas de 3 m^3 cada una, las dimensiones son 1.5 m de ancho x 2.0 m de largo 1 m de profundidad. Las paredes son de hormigón armado de 15 cm de espesor y el fondo de 20 cm de espesor. El fondo tendrá una leve inclinación hacia un lado lateral y en la parte inferior se adecuará un tubo de descarga de las soluciones y que servirá para realizar cada cierto tiempo la limpieza.
- Cinco piscinas de 24.0 m^3 cada una, las dimensiones son 4.0 m de ancho x 5.0 m de largo y 1.2 m de profundidad. Las paredes son de hormigón armado de 25 cm de espesor y el fondo de 25 cm de espesor. En el fondo se construirán canales con el propósito de crear un fondo falso con ayuda de una lona y sobre la cual se colocará el mineral de cabeza triturado. Cada piscina tiene capacidad de 32 toneladas métricas, lo que representa 160 toneladas métricas totales en las cinco piscinas grandes.
- Cinco piscinas de 8.8 m^3 cada una, las dimensiones son 2.5 m de ancho x 3.5 m de largo y 1 m de profundidad. Las paredes son de hormigón armado de 20 cm de espesor y el fondo de 20 cm de espesor. El fondo tendrá una leve inclinación hacia un lado lateral y en la parte inferior se adecuará un tubo de descarga de las soluciones y que servirá para realizar cada cierto tiempo la limpieza.
- Dos bombas, para recircular las soluciones de cianuro, de 1 1 / 4 " x 1 1 / 4 " con capacidad de 15 gpm cada uno y resistente a la corrosión, el sistema de accionamiento de cada bomba es mediante un motor eléctrico de 1 HP de 220/440 V y 60 Hz.
- Dos bombas, para retornar las soluciones de cianuro pobres desde la sección de cementación hacia los tanques reservorio colocados en serie, de 2 " x 1 1 / 2 " con capacidad de 98 gpm y altura dinámica de 21m cada uno. Las bombas son resistente a la corrosión, y el sistema de accionamiento de cada una es mediante un motor eléctrico de 2 HP de 220/440 V y 60 Hz.

4.6 RECUPERACIÓN DE LOS VALORES A PARTIR DE LAS SOLUCIONES RICAS CON POLVO DE ZINC

Esta conformado de:

- Una bomba de 3 / 4" x 1 / 2" con capacidad de 10 gpm y resistente a la corrosión, el sistema de accionamiento está constituido de un motor eléctrico de 1 HP de 220/440 V y 60 Hz. Esta bomba es la que alimenta la solución rica.
- Filtro para clarificar la solución rica.
- Columna de desoxigenación de la solución.
- Filtro para retener el precipitado zinc-oro.
- Accesorios, válvulas, mangueras y tuberías en pvc
- Alimentador de zinc, accionado por un motor eléctrico de 0.5 HP de 220/440V y 60 Hz.

4.7 CALCINACIÓN Y FUNDICIÓN DE LOS PRECIPITADOS DE ZINC-ORO

Estas operaciones de calcinación y fundición se realizaran en un mismo equipo, el cual está conformado de:

- Horno de ladrillo refractario y equipado con un blower de 4" de diámetro, de 0.5 HP de 220/440 V y 60 Hz.
- Equipo para captar y neutralizar los gases provenientes de las operaciones de calcinación y fundición. Este equipo tiene un blower de 4" de diámetro de 0.5 HP de 220/440 V y 60 Hz.
- Crisol de grafito No.60

4.8 REFINACIÓN

Esta constituido del equipo para captar y neutralizar los gases nitrosos producidos durante el ataque de la barra doré con ácido nítrico. El equipo es de cemento en la mayor parte combinado con tubería PVC, planchas de fibrolit, bomba de agua, blower, ductos para conducir los gases de nitrógeno, carbón de leña y urea. Las secciones que constituyen este equipo son:

- Sorbona.- lugar donde se coloca el recipiente metálico de acero inoxidable conteniendo la barra-dore previamente granallada, a este recipiente se vierte el ácido nítrico que al tener contacto con la granalla se desarrolla la reacción exotérmica. Esta reacción ocurre con emanación de gases de coloración rojiza por la presencia de los óxidos de nitrógeno. También se puede utilizar vasijas o tinajas de plástico.
- Tanque de neutralización.- los gases productos de esta reacción exotérmica son conducidos por una tubería a un tanque, en donde existe un par de tubos perforados y por donde circula agua a presión con ayuda de una bomba. De esta manera se provoca que los gases calientes ingresados al interior del tanque entren en contacto con agua pulverizada (a manera de una ducha de agua) pero alcalina por la adición de sosa cáustica. En esta sección los gases son neutralizados por absorción del agua alcalina atomizada y también ocurre un enfriamiento, acondicionamiento importante para la siguiente fase que es de oxidación. La bomba es de 1 1 / 2" resistente a la corrosión de 1.5 HP de 220/440 V y 60 Hz.

- Tanque de oxidación.- diseñado con el propósito de oxidar los gases de nitrógeno, estos entran en contacto con una mezcla de carbón de leña y urea. Esta reacción de igual forma es exotérmica por lo que para evitar un calentamiento las dimensiones del tanque tienen que ser lo suficientemente grandes y la granulometría del carbón la adecuada para obtener una buena permeabilidad del filtro.
- Succión: la succión de los gases a través de todo el equipo es realizada por un blower de 0.5 HP de 220/440 V y 60 Hz.

4.9 LABORATORIO

Equipo para preparación de muestras:

- Chancadora de quijadas de 3" x 4". Montado sobre una base de cemento. El sistema de accionamiento esta constituido por un motor eléctrico de 2.5 HP de 220/440 v y 60 Hz.
- Pulverizador de discos de 6" de diámetro. El sistema de accionamiento está constituido por un motor de 0.5 HP de 220/440 v y 60 Hz.
- Mesa de trabajo

Equipo para fundición de muestras y copelación:

- Mufla eléctrica con temperatura de operación de 1100° C y temperatura intermitente de 1200° C de 2.5 HP de 220/440 V y 60 Hz.
- Accesorios: pinzas para crisol y copela, lingotera, crisoles de arcilla y copelas

Equipo para análisis en vía húmeda:

- Vasos, pizetas, buretas, etc
- Mesa de trabajo

Equipo para medición de pesos:

- Balanza con capacidad para 1500 g y precisión de 0.1 g.
- Balanza electrónica con capacidad para 42 g y precisión de 0.01 mg.
- Mesa de trabajo

4.10 RESERVORIO DE AGUA FRESCA

Tiene capacidad de 102 m³, está construido de concreto armado, con paredes de 30.0 cm de espesor. El fondo es de hormigón armado de 30 cm de espesor. Las dimensiones externas del reservorio son 8.6 m de largo 8.6 m de ancho y 1.9 de profundidad.

La descarga del reservorio es lateral por la parte inferior, donde se instala 2 válvulas de bola, de 2" de diámetro, de acero inoxidable. Una de las válvulas es para el desagüe y lavado del reservorio, y la otra para el servicio de la planta. De esta válvula se instala la tubería de polietileno de 2" de diámetro para la distribución de agua a todos los sectores de la planta como son trituración, percolación, sección de calcinación-fundición-refinación, merill-crowe, mecánica, baños y vivienda.

4.11 RESERVOIRIO DE SOLUCIONES POBRES DE CIANURO (SOLUCIONES BARREN)

El reservorio de soluciones pobres está constituido de dos tanques colocados en serie, de tal forma que se bombea las soluciones al primer tanque transitorio y luego de este al segundo que está localizado a una altura mayor a las piscinas de percolación.

Los dos tanques son de igual capacidad volumétrica de 7.5 m³, y están contruidos de hormigón armado, con paredes de 17 cm de espesor. El fondo es de 20 cm de espesor. Las dimensiones internas son de 3.0 m de largo x 2.5 m de ancho y 1.0 m de profundidad.

La descarga del reservorio es lateral y por la parte inferior, donde se instala dos válvulas de acero inoxidable (de bola) de 2" de diámetro, una para el flujo normal de la solución, y la otra para el desagüe y limpieza del reservorio.

4.12 TALLER DE MECÁNICA

Para realizar un mantenimiento de los equipos proyectados, la planta dispondrá de un taller de mecánica equipado con lo siguiente:

- Equipo de soldar eléctrica de 220 V, 280 Amp, 60 hz.
- Equipo de soldadura autógena y oxicorte, marca victor-USA, modelo medalist 350
- Esmeril de 6 " de diámetro de 0.25 HP, 220/440 V y 60 Hz.
- Compresor con capacidad de 30 l y 126 l/min, presión de 180 psi de 1.5 HP de 220/440 V y 60 Hz.
- Taladro de 1 / 2 " de 0.5 HP de 220/440 V y 60 Hz.
- Entenalla de 6 ".
- Amolador de 7-9" de 1.5 HP de 220/440 V y 60 Hz.
- Accesorios: bandas, llaves, etc.

5 DESCRIPCIÓN DE LAS OPERACIONES

5.1 TRANSPORTE Y RECEPCIÓN DEL MINERAL

El mineral es transportado, en camiones pertenecientes a SOTRAMI, a granel ó en saquillos a la plataforma de recepción en donde es pesado con ayuda de una balanza de plataforma y luego colocado en el chute. El chute tiene una parrilla con abertura de 8", de tal forma que el mineral mayor a 8" es retenido y reducido con ayuda de un combo, mientras que el mineral menor a 8" pasa a través de esta parrilla e ingresa al chancado primario.

5.2 CHANCADO PRIMARIO

El mineral menor a 8" ingresa a la zaranda vibratoria de barrotes con abertura de 1", de tal forma que el mineral es clasificado, el producto grueso a esta malla ingresa a la chancadora de quijadas para ser triturado hasta un tamaño máximo de 1". Este producto triturado más el producto que paso por la malla de barrotes es recibido en una misma faja transportadora y trasladado hacia el chancado secundario.

5.3 CHANCADO SECUNDARIO

El chancado secundario está constituido por una chancadora cónica y una zaranda vibratoria en circuito cerrado, de tal forma que el producto con tamaño máximo de 1" (producto resultante del chancado primario) es alimentado con ayuda de la faja transportadora antes mencionada a la zaranda vibratoria con malla 3 / 16", el mineral grueso a esta malla ingresa con ayuda de otra faja transportadora a la chancadora cónica para ser triturado hasta un tamaño máximo de 1 / 4". El producto triturado en la chancadora cónica es recibido en la misma faja transportadora del chancado primario y recirculado al chancado secundario. El producto inferior a 3 / 16" es recibido en una faja transportadora y trasladado a la cancha de acopio para formar los respectivos lotes de mineral según los grupos de mineros.

5.4 CANCHA DE MUESTREO

El mineral con tamaño máximo de 3 / 16" (producto final del chancado secundario), es acumulado con ayuda de una faja transportadora en la cancha de acopio para formar lotes Según los grupos de mineros. Estos lotes pueden ser máximo de 10 ó 32 toneladas métricas. Aquí se tomarán muestras de mineral de cada lote para determinar el contenido de oro y plata.

5.5 CIANURACIÓN POR PERCOLACIÓN

El circuito de cianuración por percolación esta constituido de cinco piscinas con capacidad para 10 toneladas métricas con sus respectivas piscinas de 3 m³ de capacidad para recibir la solución de cianuro de sodio que percola a través de todo el mineral. De cinco piscinas con capacidad para 32 toneladas métricas con sus respectivas piscinas de 8.8 m³ de capacidad

para recibir la solución de cianuro de sodio que percola a través de todo el mineral. Esto significa que la capacidad de las 10 piscinas es de 210 toneladas métricas al mes.

El mineral, una vez conocido el peso y el contenido de oro y plata, es transportado con carretillas a las respectivas piscinas según el tonelaje. Previamente el fondo de la piscina tiene que estar cubierto con una lona que cumple el rol de filtro para contener los sólidos y permitir el paso de la solución lixivante de cianuro de sodio. Conforme se carga el mineral se añade cal por toda el área en forma de capas, para dar el pH alcalino necesario para que el proceso de cianuración se desarrolle. La altura de llenado con el mineral en las piscinas es de 1.1 m, quedando 10 cm libres para albergar la solución lixivante y evitar posibles derrames de solución.

Luego de cargado el mineral con la cal, se procede a preparar la solución de cianuro de sodio al momento de arranque de la planta, posteriormente solo será necesario añadir agua fresca a las soluciones pobres, ya que por causas de evaporación y retención de solución en las arenas se pierde agua.

Las piscinas pequeñas para recibir las soluciones lixivantes están ubicadas junto a cada piscina de percolación, de tal forma que la solución que percola por toda la masa de mineral es recibida por gravedad. Luego que la solución a percolado, nuevamente se recircula al proceso con ayuda de una bomba. Existirán dos bombas, una para recircular las soluciones hacia las piscinas con capacidad de 10 toneladas, y la otra para el circuito de 32 toneladas cada piscina.

Una vez comprobado que las soluciones contienen oro (soluciones ricas), estas son transportadas por gravedad desde cada piscina hacia una tubería central, la cual se une con la piscina que almacena temporalmente las soluciones ricas de la sección de cementación.

5.6 RECUPERACIÓN DE LOS VALORES A PARTIR DE LAS SOLUCIONES RICAS CON POLVO DE ZINC

El circuito de recuperación de los valores (oro, plata) a partir de las soluciones de cianuro con polvo de zinc, está constituido de dos piscinas de 9 m³ cada una y el equipo Merrill Crowe.

Las soluciones ricas son transportadas por tubería desde la sección de percolación a una de las piscinas, y desde esta con ayuda de la bomba de alimentación del equipo Merrill Crowe se bombea la solución pasando a través de un filtro con la finalidad de retener impurezas, luego la solución clarificada ingresa a una torre conectada con una bomba de vacío, para desoxigenar, de esta manera la solución está lista para entrar en contacto con el polvo de zinc alimentado según el contenido de oro, plata y el caudal. Seguidamente la solución que contiene el precipitado de zinc-oro y otros metales pasa a través de un filtro con bentonita, donde se retiene el precipitado para luego de terminado el proceso retirarlo.

La solución pobre es recibida en la otra piscina de la sección de cementación y luego de esta es transportada por tubería con ayuda de una bomba hacia el tanque de almacenamiento de soluciones pobres. Este tanque se ubica en una cota mayor a las piscinas de percolación, por lo que por gravedad a través de una tubería se distribuye a cada una las piscinas que contienen nuevo mineral.

5.7 CALCINACIÓN Y FUNDICIÓN DE LOS PRECIPITADOS DE ZINC-ORO

El precipitado retirado del equipo Merrill Crowe, estará húmedo, por lo que es necesario secar, para este propósito se utiliza un recipiente de acero inoxidable en donde se coloca la carga, luego el recipiente es llevada a la sección del horno y sometida (recipiente más carga) a la acción del fuego a baja intensidad y evitar posibles derrames del precipitado.

Una vez que esta seca la carga o calcina se deja enfriar, para luego pesar y mezclar con bórax en una relación 1 – 1.2 Kg. bórax por Kg. de calcina.

Posteriormente la mezcla se vierte en un crisol de grafito con capacidad de 60 lb, dejando un espacio libre para cuando hierva, bajo la acción del fuego, la mezcla no se derrame.

Terminado el proceso de fusión de la carga sólida, el crisol de grafito con ayuda de tenazas es retirado del interior del horno, se vierte el contenido líquido a una lingotera. La fase metálica por ser la más pesada se forma en la parte inferior, mientras que la fase liviana y que se conoce como escoria se forma en la parte superior.

Luego que se forman estas dos fases, la escoria se retira y se almacena para a futuro remoler y recuperar oro que se perdió en el proceso de fundición, mientras que la fase metálica es llevada al estado líquido con ayuda de un soplete a base de carburo-oxígeno. La carga líquida es vertida a un volumen de agua agitada, y debido a este efecto se formaran granallas de metal, estas granallas tendrán un mejor contacto entre el ácido y los metales y como consecuencia una mayor velocidad de reacción.

5.8 REFINACIÓN DE LA BARRA DORE

Las operaciones de refinación se realizarán en el equipo para captar y neutralizar los gases nitrosos (mezcla de gases N_2O , NO). Así, tenemos que las granallas metálicas se colocan en un recipiente de acero inoxidable, el cual es colocado en la sorbona del equipo, seguidamente se adiciona pequeños volúmenes de ácido nítrico sobre las granallas produciéndose instantáneamente la reacción y que se manifiesta por la presencia de gases de coloración amarillo-rojiza.

Estos gases son arrastrados desde la sorbona a través de dos compartimientos del equipo por acción de un blower; en el primer compartimiento sucede el enfriamiento y alcalinización por la presencia de una ducha de agua que contiene sosa cáustica y en el segundo se produce una oxidación de los gases nitrosos por la presencia de carbón y urea. Se utiliza ácido nítrico ya que tiene la propiedad de llevar a solución todos los metales presentes en la granalla a excepción del oro, que se precipita en el fondo del recipiente. Durante el proceso de refinación se añade un pequeño volumen de agua.

Terminada la reacción entre las granallas metálicas y el ácido, ya que no se desprende más gases, se retira la solución ácida conteniendo metales diluidos como plata, cobre, zinc hacia otro recipiente de almacenamiento de soluciones ácidas, mientras que en el fondo se queda el precipitado de oro que es retirado y secado.

El precipitado de oro, que es un polvo de coloración negruzca, es mezclado con pequeñas cantidades de bórax y colocada en un recipiente de arcilla. Con ayuda de un soplete se

fusiona la carga y una vez líquida, es vertida en una lingotera. El producto es una pequeña barra de oro con una pureza superior al 98 %.

5.9 CANCHA DE RELAVES

5.9.1 UBICACIÓN

El dique o cancha de relaves en vista de las condiciones topográficas y geológicas se ubicara a una cota más baja que la planta y junto a la misma, es decir al Sureste de la sección de cianuración por percolación.

El clima del sector es seco desértico, con temperaturas promedio de: máximo 27° C y mínimo 16° C; la evaporación es de alrededor de 4,5 mm/día.

5.9.2 PARÁMETROS DE OPERACIÓN

□ Mineral		
Densidad específica		2,729 g / cm ³
Densidad aparente		1,56 g / cm ³
□ Parámetros Producción		
Capacidad de planta	10	Tm/día
Producción de relaves	210	TM/mes
	2520	TM/año
□ Parámetros Relave		
pH del relave		10,5
Concentración máxima de cianuro	0.5	g/L

5.9.3 MODO DE OPERACIÓN DE LA CANCHA DE RELAVES

Asumiendo que el sistema de percolación esta trabajando a full, y desde el primer día, se tendría al final del primer mes 210 toneladas de relaves-colas de percolación que deberán ser evacuadas desde las piscinas al espacio delante de las mismas, donde los relaves se almacenarán en forma temporal hasta su evacuación al dique de colas.

Con la ayuda de una cargadora frontal pequeña se hará el carguío de los camiones de SOTRAMI que serán los encargados de transportar los relaves desde la planta al dique.

Por la vía de acceso el camión ingresará a la parte baja, donde el dique es mas alto (parte frontal del dique) para descargar los relaves de percolación, los cuales se esparcirán a manera de una capa.

Según este esquema de trabajo, se tiene las siguientes condiciones de operación para el desalojo y almacenamiento de relaves:

Parámetros Evacuación

Tonelaje a evacuar	210	Ton/mes
Viajes día	10	viajes/día
Capacidad volquetes	20	Toneladas

Cálculo del Área del Dique

En vista de las características de la planta de SOTRAMI y tomando en cuenta la posibilidad de expansión de la misma, se ha realizado el cálculo para diques de tres diferentes capacidad de almacenamiento; así se ha realizado cálculos para un dique de 3, 4 y 6 metros de altura.

En vista del monto de inversiones y las necesidades técnicas, de seguridad frente a riesgos de fenómenos geológicos y sobre todo las exigencias ambientales para el almacenamiento de este tipo de relaves, se propone el diseño de un dique con una altura de 3 metros.

Datos de Volúmenes de la Cancha de Relaves

Curva de nivel	Superficie	Altura	Volumen
msnm	m ²	m	m ³
1262	233.6	0.8	186.88
1263	572	1.5	858.45
1264	1080.9	2.5	2702.3

El dique con el pie o base en la cota 1262, en el cuadro se presenta el cálculo del volumen para el 1ro, 2do y 3er metro de relleno. Así al terminar de llenar el dique, la capacidad del mismo es de 2702 m³. Que bajo compactación puede llegar a almacenar unas 5000 toneladas.

Capacidad de Almacenamiento del Dique

Relaves cianurados	Densidad mineral	Volumen mensual	Volumen anual	Tiempo	
				Meses	año
t/mes	t/ m ³	m ³ /mes	m ³ /año		
210	1.56	134.6	1615.4	20.1	1.7

Por lo tanto el tiempo de vida útil del dique de 3 metros de altura es de:

Tiempo de Vida Útil = Volumen / Volumen Anual de Relaves

Tiempo de Vida Útil = 2702.3 / 1615.4 = 1.67 años

5.9.4 DISEÑO DE LA CANCHA DE RELAVESPreparación del Terreno

El terreno es una superficie mas o menos inclinada, ubicada en la parte Oeste del cono de deyección deluvial en la subida a Santa Filomena; que esta conformada por material deluvial constituido principalmente de clastos angulares de una monzo-diorita de coloración pardo-rojiza, con tamaños variables de hasta 15 cm de diámetro, rellenos con sedimentos arenosos y limosos. El porcentaje clastos vs. sedimentos es de 75 vs. 25.,

Otra particularidad es que la vía a Santa Filomena pasa por el terreno, por lo que habría que considerar el desvío de la misma hacia el Sureste.

La primera actividad para la construcción del dique es la de suavizar el terreno para obtener una superficie que partiendo de la cota 1262 se incline con una pendiente del 5% para llegar a la cota de cierre 1264. Esto además permitirá que se pueda tener una superficie adecuada para la impermeabilización sea con geo-membrana o con materiales de préstamo del cono deluvial vecino

Construcción de la Presa de Contención

El dique y cuerpo de la presa se construirá con material del mismo lugar, y del cono de deyección vecino (vía hacia Jaqui).

Parámetros del dique

Altura del dique	3 metros
Ancho de coronación	3 metros
Talud exterior	1 Vertical x 1.5 Horizontal
Talud interior	1 Vertical x 1 Horizontal
Cota de coronación	1264 msnm
Ancho en parte frontal	10,50 metros

Cálculo Estimado de Relleno para Construcción del Dique

Altura	Volumen / ml	Longitud	V total / m ³
3.0	20.92	45.00	941.40
2.0	8.50	60.00	510.00
Volumen Estimado para Conformar el Dique			1451.40

Sin tener información sobre la densidad del material del sitio y del material de préstamo, se estima que se requiere para conformar el cuerpo del dique un volumen de 1400 a 1500 metros cúbicos de material; el cual será en un 75% de préstamo (del cono de deyección del frente) y un 25 % del material del mismo lugar.

Para la construcción del dique se procederá de la siguiente manera:

- ❑ Suavizar la superficie del terreno destinado para el dique
- ❑ Suavizar y compactar la franja que ocupará el cuerpo del dique, según el diseño propuesto y de acuerdo al plano
- ❑ Cerrar la parte Norte del dique, donde se tendrá una obra civil para desviar el cauce viejo de la quebrada seca (Quebrada Santa Rosa) que desciende desde Santa Filomena
- ❑ Se construirá una cuneta de coronación en la parte Norte del dique
- ❑ Luego se procederá a construir el dique capa a capa, para esto se colocará el material (75% material de préstamo-arenas-limosas y 25% del material del mismo lugar) para que la moto-niveladora proceda a mezclarlo y repartir una capa de 50 cm de potencia a lo largo y según las dimensiones del cuerpo del dique
- ❑ Sobre el material esparcido el tanquero verterá agua para que el rodillo pata de cabra proceda a la compactación de la capa colocada
- ❑ Así se procederá capa a capa hasta alcanzar la altura de 3 metros es decir la cota 1264 msnm

- ❑ Finalmente la moto-niveladora procederá con la cuchilla en ángulo a dar el talud recomendado tanto al interior del dique, como en la parte exterior.

La Impermeabilización del Terreno

Considerando que se colocará relaves con un máximo del 15% de humedad y con un contenido de cianuro 0.5 g/L, se ha analizado dos alternativas para la impermeabilización del vaso del dique y el almacenamiento (temporal) de los relaves de la cianuración por percolación.

- ❑ Con geo-membrana
- ❑ Con materiales areno-limosos de préstamo (cono de deyección vecino)

Es necesario tener en cuenta que con las condiciones climáticas existentes en la zona, la capacidad de generación de drenajes con cianuro y drenajes ácidos, es muy baja; ya que la evaporación durante la mitad del día es alta.

Sin embargo se debe tomar en cuenta dos aspectos para la construcción del dique por cualquiera de las dos alternativas: **la ambiental y la económica.**

- ❑ La geo-membrana garantiza una total impermeabilidad pero es de costo mas alto;
- ❑ La propuesta con arena-limosa, es de menor impermeabilidad, de costo mas bajo, se puede hacer con el equipo consultor; y consideramos que para el caso de la planta de SOTRAMI, con el diagrama de flujo propuesto, el dique por esta segunda alternativa cumple con las necesidades de almacenamiento para su posterior reciclaje (cianuración por agitación)

En el primer caso: en vista de la existencia de empresas especializadas en la colocación de la geo-membrana, se recomienda subcontratar este rubro

El segundo caso: Sobre la superficie suavizada en el vaso del dique, se colocará una capa de 10 a 20 cm de potencia del material areno-limoso, el cual se humedecerá con la ayuda del tanquero a fin de proceder con el rodillo pata de cabra a compactarlo.

El trabajo de compactación se puede hacer por secciones de Sur a Norte y con un avance de Este a Oeste.

Se ha considerado además que el diseño propuesto, en la eventualidad de que la planta aumente su producción y cambie el diagrama de flujo por el de cianuración por agitación, sea la base para la construcción de un dique de 4 ó 6 metros, destinado para almacenar pulpas de cianuración y al cual se puede colocar geo-membrana.

Por lo tanto si bien se propone el diseño de dique de 3 metros, se debe dejar anotado que el equipo consultor cuenta con los cálculos estimados para el dique de 4 y 6 metros de alto.

Lo interesante de la propuesta del dique es que se aprovecharía la inversión realizada en la construcción del dique de 3 metros para luego desde la misma incrementar el dique a una de 4 ó 6 metros.

5.10 ABASTECIMIENTO DE AGUA FRESCA

El abastecimiento de agua fresca para la planta y otras necesidades se realizará desde el reservorio de 102 m³. A este tanque se alimentará periódicamente agua fresca desde el canal que pertenece a la Planta Corijaqui.

Debido a la diferencia de altura entre el tanque de la planta de percolación y el canal, la alimentación será por gravedad a través de una tubería de 4”.

5.11 ENERGÍA ELÉCTRICA

Para abastecer de energía eléctrica a la planta se contará con dos moto generadores, uno de 60 Kw. y 40 Kw. nominales, el primero abastecerá la sección de trituración con demanda de 40 Kw. en operación normal, esto representa el 70 % de la capacidad nominal del generador. El segundo cubrirá la demanda de la sección de cianuración por percolación, cementación, calcinación-fundición, refinación, mecánica, laboratorio, vivienda y otros servicios menores con demanda de 30 Kw. en operación normal, esto representa el 75 % de la capacidad nominal del moto generador.

6 COSTO DEL PROYECTO

6.1 COSTO DE LOS EQUIPOS PROYECTADOS

Tabla No. 8-1: Costo de los equipos proyectados

Descripción de los Equipos	Precio, US \$
1. Sección trituración	
Zaranda vibratoria de barrotes 2' x 4'	2,183.00
Zaranda vibratoria de malla 3' x 6'	2,714.00
Trituradora de quijadas 8" x 10"	6,431.00
Trituradora de cono 1.5'	25,370.00
Faja transportadora de 16" x 12 m	5,664.00
Faja transportadora de 16" x 12 m	5,664.00
Faja transportadora de 16" x 8 m	5,192.00
Balanza de plataforma de 1.2 m x 1.2 m con capacidad de 1 T.M	753.00
Subtotal 1:	53,971.00
2. Sección cianuración	
Tanque agitador 8' x 8'	7,450.00
Dos Bombas retorno soluciones pobres 2" x 1 1 / 2", 98 gpm, 21 m	1,404.00
Dos Bombas para recircular soluciones lixiviantes 1 1 / 4" x 1 1 / 4", 15 gpm, 6 m de altura dinámica	732.00
Subtotal 2:	9,586.00
3. Sección cementación	
Merrill crowe	4,000.00
Subtotal 3:	4,000.00
4. Sección calcinación-fundición-refinación	
Horno de fundición	500.00
Equipo para neutralización gases de calcinación-fundición	1,000.00
Equipo para neutralizar gases nitrosos (N ₂ O, NO)	900.00
Subtotal 4:	2,400.00
5. Laboratorio	
Trituradora de quijadas	2,000.00
Pulverizador de discos	2,608.00
Balanza electrónica Boeco-Alemania, BBA-51, 4100 g / 0.01 g	1,499.00
Balanza electrónica Boeco-Alemania, BBC-22, 60 g / 0.00001g	3,212.00
Mufla eléctrica Neytech A34 digital serie vulcan, 50-1100° C	3,483.00
Accesorios	
Subtotal 5:	12,802.00
6. Mecánica	
Máquina de soldar eléctrica de 280 A corte/soldadura	802.00
Equipo de soldadura autógena y oxicorte, modelo medalist 350	354.00
Esmeril de 6"	70.00
Compresor de 30 litros, 126 l/min	300.00
Taladro de 1/2"	190.00
Entenalla de 6"	100.00
Amolador de 7" – 9"	300.00

Accesorios	200.00
Subtotal 6:	2316.00
7. Generación de energía eléctrica	
Grupo electrógeno de 60 Kw., Wilson-Perkins	11,045.00
Grupo electrógeno de 40 Kw., Wilson-Perkins	9,086.00
Subtotal 7:	20,131.00
8. Maquinaria minera	
Mini cargadora frontal modelo CASE 1845C, con motor Cummins y sistema hidráulico ZF, cucharón de 0.4 - 0.6 m ³ y altura de 2.9 m	*****
Subtotal costo equipos proyectados	105,206.00

6.2 COSTO OBRAS CIVILES

Tabla No. 8-2: Obras civiles para construir la planta de percolación

Descripción Obras Civiles	Costo, US \$
1. Reservorio de agua	11,116.00
2. Campamento para administración y vivienda	13,493.00
3. Cinco piscinas de percolación con capacidad de 24 m ³ c/u	10,273.00
4. Cinco piscinas de percolación con capacidad de 7.5 m ³ c/u	3,335.00
5. Cinco piscinas para soluciones de cianuro de 8.8 m ³ c/u	4,780.00
6. Cinco piscinas para soluciones de cianuro de 3.0 m ³ c/u	1,840.00
7. Piso maquinaria trituración- molienda	12,282.00
8. Tanque soluciones rica y pobre	2,072.00
9. Piso área calcinación fundición refinación	529.00
10. Piso laboratorio	326.00
11. Baños 4 unidades	1,718.00
12. Cubierta área de trituración - molienda	14,980.00
13. Cubierta área de percolación-laboratorio- mecánica-bodega	55,692.00
Subtotal planta percolación	132,476.00

Tabla No. 8-3: Obras civiles para construir la cancha de relaves

Descripción de Obras Civiles	Costo Unitario	Costo US \$
1. Preparación del terreno, volumen de material de relleno 1452 m³		
Transporte de material	16.5 US \$ / viaje	1,998.00
Moto niveladora Caterpillar 135-H	330.4 US \$ / día	2,498.00
Rodillo Vibratorio Caterpillar CS-533C	330.4 US \$ / día	2,498.00
Tanquero de agua	330.4 US \$ / día	2,498.00
Mano de obra	60 US \$ / día	454.00
Cargadora frontal Jhon Deere 644 G	377.6 US \$ / día	2870.00
Imprevistos		2,104.00
Subtotal 1:		14,920.00
2. Colocación geomembrana, área de 1500 m²		
Geomembrana HDPE	3.0 US \$ / m ²	4,500.00
Instalación	1.0 US \$ / m ²	1,500.00
Movilización		2,000.00
Impuestos		1,440.00
Subtotal 2:		9,440.00
Subtotal Cancha de Relaves		24,360.00

6.3 COSTO TOTAL

El costo total del proyecto es de **262,042.00 \$ US**

6.4 COSTO DE OPERACIÓN PARA LA PLANTA DE PERCOLACION DE 210 TM / MES

6.4.1 REACTIVOS QUÍMICOS

Reactivo	Consumo, Kg / Tm.	Costo, US \$ / Tm.
Cianuro de sodio	3.55	7.10
Cal	1.70	0.85
Polvo de zinc	0.11	0.46
Bórax	0.13	0.23
Ácido nítrico	0.15	0.17
Acetato de plomo	0.01	0.06
Subtotal reactivos químicos		8.87

6.4.2 FORROS DE TRITURADORAS

Forros	Consumo, Kg / Tm.	Costo, US \$ / Tm.
Trituradora de quijadas	0.081	0.10
Trituradora cónica	0.109	0.14
Otros		0.12
Subtotal forros		0.36

6.4.3 PERSONAL DE OPERACIÓN

Actividades	Nro. Trabajadores	Costo, US \$ / día
1. Trabajadores		
Trituración	2	17.0
Cianuración	2	17.0
Cementación	1	8.5
Fundición-refinación	1	8.5
Electro-Mecánico	1	8.5
Laboratorista	1	8.5
Sobre tiempo		34.0
Subtotal costo directo:		102.0
2. Administración		
Administrador	1	10.0
Chofer	1	8.5
Cocinero	1	8.5
Sobre tiempo		13.5
Subtotal:		40.5
Total :		142.5
Imprevistos:		45.0
Subtotal personal		187.5

Considerando que la planta funciona durante 30 días, tenemos

$$187.50 \text{ US \$ } \times 30 \text{ días} / 210 \text{ t/ mes} = \mathbf{26.79 \text{ US \$ / T.M}}$$

6.4.4 GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA

Generador	% carga	gl diesel/h	US \$ / gl	US \$ / Kw.-h	Kw.-hr/mes	US \$ / mes
40 Kw.	75	2.74	2.28	0.208	20,160.00	4,193.00
60 Kw.	75	3.30	2.28	0.167	11,250.00	1,879.00
Subtotal energía eléctrica						6,072.00

Considerando que al mes se trituran 210 T.M / mes, tenemos

$$6,072.00 \text{ US \$ / mes} / 210 \text{ Tm. / mes} = \mathbf{28.91 \text{ US \$ / T.M.}}$$

6.4.5 REPUESTOS Y LUBRICANTES

Descripción	US \$ / mes	US \$ / Tm.
Repuestos	252.00	1.20
Lubricantes	84.00	0.40
Subtotal repuestos y lubricantes		1.60

6.4.6 ALIMENTACIÓN

Nro. Trabajadores	US \$ / mes	US \$ / Tm.
11	1650.00	7.86

6.4.7 LABORATORIO

Muestra	Análisis	US \$ / muestra	Nro muestra/lote a	US \$ / Tm.
Sólida	Au, Ag	6.00	12.0	7.20
Líquida	Au, Ag	2.00	22.0	4.40
Líquida	CNNa	0.80	22.0	1.76
Líquida	PH	0.20	22.0	0.44
Subtotal análisis del lote A				13.80

Muestra	Análisis	US \$ / muestra	Nro muestra / lote b	US \$ / Tm.
Sólida	Au, Ag	6.00	34.0	6.38
Líquida	Au, Ag	2.00	22.0	1.38
Líquida	CNNa	0.80	22.0	0.55
Líquida	PH	0.20	22.0	0.14
Subtotal análisis lote B				8.45

Se formarán cinco lotes A, los cuales serán colocados en cinco piscinas con capacidad de 10 Tm. cada una. De igual manera se formarán cinco lotes B que serán colocados en cinco piscinas de 32 Tm. de capacidad cada una.

$$\left((13.80 \text{ US\$ / Tm.} \times 10 \text{ TM} \times 5) + (8.45 \text{ US \$ / Tm.} \times 32 \text{ TM} \times 5) \right) / (210 \text{ Tm. / mes}) = \mathbf{9.72 \text{ US \$ / T.M.}}$$

6.4.8 EVACUACIÓN DE COLAS DE CIANURACIÓN HACIA LA CANCHA DE RELAVES

Capacidad de evacuación de los relaves cianurados es 210 Tm. / mes, y asumiendo que el material será evacuado hacia la cancha de relaves mediante una mini cargadora frontal pequeña con capacidad de cucharón entre 0.4 – 0.6 m³, el costo de operación es de 13.59 US \$ / h lo que representa **2.89 US \$ / Tm.**

Resumiendo tenemos que el costo de operación de la planta de percolación es de **87.00 US \$ /T.M.**

Rubro	Costo, US \$ / Tm.
1. Reactivos químicos	8.87
2. Forros	0.36
3. Personal	26.79
4. Generación de energía eléctrica	28.91
5. Repuestos y lubricantes	1.60
6. Alimentación	7.86
7. Laboratorio	9.72
8. Evacuación de relaves de cianuración	2.89
Costo total operación	87.00

7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- La ubicación de la planta de percolación brinda seguridad durante las operaciones.
- Fácil abastecimiento del recurso agua a partir del canal perteneciente a la Planta Corijaqui a través de un convenio de cooperación entre los involucrados.
- Por los equipos proyectados para la sección de trituración, fácilmente la planta puede superar el 150 %, considerando que triturará máximo 10 Tm / día proyectadas durante 21 días. Desde esta perspectiva para cambiar el proceso de cianuración mediante la percolación por el de cianuración por agitación con carbón en lixiviación, se tiene que proyectar el equipo de molienda, clasificación y tanques agitadores para tratar 25 TM / día.
- Los costos de operación de la planta de cianuración por percolación y recuperación del oro a partir de las soluciones mediante el Merrill-Crowe, es de 87.00 US \$ / T.M. Valor que puede ser disminuido mediante la optimización de la mano de obra a través de la capacitación y cumplimiento de un cronograma de funcionamiento de los grupos electrógenos.
- La operación de la planta es sencilla, bajo capacitación permite el manejo de las operaciones por parte de los mineros de SOTRAMI.
- La información de costos de los equipos, mano de obra y materiales proyectados para la construcción fueron obtenidos de fuentes peruanas, y aunque hubo cierta dificultad en la obtención, los mismos conjugan la inversión inicial y la sostenibilidad del proyecto.
- El costo total del proyecto es de 262,042.00 \$USA
- Se recomienda, que para la evacuación de los relaves de cianuración por percolación, la adquisición de una mini cargadora frontal modelo CASE 1845 C equipada con motor Cummins y sistema hidráulico ZF con capacidad del cucharón entre 0.4 m³ - 0.6 m³ y altura de levantamiento de 2.9 m. El costo del equipo es de 35,164.00 US \$, permitiendo un mejor manejo de las operaciones de la planta y otras actividades como mantenimiento de carretera y cancha de relaves.
- La construcción y operación de la planta beneficiará directa ó indirectamente a la población de mineros artesanales que trabajan en la mina Santa Filomena, mejorando sus ingresos económicos, lo que puede permitir explotar adecuadamente el yacimiento, alargando de esta manera la vida de la mina.



FOTOGRAFÍAS

Materiales Gráficos, Otros

En forma adjunta a la presente Memoria Técnica, se incluye un paquete de planos, donde se ilustra las instalaciones de la planta, con sus diferentes secciones, vistas tanto en planta como en corte.

Así mismos se incluye una versión digital de todos los documentos que forman parte de la presente consultoría

Mapas

- Vista en planta y corte de la sección de preparación mecánica
- Vista en planta y corte de la sección de percolación, mecánicas, bodega, laboratorio y vivienda
- Plano topográfico con ubicación de las instalaciones de la planta
- Sección de trituración con la sección de moliendo prevista para la expansión de la planta a futuro y cambio al proceso de cianuración por agitación