

# **UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**

FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA MINERA Y METALURGICA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA METALURGICA



## **OPERACIÓN DE FILTRADO Y DISPOSICIÓN DE RELAVE EN SECO DE UNA PLANTA CONCENTRADORA POLIMETALICA**

INFORME DE COMPETENCIA PROFESIONAL

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

INGENIERO METALURGISTA

**ELABORADO POR:**

VICTOR WESLY RUIZ MASGO

**ASESOR**

ING. DAVID PEDRO MARTINEZ AGUILAR

**LIMA – PERU**

**2013**

## AGRADECIMIENTO:

Esta tesis es esta dedicada a mis padres Norma y Máximo, a quienes agradezco de todo corazón por su amor, cariño y comprensión. En todo momento los llevo conmigo.

Agradezco a mi hermano Máximo por la compañía y el apoyo que me brinda. Sé que estará conmigo siempre.

Agradezco haber encontrado el amor y compartir mi existencia con ella. Mi esposa Milagros. Así mismo la alegría de tener tres hermosos hijos que son mi adoración: Daniel, Adriano y Rodrigo.

Agradezco a Dios por llenar mi vida de dicha y bendiciones.

Agradezco a mi país porque espera lo mejor de mí.

Agradezco a mis profesores por su disposición y ayuda brindada.

Agradezco a Raúl por todo el apoyo brindado.

## RESUMEN

La Unidad Minera Cerro Lindo perteneciente a Compañía Minera Milpo S.A.A, es un yacimiento polimetálico de sulfuros de zinc, cobre y plomo, que cuenta con aplicaciones de tecnología de punta para el desarrollo de todas sus operaciones, con tratamiento de 15000 TMSD. Pero en la explotación de este tipo de yacimiento no se percibía fácilmente la factibilidad económica, siendo una restricción principal **“la falta de agua en esta zona”**.

La totalidad de las aguas generadas en Planta Concentradora, Mina y Campamentos son recirculados al proceso, cumpliendo con el Vertimiento CERO compromiso asumido por la empresa en el EIA.

La tecnología consistió en el uso de agua de mar a pesar de la distancia de más de 60 Km existentes entre el mar y la unidad minera, paralelamente al compromiso de Vertimiento Cero en las operaciones Mineras; con lo cual se tiene asegurada la convivencia armónica entre la comunidad y la empresa.

Además, el sistema de disposición de relaves a partir del relave filtrado genera un impacto positivo al usar espacios reducidos para disponer el relave (debido a la geografía de la zona) y recuperar un mayor volumen de agua que retorna a las operaciones de la Planta Concentradora.

En el trabajo se describe el desarrollo de la tecnología de aplicación de agua de mar en las operaciones mineras, principalmente en el comportamiento metalúrgico de los valores metálicos y los métodos aplicados para cumplir con el vertimiento CERO aguas abajo. Además se detalla el proceso de Filtrado de Relaves y la operación de disposición del relave filtrado.

## **ABSTRACT**

The Cerro Lindo Mining Unit that belongs to Milpo SA Mining Company is a polymetallic deposit of sulphide zinc, copper and lead, which has applications in high technology for the development of all its operations, including the treatment of 15000TMSD. Nevertheless in the exploitation of this type of deposit was, the economic feasibility not easily perceived being a main restriction "lack of water in this area". All the water generated in Concentrator Plant, Mine and Campgrounds are recirculated to the process, in line with the ZERO POURING commitment. Commitment assumed by the company in the EIA.

The technology consisted on Using Seawater despite the distance between the sea and the mining, more than 60 Km, while also going by the, ZERO POURING commitment in mining operations; this assured a peaceful coexistence between the community and the company.

Besides, the tailings disposal system through the tailings filter generates a positive impact when using small spaces to dispose the tailing (because of the geography in the area) and collecting a major volume of water that returns to the concentrator plant operations.

The paper describes the development of the application of sea water in mining operation technology, mainly in the metallurgical behavior of metal values and the methods applied to accomplish the ZERO pouring downstream.

Finally, it will be showed in detail the tailings filtering process and the tailings filtering disposal operation.

## ÍNDICE

	<b>Pag.</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	12
<b>CAPITULO I: DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO</b> .....	13
1.1. UBICACIÓN, ACCESO Y CLIMA .....	13
1.1.1. UBICACIÓN .....	13
1.1.2. ACCESO .....	14
1.1.3. CLIMA .....	14
1.2. RESUMEN .....	15
1.2.1. SECCION DE TRATAMIENTO DE AGUA .....	17
1.2.1.1. USO DE AGUA DE MAR .....	18
1.2.1.2. PLANTA DESALADORA .....	19
1.2.1.3. TUBERIA DE CAPTACIÓN DE AGUA DE MAR .....	19
1.2.1.4. PROCESO DE PRE-TRATAMIENTO .....	20
1.2.1.5. PROCESO DE TRATAMIENTO .....	21
1.2.2. SECCIÓN CHANCADO .....	23
1.2.3. SECCIÓN MOLIENDA – CLASIFICACIÓN .....	25
1.2.4. SECCIÓN FLOTACIÓN .....	27
1.2.5. ESPESAMIENTO Y FILTRADO DE CONCENTRADOS .....	35
1.2.6. ESPESAMIENTO Y FILTRADO DE RELAVES .....	38
1.2.6.1. ESPESAMIENTO DE RELAVES .....	38
1.2.6.2. FILTRADO DE RELAVES .....	40
1.2.6.3. RELLENO EN PASTA .....	44
1.2.7. DISPOSICIÓN DE RELAVES .....	48
1.2.8. ÁREAS DE DEPOSITACIÓN DE RELAVES FILTRADOS .....	49
1.2.9. DISPOSICIÓN DE RELAVES EN EL TIEMPO .....	58

1.2.10.	SISTEMA DE CONTROL GEOTECNICO Y TOPOGRAFICO .....	61
<b>CAPITULO II: MARCO TEORICO.....</b>		<b>63</b>
2.1.	MECANISMO DE SEDIMENTACIÓN .....	63
2.2.	MECANISMOS DE SEPARACIÓN SÓLIDO – LÍQUIDO .....	63
2.3.	EQUIPOS UTILIZADOS EN LA SEPARACIÓN SÓLIDO-LÍQUIDO.....	64
<b>CAPITULO III: PARTE EXPERIMENTAL .....</b>		<b>66</b>
3.1.	CARACTERIZACIÓN DEL RELAVE .....	66
3.2.	MINERALOGÍA .....	66
3.3.	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO.....	67
3.4.	DIMENSIONAMIENTO DE FILTRO BANDA HORIZONTAL.....	71
<b>CAPITULO IV: ASPECTO DE INGENIERIA: .....</b>		<b>76</b>
4.1.	BALANCE METALÚRGICO DE LA PLANTA .....	76
4.2.	BALANCE DE MASA DE PLANTA.....	78
<b>CAPITULO V: EVALUACION ECONOMICA .....</b>		<b>88</b>
5.1.	COSTO DE OPERACIÓN DE LA UNIDAD CERRO LINDO .....	88
5.1.1.	MINA DESARROLLO.....	91
5.1.2.	MINA PRODUCCIÓN .....	92
5.1.3.	PLANTA.....	93
5.1.4.	MANTENIMIENTO.....	94
5.1.5.	GEOLOGIA.....	94
5.1.6.	RECURSOS HUMANOS.....	96
5.1.7.	MEDIO AMBIENTE.....	97
5.1.8.	GERENCIA Y STAFF.....	98
5.1.9.	SERVICIOS TECNICOS .....	99
5.1.10.	SEGURIDAD .....	100
5.1.11.	GEOMECANICA.....	101
5.1.12.	RELACIONES COMUNITARIAS .....	102

5.1.13.	COSTO UNITARIO Y COSTO DE CONCENTRADOS.....	103
	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>107</b>
	<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>110</b>

## LISTA DE TABLAS

Tabla N°1.1: Parámetros .del concentrado. ....	35
Tabla N°1.2: Parámetros del concentrado a controlar durante la operación. ....	36
Tabla N°1.3: Parámetros en el espesador. ....	39
Tabla N°1.4: Parámetros a monitorear durante la operación del espesador. ....	39
Tabla N°1.5: Parámetros a controlar durante la parada del espesador. ....	40
Tabla N°1.6: Parámetros en la sección de filtrado de relaves .....	41
Tabla N°1.7: Parámetros a monitorear durante la operación de los filtros.....	42
Tabla N°1.8: Parámetros a controlar durante la parada de los filtros.....	43
Tabla N°1.9: Parámetros a controlar durante el Parchado de los filtros.....	43
Tabla N°1.10: Parámetros a controlar durante el arranque. ....	44
Tabla N°1.11: Parámetros a controlar durante la operación.....	45
Tabla N°3.1: Características del Relave.....	66
Tabla N°3.2: Mineralogía del Relave.....	66
Tabla N°3.3: Análisis granulométrico del mes de Enero. ....	67
Tabla N°3.4: Análisis granulométrico del mes de Febrero. ....	67
Tabla N°3.5: Análisis granulométrico del mes de Marzo. ....	68
Tabla N°3.6: Análisis granulométrico del mes de Abril. ....	68
Tabla N°3.7: Análisis granulométrico del mes de Mayo. ....	69
Tabla N°3.8: Análisis granulométrico del mes de Junio. ....	69
Tabla N°3.9: Análisis granulométrico del compuesto mensual. ....	70



Tabla N°3.10: Parámetros de Diseño. ....	71
Tabla N°4.1: Balance de masa de Chancado Primario. ....	78
Tabla N°4.2: Balance de masa de Chancado Secundario y Terciario. ....	79
Tabla N°4.3: Balance de masa de la Sección I de Molienda. ....	80
Tabla N°4.4: Balance de masa de la Sección II de Molienda. ....	81
Tabla N°4.5: Balance de masa del circuito de flotación Bulk 1/3. ....	82
Tabla N°4.6: Balance de masa del circuito de flotación Bulk 2/3. ....	83
Tabla N°4.7: Balance de masa del circuito de flotación Bulk 3/3. ....	84
Tabla N°4.8: Balance de masa del circuito de flotación Zinc 1/2. ....	85
Tabla N°4.9: Balance de masa del circuito de flotación Zinc 2/2. ....	86
Tabla N°4.10: Balance de masa del circuito Separación Cu - Pb. ....	87
Tabla N°5.1: Costo Operativo por Área. ....	89
Tabla N°5.2: Costo Operativo por Clase. ....	90
Tabla N°5.3: Costo Operativo de Mina Desarrollo por mes 1/2. ....	91
Tabla N°5.4: Costo Operativo de Mina Desarrollo por mes 2/2. ....	91
Tabla N°5.5: Costo Operativo de Mina Producción por mes 1/2. ....	92
Tabla N°5.6: Costo Operativo de Mina Producción por mes 2/2. ....	92
Tabla N°5.7: Costo Operativo de Planta por mes 1/2. ....	93
Tabla N°5.8: Costo Operativo de Planta por mes 2/2. ....	93
Tabla N°5.9: Costo Operativo de Mantenimiento por mes 1/2. ....	94
Tabla N°5.10: Costo Operativo de Mantenimiento por mes 2/2. ....	94

Tabla N°5.11: Costo Operativo de Geología por mes 1/2.....	95
Tabla N°5.12: Costo Operativo de Geología por mes 2/2.....	95
Tabla N°5.13: Costo Operativo de Recursos Humanos por mes 1/2. ....	96
Tabla N°5.14: Costo Operativo de Recursos Humanos por mes 2/2. ....	96
Tabla N°5.15: Costo Operativo de Medio Ambiente por mes 1/2. ....	97
Tabla N°5.16: Costo Operativo de Medio Ambiente por mes 2/2. ....	97
Tabla N°5.17: Costo Operativo de Gerencia y Staff por mes 1/2. ....	98
Tabla N°5.18: Costo Operativo de Gerencia y Staff por mes 2/2. ....	98
Tabla N°5.19: Costo Operativo de Servicios Técnicos por mes 1/2. ....	99
Tabla N°5.20: Costo Operativo de Servicios Técnicos por mes 2/2. ....	99
Tabla N°5.21: Costo Operativo de Seguridad por mes 1/2. ....	100
Tabla N°5.22: Costo Operativo de Seguridad por mes 2/2. ....	100
Tabla N°5.23: Costo Operativo de Geomecanica por mes 1/2.....	101
Tabla N°5.24: Costo Operativo de Geomecanica por mes 2/2.....	101
Tabla N°5.25: Costo Operativo de Relaciones Comunitarias por mes 1/2. ....	102
Tabla N°5.26: Costo Operativo de Relaciones Comunitarias por mes 2/2. ....	102
Tabla N°5.27: Datos generales de la Unidad Cerro Lindo por mes 1/2. ....	103
Tabla N°5.28: Datos generales de la Unidad Cerro Lindo por mes 2/2. ....	103
Tabla N°5.29: Costo Unitario y costo de Concentrado por mes 1/2. ....	105
Tabla N°5.30: Costo Unitario y costo de Concentrado por mes 2/2. ....	105

## LISTA DE FIGURAS

Figura N° 1.1: Ubicación de la unidad minera Cerro Lindo.....	13
Figura N° 1.2: Acceso de la unidad minera Cerro Lindo.....	14
Figura N° 1.3: Esquema Planta desaladora.....	22
Figura N° 1.4: Diagrama de flujo de Sección Chancado. ....	24
Figura N° 1.5: Diagrama de flujo del Circuito de Molienda.....	26
Figura N° 1.6: Diagrama de flujo del Circuito de Remolienda del Bulk. ....	28
Figura N° 1.7: Diagrama de flujo del Circuito de Flotación Bulk. ....	29
Figura N° 1.8: Diagrama de flujo del Circuito de Separación Pb - Cu. ....	31
Figura N° 1.9: Diagrama de flujo del Circuito de Remolienda del Zinc. ....	33
Figura N° 1.10: Diagrama de flujo del Circuito de Flotación de Zinc.....	34
Figura N° 1.11: Diagrama de flujo de la Planta Relleno en Pasta. ....	46
Figura N° 1.12: Diagrama de flujo de la Planta Filtrado de Relaves. ....	47
Figura N° 1.13: Sección del dique 1 y plataforma de desecación a la cota 2028 msnm.....	50
Figura N° 1.14: Sección del dique 2 y plataforma de desecación a la cota 2028 msnm.....	51
Figura N° 1.15: Sistema de drenaje del depósito de Relaves.....	53
Figura N° 1.16: Sección del sistema del depósito de Relaves. ....	54
Figura N° 1.17: Presa Pahuaypite. ....	57
Figura N° 1.18: Disposición de Relave año 0.....	58
Figura N° 1.19: Disposición de Relave año 1.....	58
Figura N° 1.20: Disposición de Relave año 3.....	59

Figura N° 1.21: Disposición de Relave año 5.....	59
Figura N° 1.22: Disposición de Relave año 10.....	60
Figura N° 1.23: Disposición de Relave año final.....	60
Figura N° 1.24: Control Geotécnico. ....	61
Figura N° 1.25: Control Topográfico.....	62
Figura N° 2.1: Espesador de 8 m. ....	65
Figura N° 3.1: Diseño del filtro banda horizontal.....	71
Figura N° 3.2: Cálculo del área del filtro Banda – Estándar.....	72
Figura N° 3.3: Planilla de cálculo del área del filtro Banda – Fast Test. ....	73
Figura N° 3.4: Espesor del queque vs Carga de sólidos. ....	74
Figura N° 3.5: Carga de solidos vs Tiempo de secado. ....	74
Figura N° 3.6: Humedad del queque vs Tasa de formación. ....	75
Figura N° 3.7: Filtro banda horizontal. ....	75
Figura N° 4.1: Balance metalúrgico de la unidad minera Cerro Lindo ....	77
Figura N° 5.1: Distribución de Costo por Área. ....	89
Figura N° 5.2: Distribución de Costo por Clase. ....	90
Figura N° 5.3: Costo Unitario Anual y por meses. ....	106
Figura N° 5.4: Costo de Concentrados Anual y por meses.....	106

## INTRODUCCIÓN

El manejo adecuado de los residuos mineros hoy en día es un tema que se viene tratando con mucha responsabilidad, sobre todo al tratar de generar efluentes cero al medio ambiente, el manejo de relaves que son pulpas bastante diluídas (porcentaje de sólidos bastante bajo) representan un gran riesgo para la industria minera, por los posibles problemas ambientales que generan.

La Cía. Minera Milpo ha optado por la tecnología de disposición de relaves y relleno en pasta para disponer los relaves producidos por sus operaciones metalúrgicas como relleno de los tajeos subterráneos de las minas y la disposición de relaves filtrados en superficie, con la finalidad de disminuir los riesgos de afectación del medio ambiente y asimismo mantener la convivencia armoniosa con las poblaciones aledañas a la zona de operaciones de Cerro Lindo.

En el presente trabajo se exponen las ventajas de la aplicación de la tecnología de disposición de relaves filtrados en superficie.

La finalidad de utilizar óptimamente el agua, recirculándola al proceso teniendo un menor impacto social y ambiental provocado por las operaciones minero-metalúrgicas.

## CAPITULO I

### DESCRIPCIÓN DE PLANTA DE TRATAMIENTO

#### 1.1. UBICACIÓN, ACCESO Y CLIMA

##### 1.1.1. UBICACIÓN

La unidad minera Cerro Lindo propiedad del Grupo Milpo se ubica en la zona de Huapunga, distrito de Chavín, provincia de Chincha y departamento de Ica a 175 km al SE de Lima, en las estribaciones andinas más occidentales de la Cordillera Occidental a aproximadamente 1820 m.s.n.m.



**Figura N° 1.1:** Ubicación de la unidad minera Cerro Lindo

### 1.1.2. ACCESO

El acceso es por carretera desde Lima viajando 180 km por la Panamericana Sur hasta la quebrada Yaguay, donde se entra a una vía afirmada de aprox. 60 km que llega a la unidad.

Sus coordenadas UTM son:

**Este:** 392860 E

**Norte:** 8554040 N



**Figura N° 1.2:** Acceso de la unidad minera Cerro Lindo

### 1.1.3. CLIMA

El clima es seco y cálido con una temperatura que fluctúa entre 14 °C y 18.5 °C en el día, en la noche llega hasta 10 °C, con una humedad de 80 %. Entre Enero y Marzo

hay un pequeño invierno con lluvias esporádicas que se concentran en la quebrada Topará y la humedad disminuye hasta 30%, además hay pequeños huaycos y deslizamientos que a veces complican el transporte. La velocidad del viento es mayor durante el día que durante la noche, y la presión atmosférica es aproximadamente 610 mm Hg.

## **1.2. RESUMEN**

La Compañía Minera Milpo es una de las más importantes empresas nacionales, se dedica mayoritariamente a explorar, desarrollar proyectos, y explotar yacimientos polimetálicos y produce cátodos de Cobre. Tiene operaciones mineras principalmente en Perú (Cerro de Pasco, Ica, Moquegua) y Chile (Antofagasta), las cuales son muy importantes para su crecimiento y aportan no solamente canon minero sino que son socialmente responsables. Sus unidades en operación en orden de importancia son Cerro Lindo, El Porvenir, Atacocha, Chapi, siendo su proyecto más importante Pukaqaqa. En Diciembre del 2011 el Grupo Votorantim Metais de Brasil compró el 50.002 % de acciones de la empresa, por lo que actualmente se pretende unir la experiencia y dedicación de los profesionales peruanos con la política de seguridad y calidad del grupo multinacional brasileño. La empresa anunció recientemente que este año (2013) tiene previsto realizar inversiones por \$ 232 millones en el Perú, sobre todo para aumentar la capacidad productiva de las unidades operativas mencionadas.

Cerro Lindo representa el mayor éxito del Grupo Milpo, es una de las minas más modernas del país ya que se usa un método de explotación moderno de gran tonelaje



para ser una mina subterránea, su planta metalúrgica trata 15000 TMSD recirculando el agua que utiliza, tiene una planta de filtrado de relaves y otra de relleno en pasta, y siempre utiliza una política responsable con el medio ambiente. Se obtiene agua del mar para las operaciones, está se desaliniza por ósmosis inversa y bombea 60 km desde Chincha, logrando el vertimiento cero a la cuenca del Rio Topará que pasa por la unidad. El volumen de producción actual necesitaría una presa de relaves de grandes dimensiones, más grande que la actual, pero Cerro Lindo cuenta con una Planta de Relleno en Pasta que permite reintroducir este material estéril al interior de los tajos ya explotados, conjuntamente la Planta de Filtrado de Relaves que permite reducir el volumen del relave antes de ser dispuesto en el talud de la relavera, y además evita que haya gran cantidad de polvo en el aire. Actualmente tiene la nueva presa de relaves como parte del tratamiento metalúrgico a 15 mil TMSD, ya que la antigua está terminando de llenarse.

En la planta de procesos de Cerro Lindo el producto final que se obtiene son los concentrados de zinc, plomo y cobre y como subproducto plata en concentrado de cobre y plomo, estos se venden antes de su elaboración a las empresas interesadas para su refinación, enviándose a Cajamarquilla mediante transporte por barcos hacia el extranjero a países de Asia y E.E.U.U. principalmente.

A continuación se detalla cada sección de procesamiento de la unidad minera Cerro Lindo las cuales corresponden:

- Sección de tratamiento de agua
- Sección chancado
- Sección molienda – clasificación

- Sección flotación
- Disposición de relaves
- Espesamiento de relaves
- Planta de relleno en pasta
- Planta de filtrado de relaves
- Disposición de relaves

### **1.2.1. SECCION DE TRATAMIENTO DE AGUA**

Los trabajos de exploración realizados en la unidad, datan de muchísimos años atrás, pero en la explotación de este tipo de yacimiento no se percibía fácilmente la factibilidad económica, siendo una restricción principal “LA FALTA DE AGUA EN ESTA ZONA”.

En la zona, el líquido elemento existente solo se abastece para el consumo humano y a los pocos animales que rotan por esta zona en la época de invierno; aguas abajo existe el río Topara que prácticamente es el sustento de los pobladores de esta zona lo cual hacía imposible una operación minera en vista de la falsa percepción de la comunidad y del paradigma existente de que la minería genera contaminación y producto de ello se especulaba que era probable dejarles prácticamente sin el sustento del líquido elemento para subsistir.

La empresa diseñó su propia estrategia de convivencia armónica con la comunidad y el estado mediante el uso de aplicación de tecnología limpia desarrollada por profesionales peruanos pertenecientes al grupo Milpo, comprometiéndose a no usar absolutamente nada del agua existente en la zona, definiendo que el manejo de agua

no debe generar vertimientos industriales ni domésticos hacia el río Topará en absoluto. La totalidad de las aguas generadas en Planta Concentradora, Mina y Campamentos son recirculados al proceso, cumpliendo con el Vertimiento CERO. Compromiso asumido por la empresa en el EIA. La tecnología consistió en el Uso de Agua de Mar a pesar de la distancia de más de 60 Km existente entre el mar y la unidad minera, paralelamente al compromiso de Vertimiento Cero en las operaciones Mineras; con lo cual se tiene asegurada la convivencia armónica entre la comunidad y la empresa al no tener consumo de agua de la quebrada Topara y a la vez no tener vertimientos hacia la misma.

#### **1.2.1.1. USO DE AGUA DE MAR**

La Cía. Minera MILPO S.A.A. decidió la construcción de una planta que desalinice el agua de mar mediante la filtración por membranas a alta presión conocida como Osmosis Inversa.

Donde el agua de mar es bombeada a altas presiones a través de membranas semipermeables que retienen las sales generando una salmuera y obteniendo agua desalinizada, la cual se utiliza para las operaciones Minero-metalúrgicas de la Unidad Minera Cerro Lindo.

Estas técnicas de desalinización se convierten en una alternativa para poder utilizar agua de mar en procesos industriales y en la obtención de agua potable, que acompañada de criterios adecuados en su ubicación y volumen de descargas de salmuera al cuerpo receptor, se garantiza la mitigación del impacto ambiental al ecosistema marino y conservar el agua de la quebrada Topará.

### **1.2.1.2. PLANTA DESALADORA**

La Planta desaladora se encuentra ubicada en el extremo norte de la Playa Jaguai, exactamente en el Km. 180 de la Panamericana Sur, perteneciente al distrito de Grocio Prado, Provincia de Chincha, departamento de Ica. Desde el tanque de almacenamiento ubicado en la estación desaladora, el agua de mar recibe el pre-tratamiento y el tratamiento por ósmosis inversa. Como el agua solo se requiere para uso industrial, el post tratamiento solo comprenderá; almacenamiento y bombeo del agua producida.

El agua tratada es trasladada a través de tres (03) estaciones de bombeo hasta las instalaciones de Cerro Lindo ubicado en la cota 2200 m.s.n.m. a través de un recorrido de 60 Km.

El agua producida en la planta desaladora es de 40 lps. El sistema de pre-tratamiento del agua tiene por objeto eliminar todas las impurezas presentes en el agua de mar, el que está constituido de unidades de filtración del tipo filtro multimedia de 20 micras y filtros de cartuchos hasta de 5 micras de retención, previa dosificación de reactivos para ayudar a remover los sólidos en suspensión.

### **1.2.1.3. TUBERIA DE CAPTACIÓN DE AGUA DE MAR**

El sistema consta en realizar la succión de agua de mar a través de una tubería submarina, el agua de mar debe ser de buena calidad, para lo cual se realizaron estudios de la calidad del agua en toda la Columna de agua en la zona costera de Jahuai, encontrando la de mejor calidad a distancias mayores de 280 m de la línea de Alta Marea, fuera de la zona de rompientes, el agua se bombeará a la planta de

desalinización para su pre-tratamiento, con la finalidad de disminuir la carga orgánica y posterior desalinización.

#### **1.2.1.4. PROCESO DE PRE-TRATAMIENTO**

El agua de mar captada es impulsada a un tanque de almacenamiento en la planta. Desde el tanque de agua de mar, el agua es impulsada al banco de filtros multimedia, los cuales están instalados en paralelo. Antes de la entrada a los filtros multimedia, el agua de mar es dosificada con hipoclorito de sodio para desinfección y oxidación de cualquier ión fierro que estuviese presente en el agua. Para remover el material en suspensión que pueda estar presente en el agua se ha previsto un sistema de inyección de coagulante. La cantidad real de dosificación de coagulante se determinará en el arranque de la planta. Se ha previsto a la entrada común de los filtros multimedia un mezclador estático que asegure la completa mezcla de los químicos en el agua de mar. El agua de mar tratada químicamente entra a los filtros multimedia los cuales remueven material en suspensión del agua de mar hasta de 20 micras. Mientras los materiales en suspensión son removidos se incrementa la diferencia de presión a través de la cama de filtros. Los filtros multimedia son lavados en contrapresión uno por uno. La secuencia de lavado es controlado por el PLC de la planta y se realiza una vez al día. Durante el lavado a contrapresión, el agua entra al fondo y sale por la parte superior del filtro, el cual es opuesto al ciclo normal de operación. De esta manera el filtro multimedia es hidráulicamente lavado por la acción de fregado en la cama expandida del filtro el cual, resulta de los materiales suspendidos que fueron depositados en la cama del filtro, siendo lavados o sacados fuera. Al agua de mar filtrada se inyecta bisulfito de sodio, básicamente para

remover agentes oxidantes en el agua, y adicionalmente como bactericida para evitar el crecimiento de algas u otros organismos. Se añade igualmente al agua de mar filtrada un antiincrustante (GE Betz MSI 310 (Producto F)) para inhibir la precipitación o formación de sales solubles en la unidad de osmosis inversa. Antes de la entrada a la bomba de alta presión, el agua químicamente tratada entra en los filtros cartucho de 5 micras. El filtrado final del proceso es para eliminar material en suspensión que pueda haber pasado a través del filtro multimedia y especialmente después del proceso de lavado a contrapresión. El recipiente del filtro ayuda también a la mezcla del agua de mar químicamente tratada.

#### **1.2.1.5. PROCESO DE TRATAMIENTO**

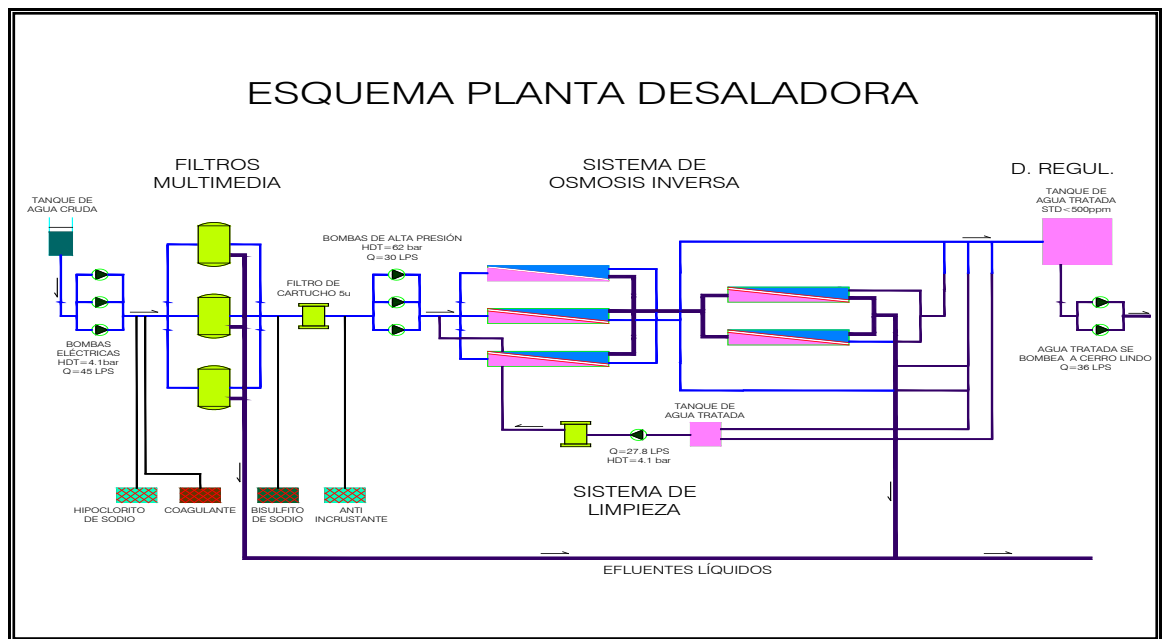
Bombas hidráulicas de alta presión con caudal de 30 lps y 60 bares de presión cada una, elevan la presión del agua filtrada del pre-tratamiento, para inyectarlas al módulo de ósmosis inversa. El agua filtrada ingresa al módulo de ósmosis inversa, constituido de 36 recipientes de presión de 8" de diámetro de FRP (Fibre-reinforced plastic) y membranas tipo TFC RO (Reverse Osmosis), dispuesta adecuadamente que permiten separar las sales presentes en el agua hasta conseguir una concentración menor o igual a 500 ppm. El equipo de limpieza de membranas y lavado constituido de un sistema de una bomba de acero inoxidable de 100 m<sup>3</sup>/hora a 4.1 bar, del tipo centrifuga horizontal y tanque de polietileno de 1000 galones de capacidad. La bomba de alta presión alimenta el agua tratada a las membranas de osmosis inversa a alta presión; saliendo agua pura, para ser finalmente recolectado en un cabezal común. Las sales disueltas que no atraviesan las membranas de osmosis inversa son concentradas en el lado de salmuera de la membrana de la unidad RO (reverse

osmosis). La salmuera es presurizada, luego una turbina de recuperación de energía aprovecha la alta la presión remanente del proceso.

El agua concentrada que sale de la turbina es enviada al colector de salmuera, para su disposición final en el mar. A continuación se muestra el esquema de la planta desaladora de Cerro Lindo de acuerdo a lo descrito líneas arriba.

Se observa el ingreso de agua cruda por medio del sistema de presurización, el tratamiento primario de filtración con dosificación de productos químicos.

La elevación de la presión para luego ingresar con presión alta al sistema de ósmosis inversa, el agua producto del tratamiento deberá contener una cantidad igual o inferior a 500 ppm y un caudal de 40 lps.



**Figura N° 1.3:** Esquema Planta desaladora

### 1.2.2. SECCIÓN CHANCADO

El tonelaje de tratamiento del circuito de chancado es de 15000 TMPD posee un tamaño máximo de 600 mm y  $F_{80}$  de 256 mm es alimentado al grizzly vibratorio (B20-60-4V) de abertura 125 mm, el oversize del grizzly alimenta la chancadora de quijada (C140) con una abertura (setting) de 140 mm.

El producto de la chancadora de quijada y el undersize del grizzly se juntan y alimentan a la pila de almacenamiento (stockpile).

Mediante alimentadores secundarios se extrae el mineral del stockpile y mediante un distribuidor se alimenta en partes iguales a las 2 zarandas primarias de dos pisos (LH 246 – 2, LH 2461 - 2) de aberturas 50 mm y 9 mm, el undersize de estas zarandas constituye una parte del producto final del circuito de chancado mientras que el oversize de las dos zarandas primarias alimentan a las dos chancadoras de cono (HP 400) de abertura (setting) 25 mm que trabajan en paralelo.

Los productos de estas chancadoras de cono (HP 400) se juntan y mediante un distribuidor alimentan en cantidades iguales a las dos zarandas secundarias de dos pisos (LH 3673 – 2, LH 3673 - 2 ) de aberturas 14 mm y 10 mm.

El oversize de las dos zarandas secundarias se almacenan en dos tolvas de 10 m<sup>3</sup> y luego se alimentan a las dos chancadora terciaria de cono (HP 800) de abertura (setting) 12 mm y cuyo producto recircula a las zarandas secundarias mientras que el undersize de las zarandas secundarias forman la otra parte del producto final del circuito de chancado obteniendo un producto final de  $P_{80}$  de 5900 micrones.



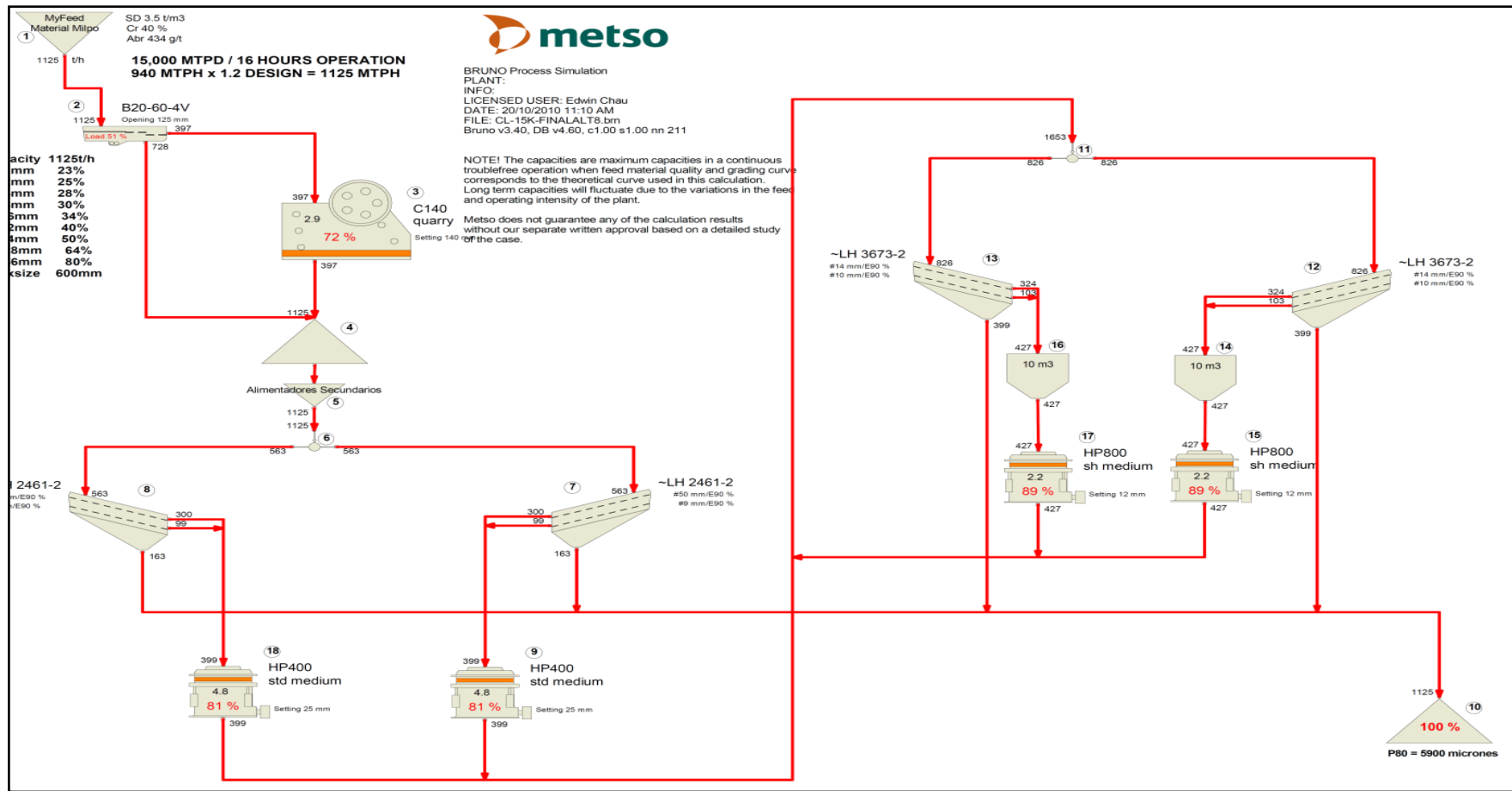


Figura N° 1.4: Diagrama de flujo de Sección Chancado

### 1.2.3. SECCIÓN MOLIENDA – CLASIFICACIÓN

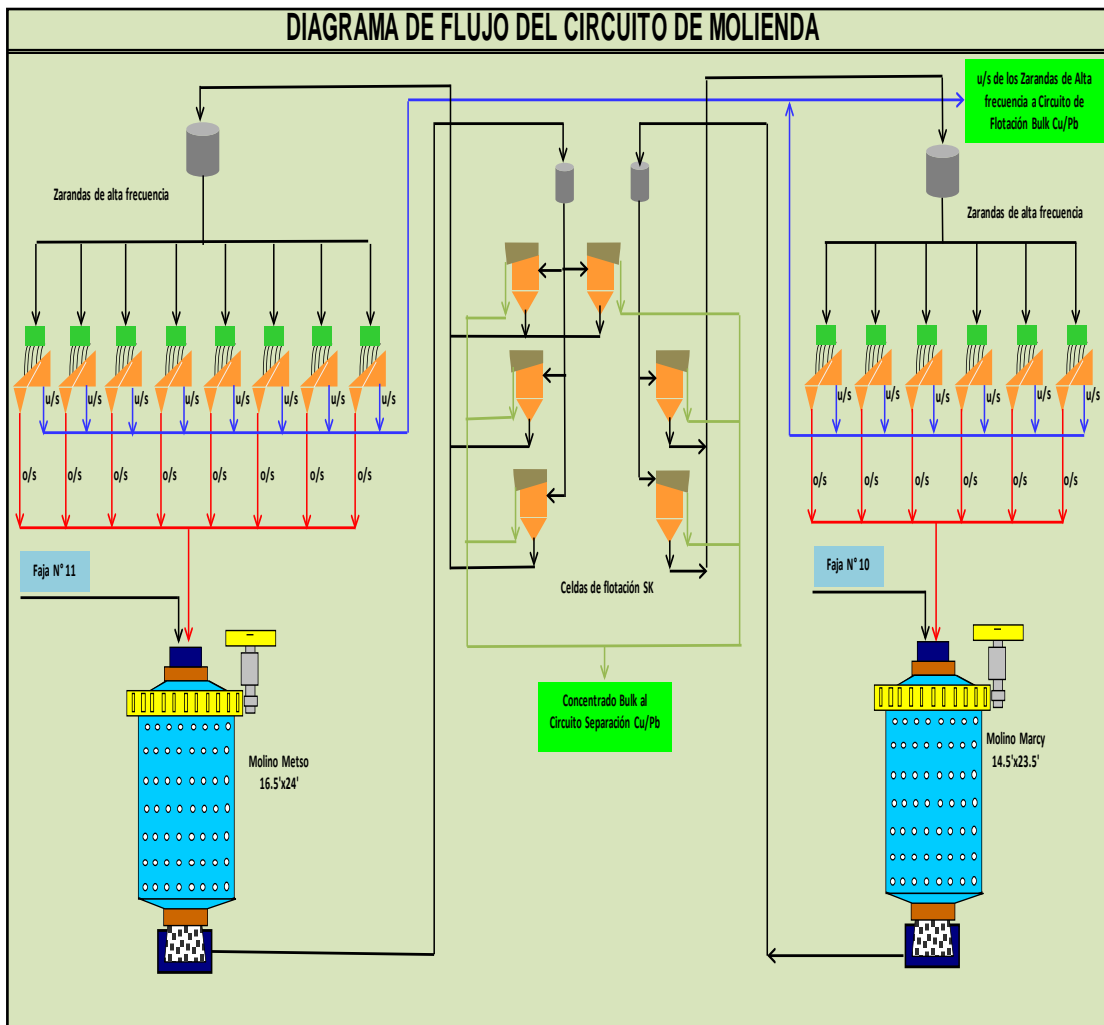
La molienda en este circuito se realiza a través de dos molinos de bolas que son el Molino METSO y el Molino MARCY que trabajan en circuito cerrado e independientemente.

**Molino MARCY**, empieza con la descarga de la tolva de finos de 12000 TM, a hacia las fajas 1A y 1B, la misma que descarga a la faja N° 10, que es finalmente la que alimenta al Molino Marcy 14.5'x23.5', que opera en circuito cerrado y con bolas de 2 ½', luego la descarga del molino es enviada a través de dos bombas que son la 3019 y 3016, hacia un cajón distribuidor que luego es enviada al distribuidor de las Celdas SK, en este circuito se cuenta con 02 Celdas SK 500, luego las espumas de las Celdas SK van hacia el Circuito de Separación Cu/Pb, pero los relaves de Celdas SK van hacia un cajón los cuales son enviados mediante dos bombas hacia el distribuidor de las Zarandas de Alta Frecuencia (ZAF), este molino trabaja con 06 Zarandas de alta frecuencia cada uno de 5 pisos, luego los undersize (finos) de cada uno de las ZAF pasan a una canaleta que va al Circuito de Flotación Bulk (Cu/Pb) y los oversize (gruesos) retornan al Molino MARCY.

**Molino METSO**, empieza con la descarga de la tolva de finos, hacia las fajas 2B y 1C, la misma que descarga a la faja N° 11, que alimenta al Molino METSO 16.5'x24', que opera en circuito cerrado y con bolas 2 ½", luego la descarga del molino es enviada a través de dos bombas que son la 3011 y 3012, hacia un cajón distribuidor que luego es enviada al distribuidor de las Celdas SK, en este circuito se cuenta con 02 Celdas SK 500 y 02 Celdas SK 240, luego las espumas de las Celdas

SK van hacia el Circuito de Separación Cu/Pb, pero los relaves de las Celdas SK van hacia un cajón los cuales son enviados mediante dos bombas hacia el distribuidor de las Zarandas de Alta Frecuencia.

Este molino trabaja con 08 Zarandas de alta Frecuencia cada uno de 5 pisos, luego los undersize (finos) de cada uno de las ZAF pasan a una canaleta que va al Circuito de Flotación Bulk( Cu/Pb) y los oversize (gruesos) retornan al Molino METSO.



**Figura N° 1.5:** Diagrama de flujo del Circuito de Molienda

#### 1.2.4. SECCIÓN FLOTACIÓN

En la Unidad Minera de Cerro Lindo, existen Circuitos de Flotación de Zinc, Circuito de Flotación Bulk (Cobre- Plomo) y Circuito de Separación de Plomo – Cobre, que desarrollan la actividad operativa de la planta concentradora, conforme se indican:

- **CIRCUITO DE FLOTACIÓN BULK (PLOMO- COBRE)**

El alimento a las celdas Rougher Bulk proviene del Undersize de la ZAF, en este circuito Rougher cuenta con 08 Celdas, que están distribuidos, 02 celdas OK (70 m<sup>3</sup>) y 01 celda RCS (Reactor Cell Systems) de 50 m<sup>3</sup> en Rougher I, 02 celdas RCS (50 m<sup>3</sup>) en Rougher II, 01 celda OK (Outokumpu) de 30 m<sup>3</sup> y 02 celdas OK (30m<sup>3</sup>) Rougher IV y en el circuito Scavenger se cuenta con 02 celdas OK (30 m<sup>3</sup>). La Flotación en esta etapa es CONVENCIONAL, se flota el Plomo (Pb) y el Cobre (Bulk) con Xantato Z-6, como Colector primario y Espumante H-425, se deprime el Zinc y la Piritita con sulfato de zinc y cianuro de sodio ( alimento molino) a un pH de 8.5-9; el concentrado de Rougher entra a limpiarse en un banco de 8 celdas OK(5 m<sup>3</sup>), 4 celdas en Cleaner II y 4 celdas en Cleaner I, luego las espumas del concentrado del Cleaner II ricas en Plomo y Cobre entran a la Separación Cu/Pb, el concentrado del Cleaner I regresan al Cleaner II, el concentrado de Scavenger se junta con el relave del banco de limpieza Bulk y el con el concentrado SCV- Cleaner II( 03 celdas RCS 10 m<sup>3</sup>) y regresan al SCV- Cleaner I (02 celdas OK 5 m<sup>3</sup> y 02 celdas RCS 10 m<sup>3</sup>) y su concentrado regresa al Cleaner I, luego el relave de los SCV- Cleaner I y SCV- Cleaner II, van a un cajón de 02 bombas, el cual una va hacia SCV- Cleaner III (02 celdas OK 30 m<sup>3</sup>) y la otra al circuito de remolienda Bulk.

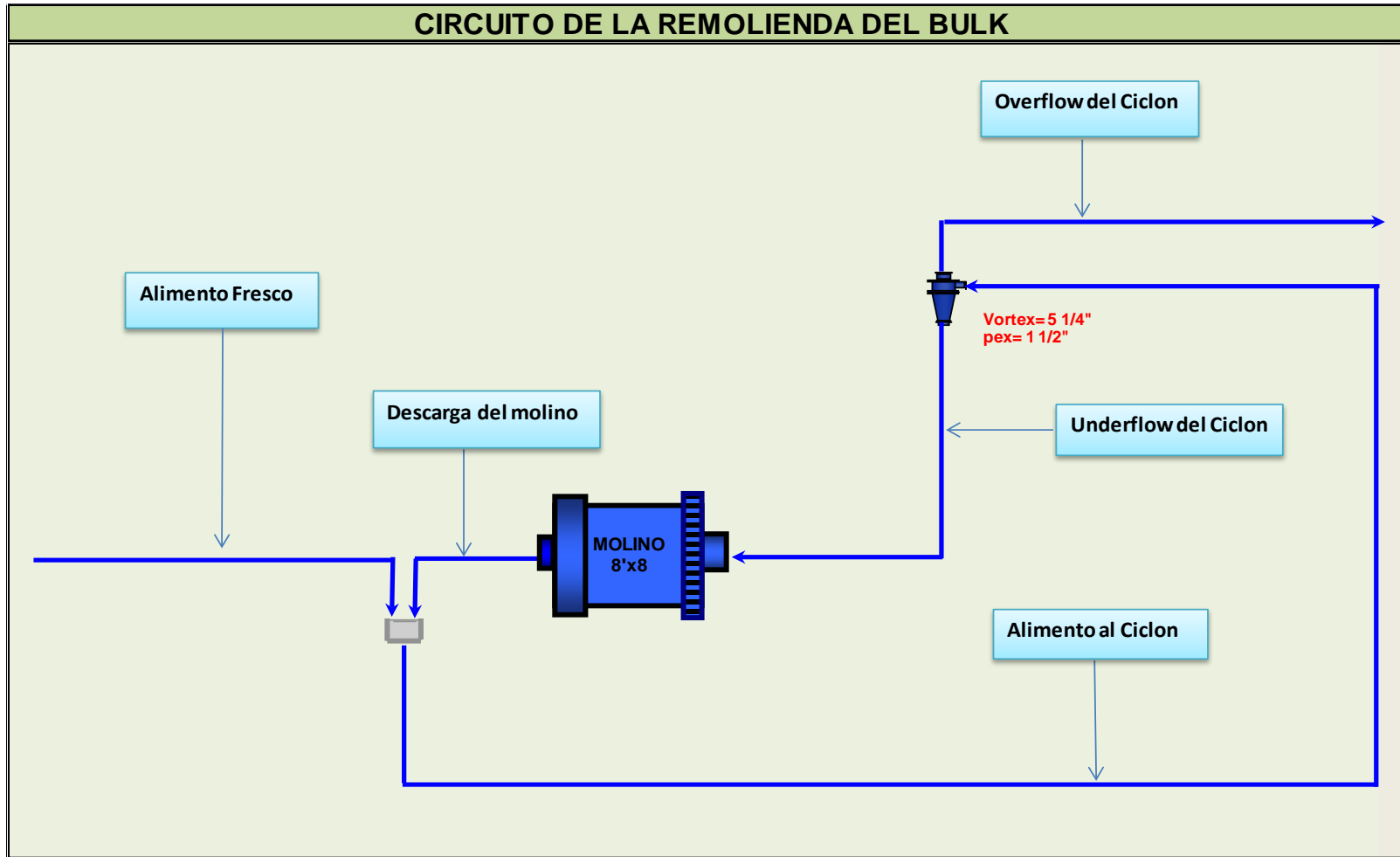


Figura N° 1.6: Diagrama de flujo del Circuito de Remolienda del Bulk



## ▪ **CIRCUITO DE FLOTACIÓN DE SEPARACIÓN PLOMO-COBRE**

Las espumas del concentrado del Cleaner II Bulk, las espumas de las Celdas SK y relave Cleaner I Pb, son los alimentos que entran a 02 acondicionadores.

Luego pasan a las celdas Rougher (02 celdas OK 5 m<sup>3</sup> y 01 celda RCS 10 m<sup>3</sup>) para la separación de Cobre (Cu) - Plomo (Pb).

La separación se efectúa deprimiendo el Cobre y flotando el Plomo.

El Cobre se deprime con solución de complejo (NaCN y Óxido de Zinc), se acondiciona en la alimentación de separación Pb-Cu con Carbón Activado y Complejo CN<sup>-</sup>/Zn, luego en la etapa de Rougher se flota el Plomo con Z-11.

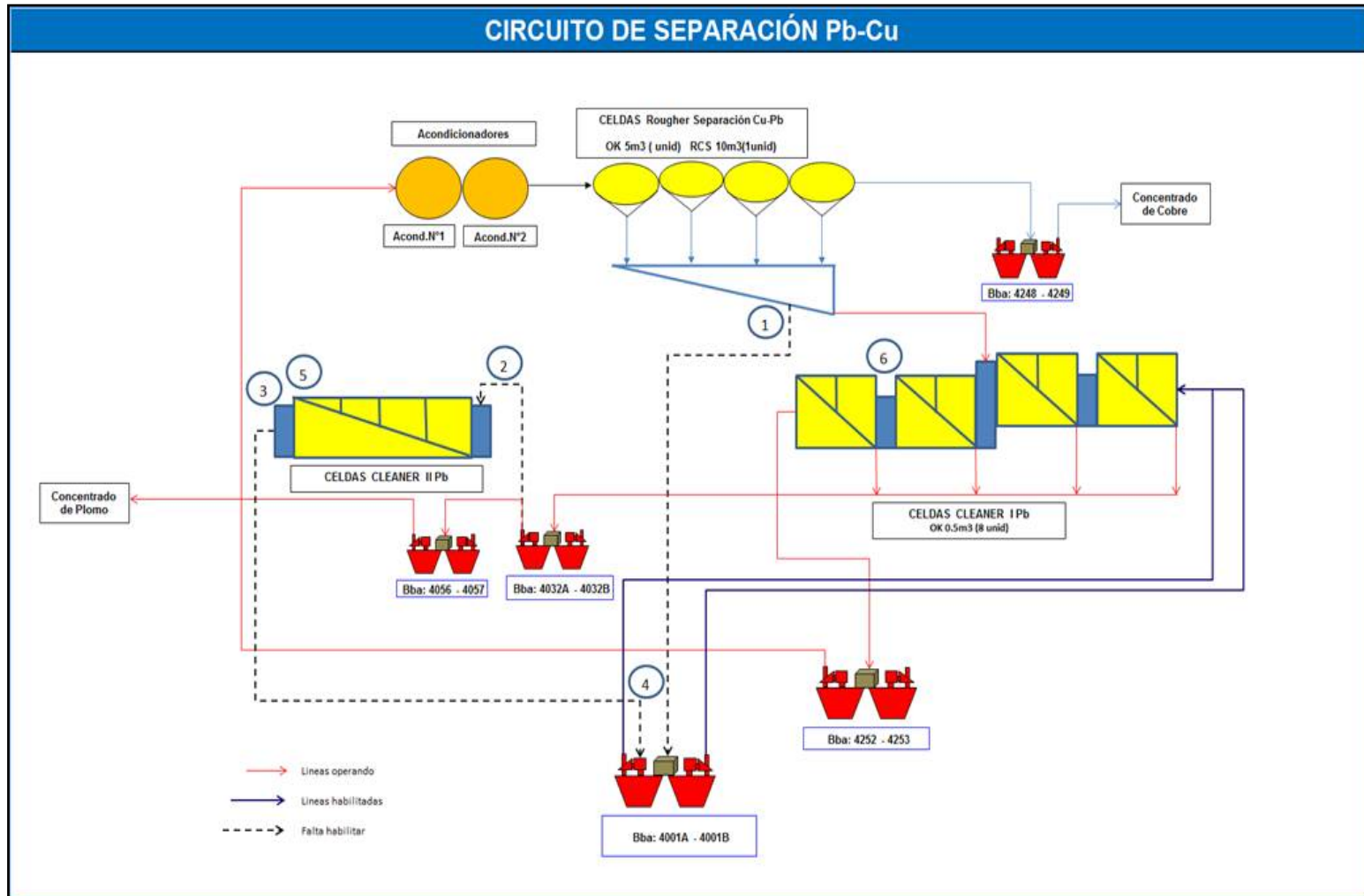
Las espumas de las celdas Rougher ricas en Plomo entran a limpiarse al Cleaner I (04 celdas de 1.5 m<sup>3</sup>).

El relave entra a la alineación de la Separación Cu/Pb y sus espumas pasan al Cleaner II (10 celdas de 0.5 m<sup>3</sup>).

El relave del Cleaner II regresa al Cleaner I.

El concentrado de estas celdas es el Concentrado final de Plomo y su relave final del Rougher es el concentrado final de Cobre.

A continuación se muestra el diagrama de flujo del circuito de separación Cu-Pb.



**Figura N° 1.8:** Diagrama de flujo del Circuito de Separación Pb - Cu



## ▪ CIRCUITO DE FLOTACIÓN DE ZINC

Las colas de la Flotación Bulk (FLOTACION CONVENCIONAL), son acondicionadas en 4 acondicionadores a un pH de 10.7-11, con Sulfato de cobre como activador y flotadas en el circuito Rougher usando Xantato Z-11, como colector y espumante H-425, la flotación Rougher I se lleva a cabo en un banco de 02 celdas RCS 70 m<sup>3</sup>; la flotación Rougher II en un banco de 02 celdas RCS (Reactor Cell Systems) de 70 m<sup>3</sup>; la Flotación Rougher III en 01 celda OK 40 m<sup>3</sup>; la flotación Rougher IV en un banco de 02 celdas OK (Outokumpu) de 40 m<sup>3</sup> y el Scavenger lo conforman 03 celdas OK (Outokumpu) de 40 m<sup>3</sup>.

La limpieza de las espumas del Rougher I, pasa a las celdas Cleaner III (05 celdas OK 5m<sup>3</sup>) y el relave pasa al Rougher II, el relave del Rougher II van hacia al banco de celdas Scavenger, el relave de las celdas Scavenger son el relave final y las espumas del Rougher II junto con las espumas de Rougher III y Rougher IV van hacia una bomba que luego lleva a un cajón de bombas del molino COMESA 8'x8' (Circuito de remolienda Zinc), el cual bombea hacia un Ciclón, el Underflow va hacia la entrada de molino, la descarga del molino retorna hacia el cajón y el Overflow va hacia las celdas Cleaner I (05 celdas RCS 10m<sup>3</sup>), el relave pasa a unas celdas Cleaner Scavenger I (04 celdas RCS (Reactor Cell Systems) 10 m<sup>3</sup>, el concentrado de las celdas Cleaner SCV (Scavenger) I van hacia Rougher III y su relave retorna al Rougher; las espumas del Cleaner I van hacia las celdas Cleaner II (08 celdas OK 5 m<sup>3</sup>) el relave de estas celdas van a un cajón que luego es bombeado al cajón de bombas de molino COMESA y las espumas de Cleaner II van a las celdas Cleaner III, el relave del Cleaner III regresa al Cleaner II y las espumas son el concentrado final de Zinc

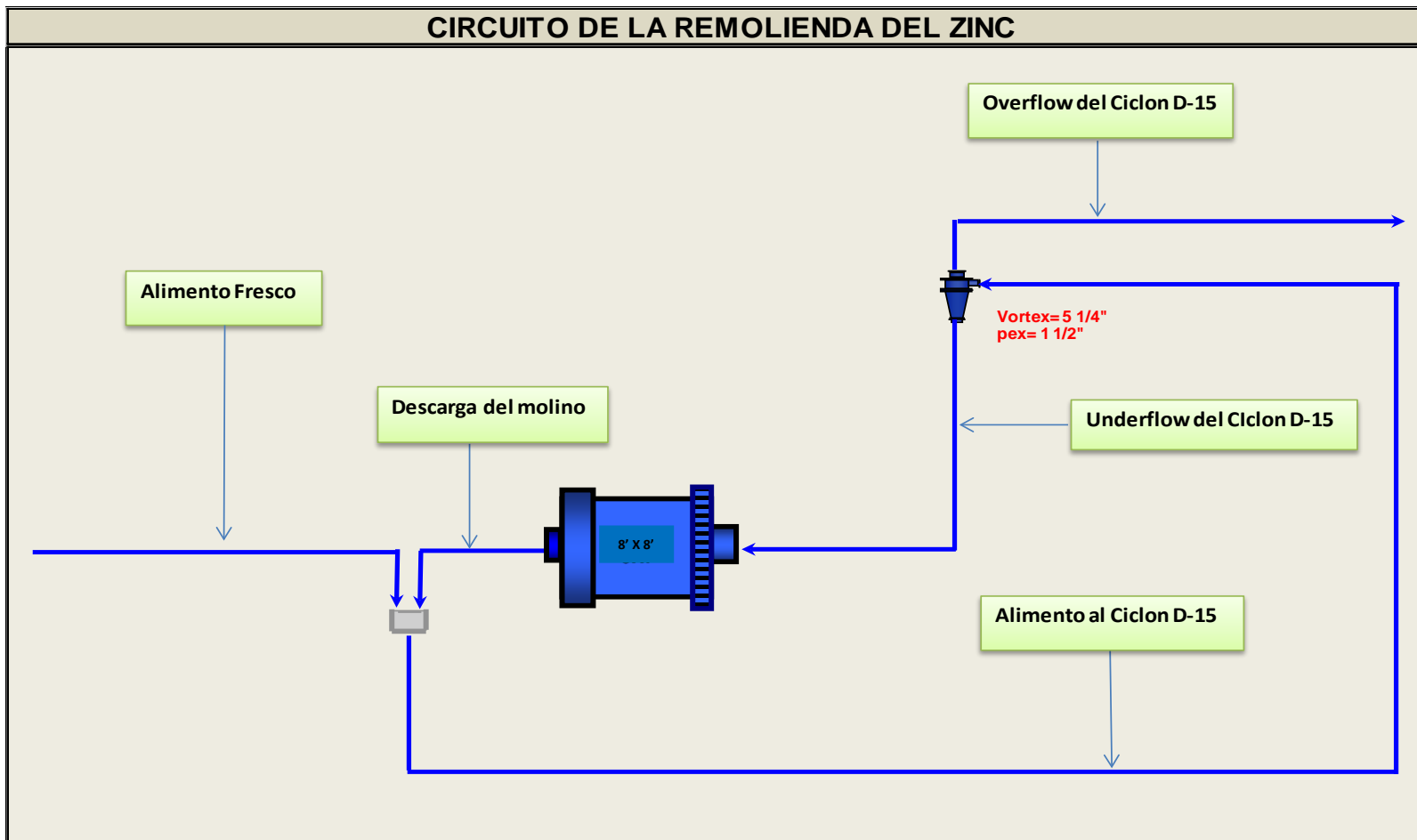


Figura N° 1.9: Diagrama de flujo del Circuito de Remolienda del Zinc

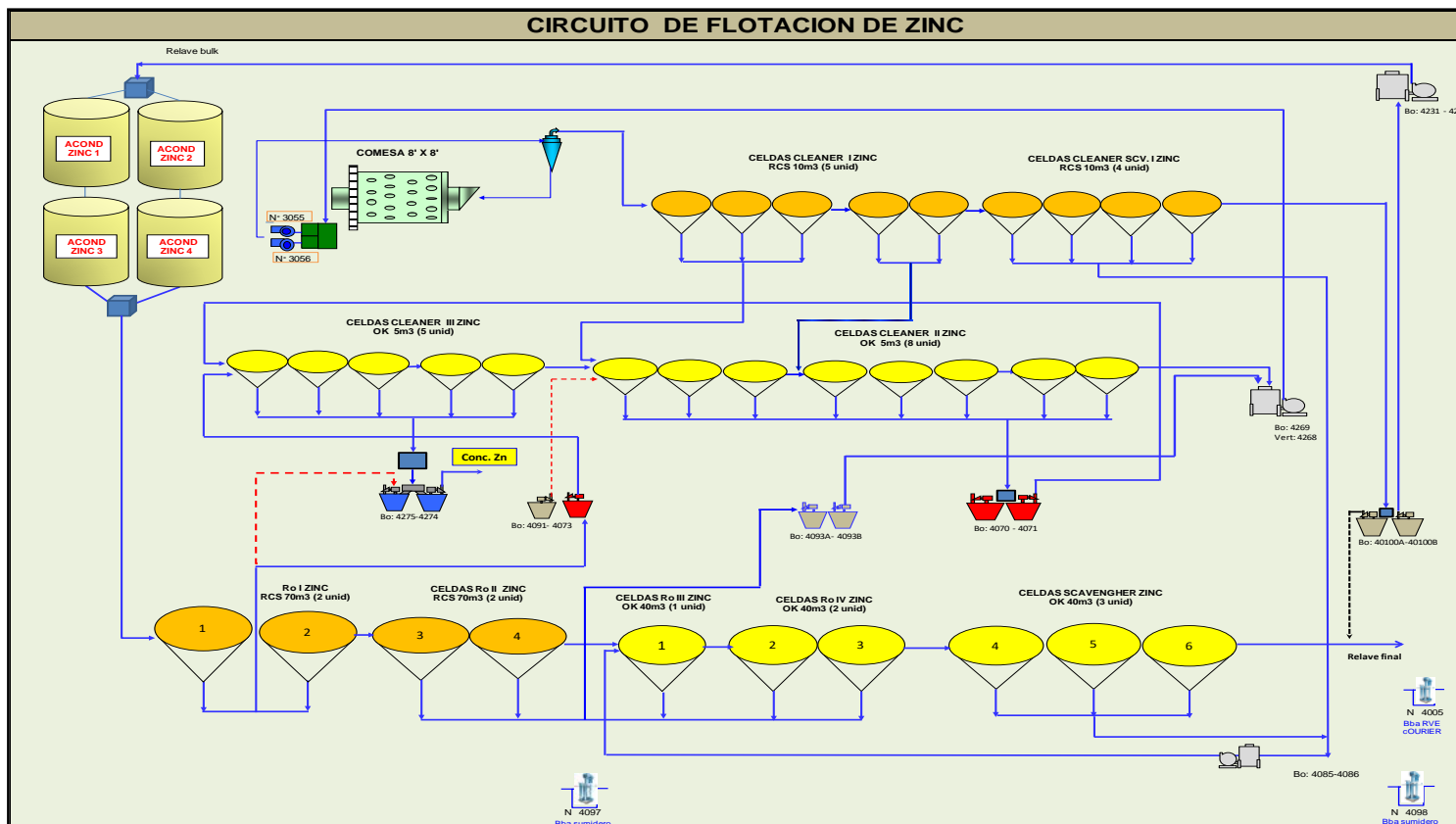


Figura N° 1.10: Diagrama de flujo del Circuito de Flotación de Zinc

### 1.2.5. ESPESAMIENTO Y FILTRADO DE CONCENTRADOS

Se realiza en tres etapas: el arranque, operación y parada de los espesadores y filtros de concentrados de Plomo, Cobre y Zinc, para obtener la mínima humedad en los concentrados de plomo, cobre y zinc; garantizando el despacho y comercialización de los productos, además del desarrollo de un trabajo seguro, cuidando la salud e integridad física del trabajador, equipos y minimizando el impacto sobre el medio ambiente.

#### ETAPA 1: ARRANQUE

Para el arranque de los filtros de discos para concentrados, el Operador de espesamiento y filtrado, Jefe de guardia, electricista y mecánico de guardia deberán verificar que todos los equipos se encuentren operativos, bomba de vacío, filtros de discos, bombas centrifugas de concentrado, espesadores. Inicialmente se deben establecer los siguientes parámetros:

**Tabla N°1.1:** Parámetros del concentrado

<b>Parámetros</b>	<b>Cantidades</b>
Densidad de concentrado del U/F de cada espesador, del Zn y Cu.	Entre 1300 a 2000 g/l. (se procede al arranque del filtro)
Densidad de concentrado del U/F de cada espesador , del Pb.	Entre 1000 a 1030 g/l. (se procede al arranque del filtro)
Flujo de ingreso de agua a la bomba de vacío.	de 5 – 15 gpm
Presión de aire de soplado para desprendimiento del concentrado filtrado <i>de</i> las lonas de los discos.	10 – 20 psi

## ETAPA 2: OPERACIÓN

Durante la operación, el operador de la sala de control comunicará al jefe de guardia y al operador de espesamiento y filtrado, las paradas intempestivas de equipos, los que coordinarán con el electricista y mecánico de turno para dar solución inmediata al problema. Durante la operación el operador de espesamiento y filtrado de concentrados deberá cumplir con los siguientes parámetros:

**Tabla N°1.2:** Parámetros del concentrado a controlar durante la operación

Parámetros	Cantidades
% de Humedad de Concentrado de Plomo	6 a 7.5% de agua
% de Humedad de Concentrado de Cobre	9-10.5% agua
% de Humedad de Concentrado de Zinc	8- 10% agua
Flujo de ayuda filtrante (sólo sí se obtiene una alta humedad).	10-15 cc/min
Presión de vacío en el filtro de concentrado de Plomo	13 mmHg
Presión de vacío en el filtro de concentrado de Cobre	17 mmHg
Presión de vacío en el filtro de concentrado de Zinc N°1	21 mmHg
Presión de vacío en el filtro de concentrado de Zinc N°2	17 mmHg
Presión de vacío en el filtro de concentrado de Zinc COMESA	15 mmHg
Presión de vacío en el filtro de concentrado de Zinc F&M	15 mmHg

Durante la operación de los filtros de concentrados el operador deberá realizar el cambio de lonas y sectores metálicos en los discos de filtros de concentrados en los que se evidencie visualmente una baja performance de filtración, que origine

humedad altas de los concentrados (cuando el stock de concentrado en patios forma una torre en vez de un cono).

Al término de guardia el operador debe llenar el reporte de resumen operaciones del Espesamiento y Filtrado de Concentrados (CL-PL-ESTD-08-1).

Al cambio de cada guardia el Operador saliente, comunicará las incidencias acontecidas durante la guardia anterior, evolución de trabajos mecánico-eléctricos en proceso y alguna indicación específica dada por el Supervisor.

### **ETAPA 3: PARADA**

En caso de parada de bombas de concentrado, el Operador deberá cambiar a la bomba stand by y coordinar con el Operador de la Sala de Control para el arranque de la bomba stand by.

Seguidamente comunicará al Jefe de Guardia para que coordine con el electricista y mecánico de turno para poner operativa la bomba parada.

El Operador de Espesamiento y Filtrado deberá mantener el cajón de la bomba en stand by limpio y con la purga abierta. Ante una parada de planta programada en coordinación con el Jefe de Guardia.

El Operador de Espesamiento y Filtrado deberá, bajar los parámetros de operación (Torque, bed mass) de los espesadores.

Bed mass de los espesadores = 0 %.

### **1.2.6. ESPESAMIENTO Y FILTRADO DE RELAVES**

El flujo de relaves producidos por el circuito de flotación de zinc de 4860 tpd (toneladas métricas secas por día) de material sólido es alimentación al espesador de cama profunda (alta compresión) aproximadamente con 31 - 34% de sólidos, los que se concentran hasta obtener una pulpa espesada de 80-83 % sólidos, esta concentración se hace por floculación de los sólidos en el espesador, esta pulpa se bombea a la planta de filtración localizada en la presa de relaves para el caso de la deposición superficial, o también por gravedad se descarga a la planta de relleno en pasta para el relleno subterráneo.

A continuación se detalla cada etapa por el cual pasa el relave.

#### **1.2.6.1. ESPESAMIENTO DE RELAVES**

Se realiza en tres etapas: el arranque, operación y parada de los espesadores, asegurando que los parámetros de operación se mantengan dentro de los rangos programados, previniendo cualquier daño de la salud e integridad física del trabajador, del equipo, el proceso y minimizando cualquier impacto sobre el medio ambiente.

#### **ETAPA 1: ARRANQUE DEL ESPESADOR**

Para proceder a enviar relave hacia las Plantas de Filtrado previa coordinación con el Jefe de Guardia, Operador de Filtrado de Relaves o Relleno, se deben establecer inicialmente los siguientes parámetros en el espesador:

**Tabla N°1.3:** Parámetros en el espesador

Parámetros	Cantidades
Temperatura: Bomba Hidráulica del espesador.	Entre 30 a 40 °C
Se levanta las rastras en modo automático	Hasta 50 %
Torque (%)	16 %
Bed Mass (%)	26 %
Densidad gr/lt	$\geq 2350$ gr/lt en el U/F
Flujo de floculante y carbón activado	5 - 25lt/min , de acuerdo al control de densidad en el U/F que realice el operador y al control del % sólidos en el agua de rebose

## ETAPA 2: OPERACIÓN DEL ESPESADOR

Se selecciona en el panel de control el modo automático y se comienza a llenar de agua el espesador, cuando llegue a un 50% se puede alimentar relave. Durante la operación se monitorea los siguientes parámetros:

**Tabla N°1.4:** Parámetros a monitorear durante la operación del espesador

Parámetros	Cantidades
Torque (%)	< 30 %
Densidad gr/lt	Asegurar que sea $\geq 2350$ gr/lt en el U/F.
Presión de bomba hidráulica (psi) del espesador.	Máx. 700 psi
Presión de bombas de recuperación de agua del rebose del espesador (psi).	130 – 150 psi
Presión de bombas de envío de carga (psi).	Rango entre 200–215 psi a su máxima velocidad, la cual puede variar de acuerdo al control de la descarga del espesador pero debe llegar mínimo a 145 psi.



Cuando se envié relave a la Planta de Relleno el operador abrirá la válvula de descarga de U/F e inyectará un poco de agua para controlar la densidad.

Al término de guardia el operador debe llenar el reporte de resumen operaciones del Espesador de Relaves (CL-PL-ESTD-10-1). Al cambio de cada guardia el operador saliente, comunicará las incidencias acontecidas durante la guardia anterior, evolución de trabajos mecánico-eléctricos en proceso y alguna indicación específica dada por el Supervisor.

### **ETAPA 3: PARADA DEL ESPESADOR**

Si se ha programado una parada de Planta se bajarán los parámetros a los indicados en la tabla, luego se corta el envío a las Plantas de Relave y se descarga al piso de contingencia, tratando de recuperar el mayor volumen de agua hacia el tanque de agua recuperada, cuando el espesador está descargado, se para el movimiento de la rastra y se apaga la bomba hidráulica.

**Tabla N°1.5:** Parámetros a controlar durante la parada del espesador

<b>Parámetros</b>	<b>Cantidades</b>
Densidad gr/lit	$\leq 1900$ gr/lit en el U/F
Flujo de floculante y carbón activado	0 lit/min

#### **1.2.6.2. FILTRADO DE RELAVES**

Describe las actividades desde el ingreso de la pulpa al holding tank, operación del filtro banda, descarga del espesador de 8 m, y bombeo del agua recuperada a la

Planta Concentradora controlando eventos que puedan generar pérdidas operacionales y daños a equipos, personas y medio ambiente.

Se realiza en tres etapas: el arranque, operación y parada de los filtros Banda N° 4 y N°5, además se realiza una etapa adicional que es el parchado.

### **ETAPA 1: ARRANQUE DE LOS FILTROS BANDA N°4 Y N°5**

El operador del espesador de relaves comunicará para que proceda con el envío de relave desde el espesador de 18 m o del espesador de 22 m hacia el Holding Tank de los filtros banda de la Planta de Filtrado de Relaves. Se deben establecer los siguientes parámetros en la sección de filtrado de relaves:

**Tabla N°1.6:** Parámetros en la sección de filtrado de relaves

<b>Parámetros</b>	<b>Cantidades</b>
Arrancar el agitador del Holding Tank	Con nivel de llenado mayor al 20 %
Arrancar las bombas del tanque de agua fresca para el sello de la caja de vacío: 85260 y/o 85261	Con un nivel de agua mayor a 40 %.
Agua fresca para el sello de la caja de vacío	Flujo de agua no menor a 120 lt/min

### **ETAPA 2: OPERACIÓN DE LOS FILTROS BANDA N°4 Y N°5**

Durante la operación se monitorea los parámetros que se muestran en la tabla N°1.7.

Al término de guardia el operador debe llenar el reporte de resumen operaciones de la Sección de Filtrado de Relaves (CL-PL-ESTD-11-1). Al cambio de cada guardia el Operador saliente, comunicará las incidencias acontecidas durante la guardia

anterior, evolución de trabajos mecánico-eléctricos en proceso y alguna indicación específica dada por el Supervisor.

**Tabla N°1.7:** Parámetros a monitorear durante la operación de los filtros

Parámetros	Cantidades
Tiempo de llegada de relave al espesador de 18m.	$\leq 10$ min
Tiempo de llegada de relave al espesador de 22 m.	$\leq 8$ min
Densidad gr/lt	$\geq 2350$ gr/lt en el U/F.
Torque Espesador de 15m (%)	$\geq 16$ % Se descarga al filtro prensa
Bed Mass Espesador de 15m (%)	$\geq 26$ % Se descarga al filtro prensa
Cantidad de floculante	300 cc en el tanque de $1\text{m}^3$ de agua.
Aire de instrumentación a la válvula alineadora de tela	2 Bares
% de Humedad	$\leq 10.5$ %
Nivel de cama en el filtro banda	$\leq 30$ %

### **ETAPA 3: PARADA DE LOS FILTROS BANDA N°4 Y N°5**

Coordinar con el operador del espesador de relaves para cortar la carga desde el espesador, hacia la planta de filtrado de relave y que proceda a lavar la tubería con agua, observando y comunicando cuando llegue agua limpia al tanque de relave, abriendo la válvula de desvío de las líneas 8" y 6" de los espesadores de 22 m y 18 m respectivamente.

Se debe mantener la constante comunicación entre ambos operadores para asegurar el buen lavado de la línea.

**Tabla N°1.8:** Parámetros a controlar durante la parada de los filtros

<b>Parámetros</b>	<b>Cantidades</b>
Nivel de Holding Tank	Bajar a un 22 %
Válvulas del agua de alimento a la caja de vacío.	cerradas

**ETAPA ADICIONAL: PEGADO DE TELA EN EL EMPALME (PARCHADO)**

Cuadrar la zona afectada en la parte posterior del filtro banda. Bloquear la banda colocando el lock out correspondiente al operador que efectuará el parchado.

**Tabla N°1.9:** Parámetros a controlar durante el Parchado de los filtros

<b>Parámetros</b>	<b>Cantidades</b>
Velocidad de la banda	29 Hz
Temperatura de los secadores	600 °C
Distancia del secador	$\geq 30$ cm
Tiempo de secado N°1 con pegamento SC400 (Primera pasada)	30 min
Tiempo de secado N°2 con pegamento SC400 (Segunda pasada)	20 min
Tiempo de secado N°3 con pegamento SC400 (Tercera pasada)	10 min
Tiempo de secado antes de arrancar la Planta de Filtrado	1 hora

### 1.2.6.3. RELLENO EN PASTA

Las actividades de la preparación de la pasta, acondicionamiento de la pulpa, filtrado de la pulpa, mezcla en el mixer y el bombeo con la bomba Putzmeister, controlando eventos que puedan generar pérdidas operacionales y daños a equipos, personas y medio ambiente.

#### ETAPA 1: ARRANQUE

El operador de filtrado de relleno en pasta debe recibir la indicación del Jefe de relaves de proceder con el arranque de la planta cuando lo solicite el cual ha coordinado con el Jefe de relleno en pasta de mina. El personal operativo de turno de relleno de mina se apersonará a la planta de relleno en pasta para las coordinaciones con el operador de filtrado de relleno en pasta de planta.

**Tabla N°1.10:** Parámetros a controlar durante el arranque

Parámetros	Cantidades
Flujo de agua fresca para el sello del seal strip	$\geq 180$ l/min
Tiempo de llegada de relave al espesador de 18m/22m	$\leq 10$ min
Nivel del tanque de agua de proceso	80 % (arrancar bombas)

#### ETAPA 2: OPERACIÓN

El operador de filtrado de relleno en pasta debe controlar los parámetros que se muestran en la tabla N°1.11.

Al término de guardia el operador debe llenar el reporte de resumen operaciones de la Sección de Relleno en Pasta (CL-PL-ESTD-13-1). Al cambio de cada guardia el Operador saliente, comunicará las incidencias acontecidas durante la guardia

anterior, evolución de trabajos mecánico-eléctricos en proceso y alguna indicación específica dada por el Supervisor.

**Tabla N°1.11:** Parámetros a controlar durante la operación

Parámetros	Cantidades
Tiempo de llegada de relave al espesador de 18 m/22 m	$\leq 10$ min
Densidad gr/lt	$\geq 2350$ gr/lt en el U/F
Torque Espesador de 8m (%)	$\geq 16$ % Se descarga al mixer
Bed Mass Espesador de 8m (%)	$\geq 26$ % Se descarga al mixer
Nivel de tanque de agua de sello de la bomba de vacío	$\geq 3/4$
Aire de instrumentación a la válvula alineadora de tela	2 Bares
% de Humedad	$\leq 10.5$ %
Nivel de cama en el filtro banda	$\leq 30$ %

### ETAPA 3: PARADA

El operador de filtrado de relleno en pasta debe recibir la indicación del Jefe de relaves, jefe de guardia de proceder a parar la planta.

Si el operador de relleno de mina comunica al operador de filtrado de relave que existen problemas en la línea de bombeo en interior mina o en el tajeo a rellenar, se deberá avisar al jefe de relaves/ jefe de guardia.

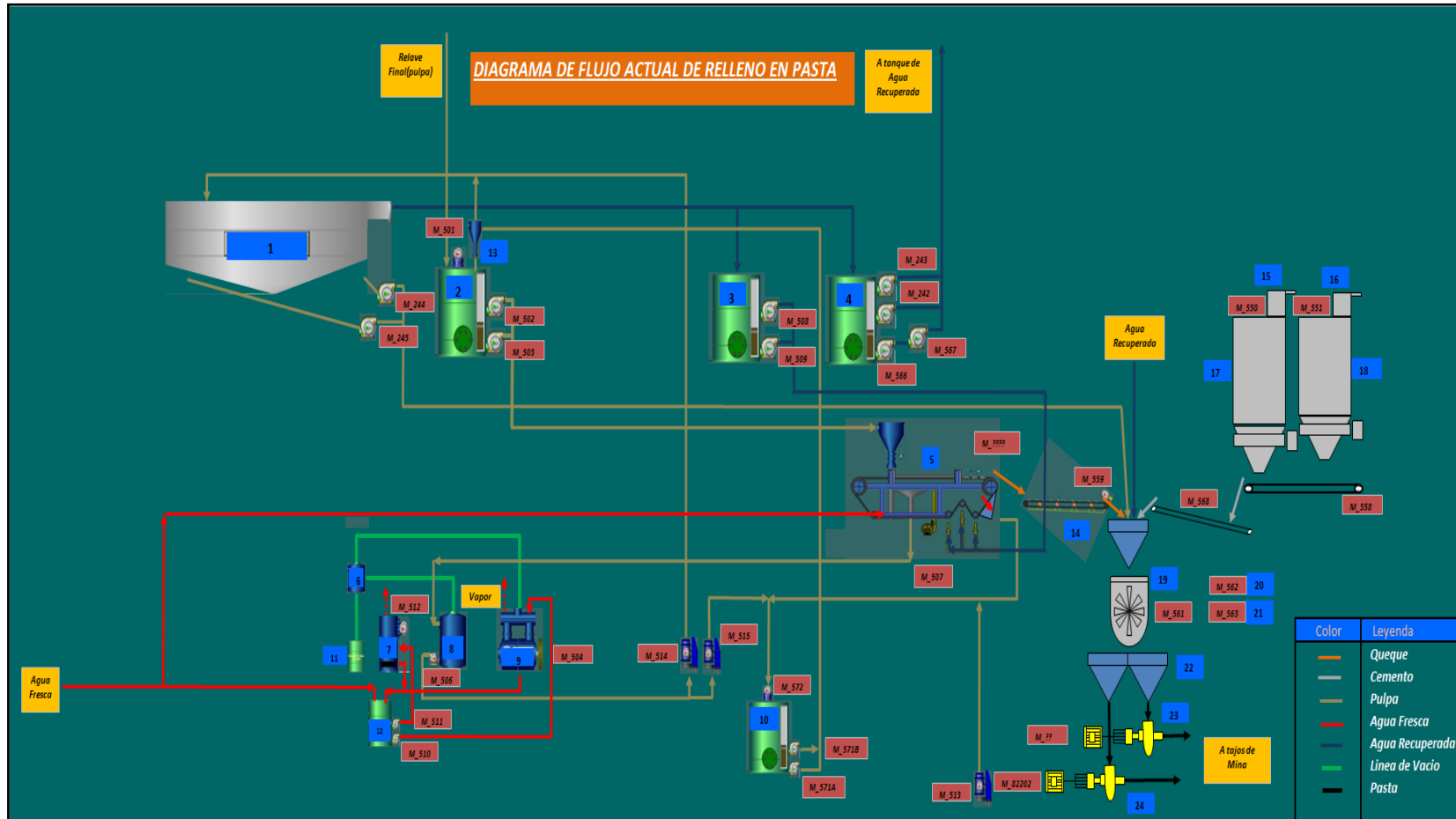


Figura N° 1.11: Diagrama de flujo actual de Relleno en Pasta





### **1.2.7. DISPOSICIÓN DE RELAVES**

La Unidad Cerro Lindo de la Compañía Minera Milpo S.A., tiene dos plantas para la disposición de relaves; Una Planta de Relleno en Pasta y una Planta de Filtrado de relaves, para la disposición de los relaves a nivel subterráneo y a nivel de superficie. La disposición de la pasta de relleno se hará en la proporción de 55% por el sistema subterráneo y 45 % a nivel de superficie. La planta ha sido diseñada para manejar completamente los relaves que se derivan del proceso de concentración en la Unidad Cerro Lindo después de la obtención de los productos concentrados de cobre, plomo y zinc. A continuación se detalla la distribución y disposición de relave.

### **DESCRIPCION DEL PROCESO DE DISTRIBUCION Y DISPOSICION DE RELAVES**

Los relaves que se encuentran apilados en las plataformas de relaves son cargados mediante un cargador frontal a camiones de 15 m<sup>3</sup> y 30 toneladas de capacidad de carga. Los relaves son descargados y esparcidos mediante un tractor oruga D6 pantanero, luego serán compactados mediante un rodillo liso de 10 toneladas hasta alcanzar la densidad requerida. Los relaves depositados con una humedad natural entre 12-14 % pasarán por un ciclo mínimo de 3 días de desecado hasta alcanzar un contenido de humedad entre 6 -7 %, luego deberán ser compactados a una densidad mínima de compactación del 95 % del Proctor Estándar. Desde el inicio de las operaciones en la Unidad Cerro Lindo se vienen usando dos áreas de descarga una en la cota 2028 msnm (plataforma N°1) y otra en la cota 2082 msnm (plataforma N°2), de 2250 m<sup>2</sup> y 14050 m<sup>2</sup>, respectivamente. La plataforma inferior (N°1) es que tiene la prioridad en llenado puesto que es la que permitirá se generen áreas más grandes

de depositación de relaves. A los 36 meses de operación la plataforma inferior habrá alcanzado a la superior, conformando una sola plataforma de más de 30000 m<sup>2</sup>, esto permitirá mayor flexibilidad con la posibilidad de disminuir el espesor de las capas compactadas y eventualmente evaluar la factibilidad de cambiar a un sistema de transporte mediante fajas transportadoras.

La superficie de las capas compactadas del depósito de relaves está siendo construída con una pendiente de 1% hacia la margen izquierda del valle, de manera que las aguas de lluvia puedan escurrir hacia una zona donde puedan ser evacuadas rápidamente del área del depósito de relaves. Los relaves compactados son monitoreados geotécnicamente, se controla la densidad de compactación, la humedad de compactación y espesor de cada capa. Se controla las filtraciones captadas por el sistema de drenaje del depósito de relaves.

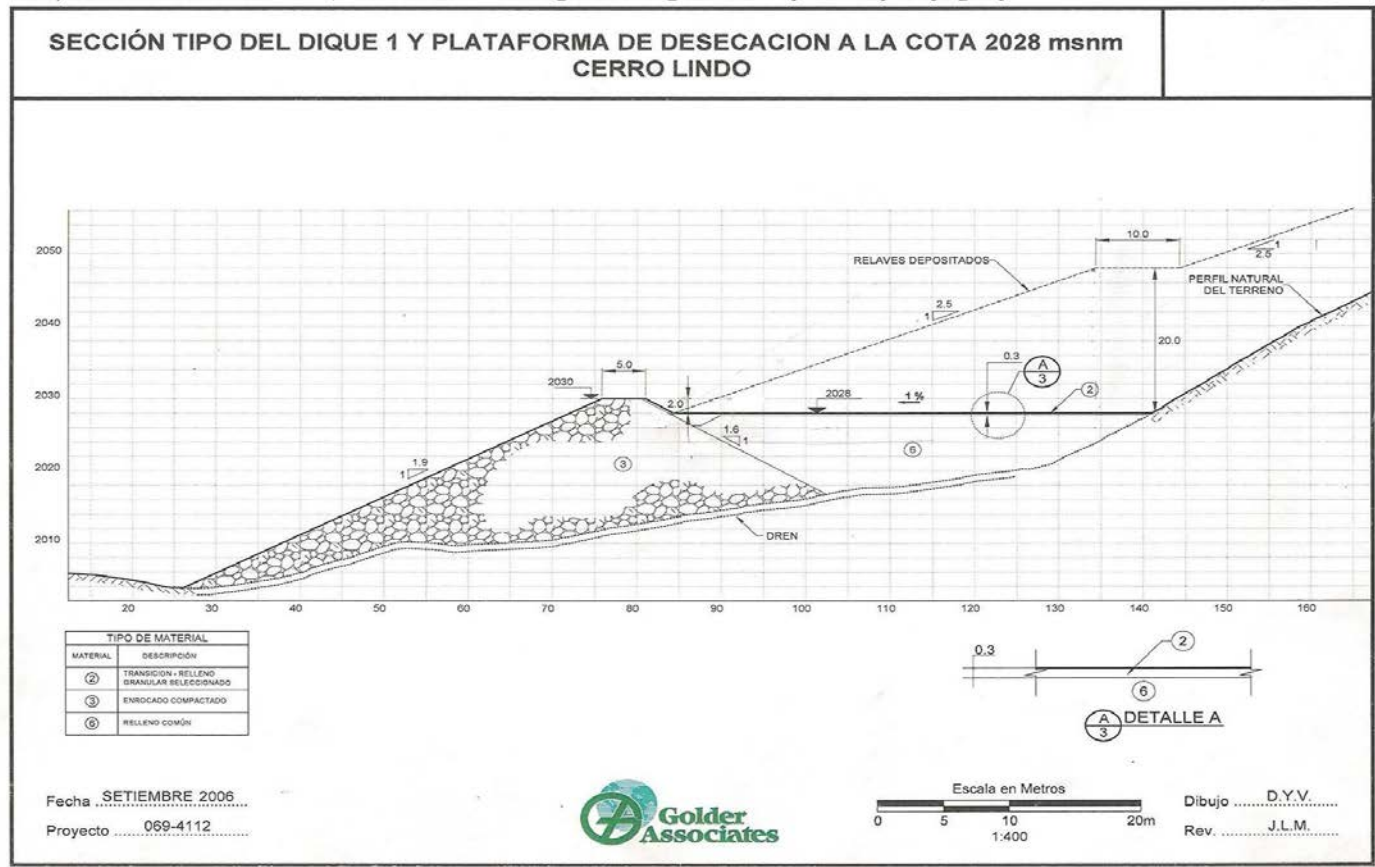
#### **1.2.8. ÁREAS DE DEPOSITACIÓN DE RELAVES FILTRADOS**

El área de depositación de relaves filtrados está conformada por las siguientes instalaciones:

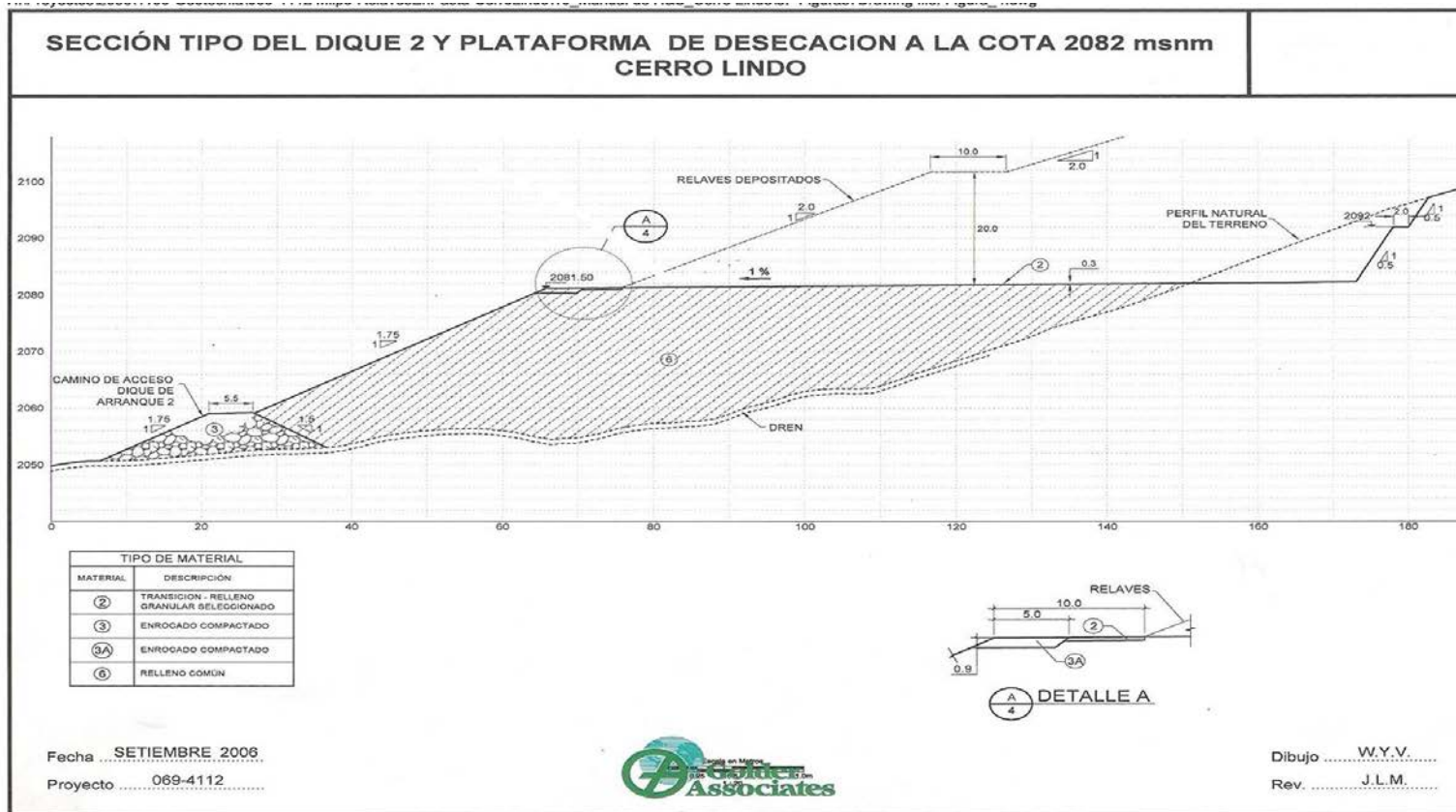
##### **a. DIQUES DE ARRANQUE 1 Y 2.**

El dique de arranque es una estructura de enrocado construído con material tipo 3, el cual es un enrocado fino, compactado en capas de 0.90 m mediante la pasada de rodillos lisos de 10 toneladas.

Para la construcción de ambos diques de arranque se ha realizado el desbroce del suelo superficial inadecuado estimado en 0.50 m en promedio.



**Figura N° 1.13:** Sección tipo del dique 1 y plataforma de desecación a la cota 2028 msnm



**Figura N° 1.14:** Sección tipo del dique 2 y plataforma de desecación a la cota 2028 msnm

## **b. PLATAFORMAS DE DESECACIÓN INICIAL DE RELAVES EN LAS COTAS 2028 Y 2082**

Se viene usando dos áreas de descarga una en la cota 2028 msnm (plataforma N°1) y otra en la cota 2082 msnm (plataforma N°2), de 2,250 m<sup>2</sup> y 14,050 m<sup>2</sup>, respectivamente, con una pendiente aguas abajo de 1%.

El material de construcción de ambas está conformado por suelos excedentes de las excavaciones provenientes del área de la presa, canteras y planta de filtrado, a excepción de los materiales de desbroce, por lo que el material que conforman ambas plataformas son materiales granulares, con finos menores a 50%.

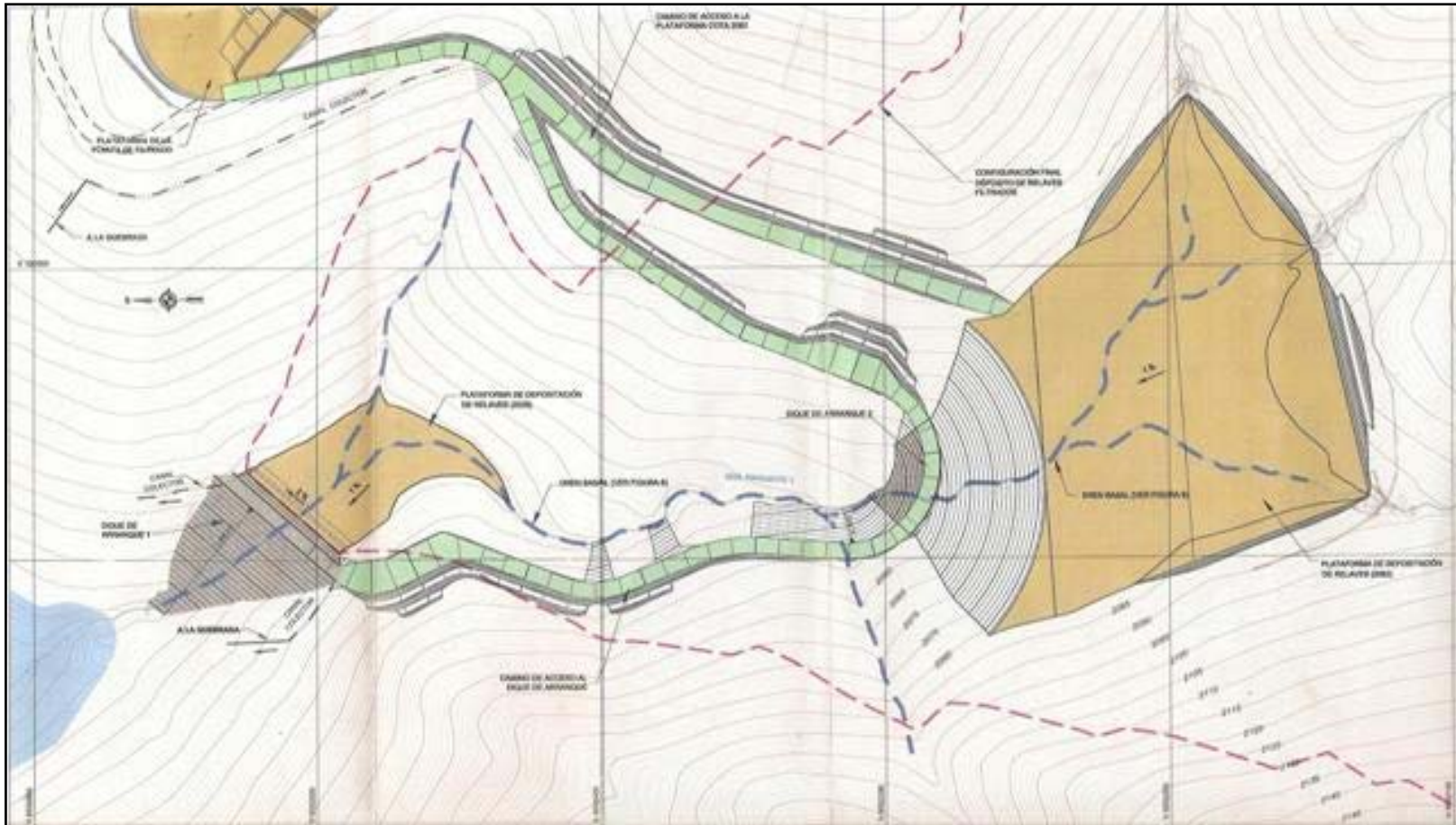
Estos materiales fueron compactados en capas de 1m y con 4 pasadas (2 ciclos) de rodillo liso de 10 toneladas.

## **c. SISTEMA DE DRENAJE BASAL DEL DEPÓSITO DE RELAVES**

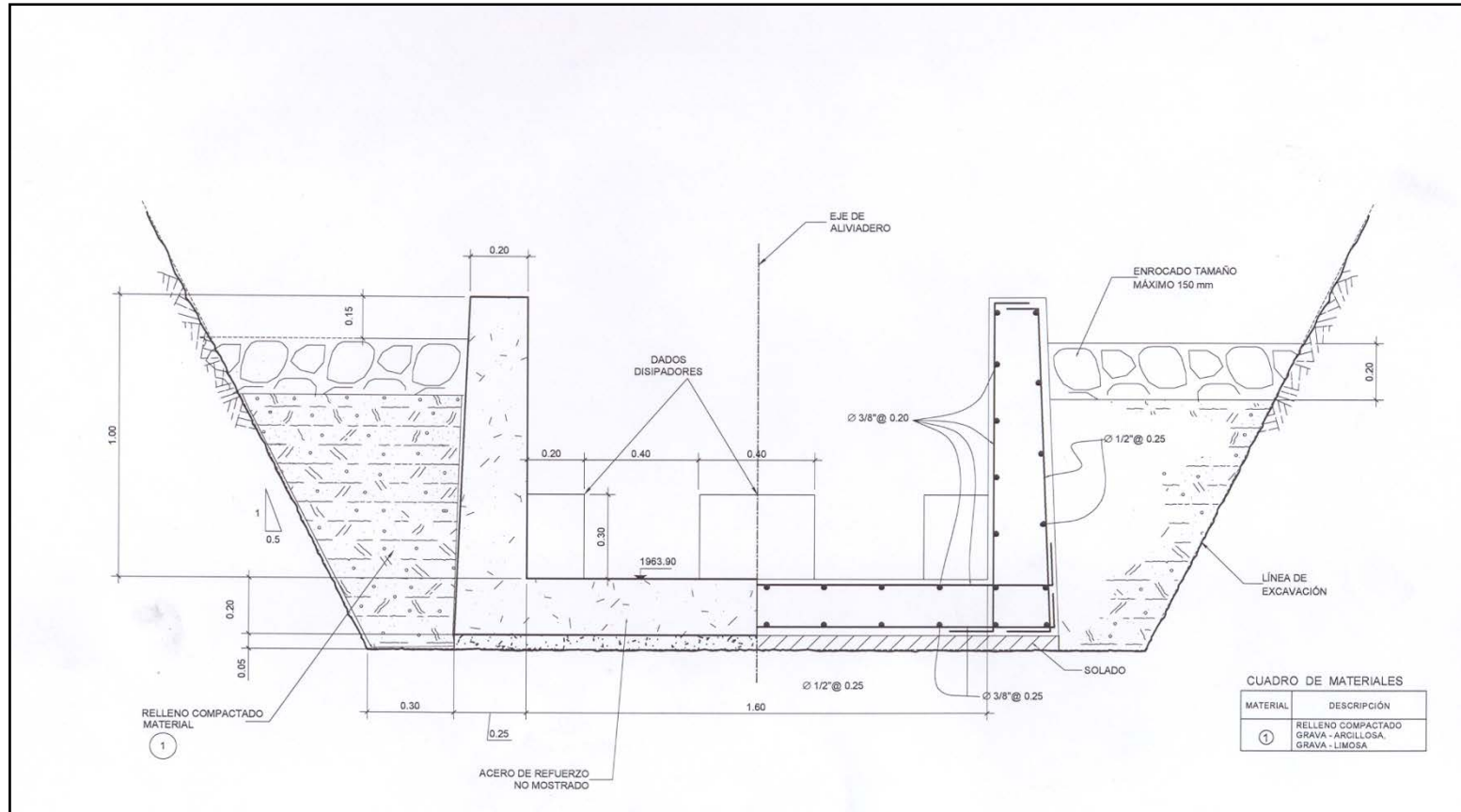
En el área del depósito de relaves y en el fondo de la quebrada se ha construido drenes basales, los cuales son de forma trapezoidal de 2.5 m de ancho en la base y 0.9 m de altura.

Los drenes basales están conformados por un material de dren de tamaño medio ¾" y 0.70 m de espesor, sobre él se ha colocado un material de filtro para evitar la migración de relaves y finos del terreno natural hacia el material de drenaje.

Ver Figuras 1.15 y 1.16.



**Figura N° 1.15:** Sistema de drenaje del depósito de Relaves



**Figura N° 1.16:** Sección del sistema del depósito de Relaves

#### **d. ÁREA DE DEPOSITACIÓN DE RELAVES**

El área de depositación de relaves será en la Quebrada Pahuaypite 1, en un área de 190000 m<sup>2</sup> que representa el 40% del área de la cuenca Pahuaypite 1. El tonelaje de relaves estimado que será depositado es de 13.6 millones de toneladas, en un periodo de 19 años, vida útil de la Unidad Cerro Lindo. La densidad seca promedio actual luego de ser compactadas es de 2.96 t/m<sup>3</sup>, lo que hace que el volumen ocupado por los relaves será de 4.59 millones de metros cúbicos (m<sup>3</sup>).

El área de depositación de relaves se localizará en una quebrada con moderada pendiente, de 20% en la parte baja a media, hasta la cota 2090 msnm y pendiente moderada a alta pendiente de 50% sobre la cota 2090 msnm. La quebrada Pahuaypite 1 tiene ambas márgenes con moderada a alta pendiente del orden de 40 a 50 %.

Desde el punto de vista de la cimentación del depósito de relaves, este se encuentra en una zona de suelos consolidados estables y con un nivel freático bajo los 30 m de profundidad. Los únicos materiales que deberán retirarse y hacerlos parte del depósito de relaves son la cobertura de suelo suelto superficial de espesor de 0.5 m. Se tienen 2 aspectos fundamentales para la estabilidad física del depósito de relaves.

Los relaves se desequen a una humedad de 7 % o menor antes de ser compactados y se puedan compactar hasta una densidad equivalente al 95 % del proctor estándar.

Que las aguas de lluvia que caigan sobre el área de depositación de relaves escurran en un 60 %, se evaporen en un 30 % y solo un 10 % se infiltrarán; el volumen de infiltración se estima poco significativo como para generar un aumento del nivel de saturación de los relaves filtrados en más de 1 m.



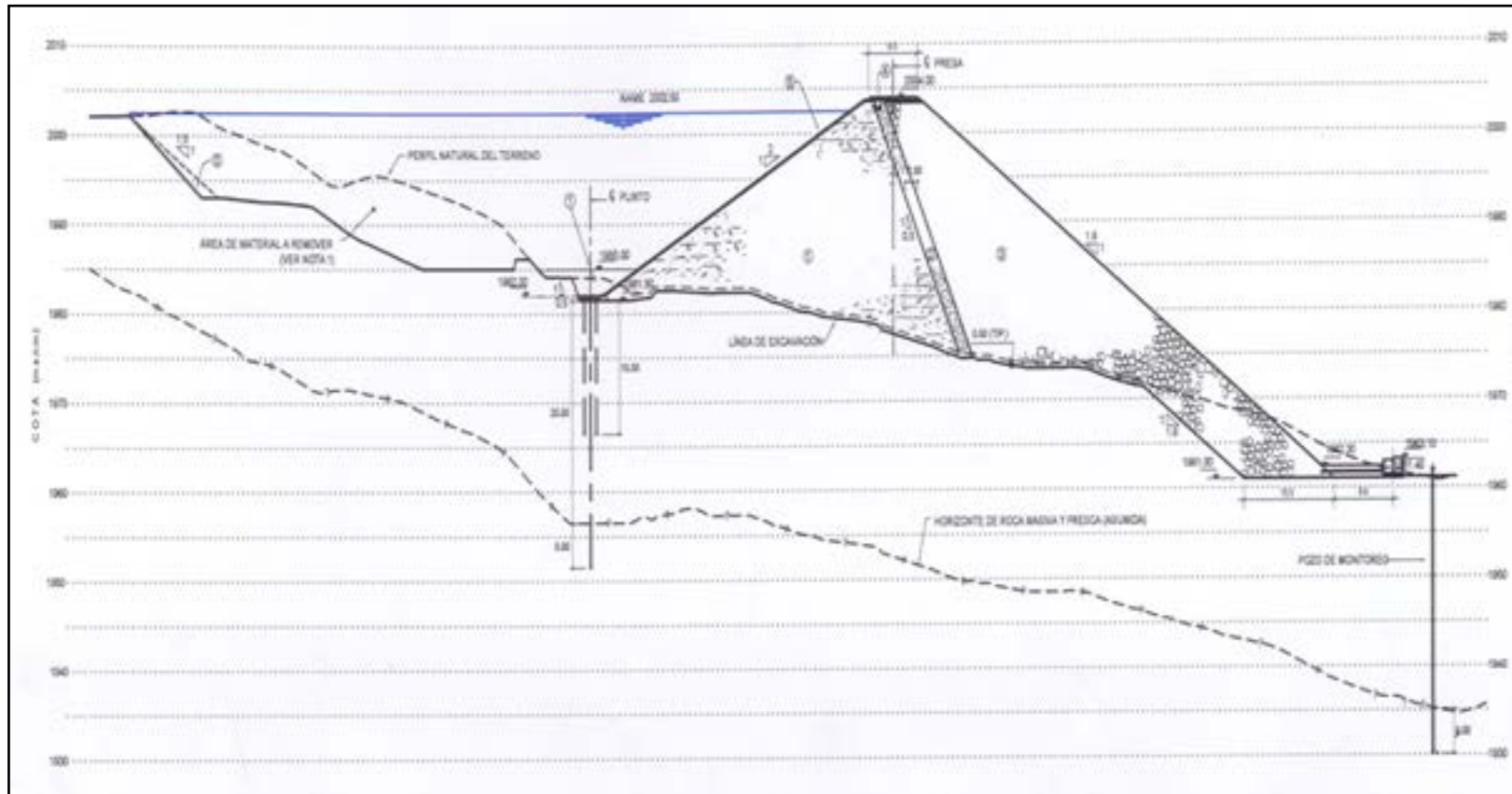
El caudal de agua de lluvia que debe evacuarse dependerá de la intensidad y tiempo de duración de la lluvia, sin embargo para un año de operación normal se estima suficiente contar con tuberías livianas de HDPE (High-Density Polyethylene) con capacidad de evacuar 10 l/s, y 300 l/s en una condición de lluvias excepcionales.

#### **e. PRESA PRINCIPAL**

Diseñada para contener la precipitación máxima probable (PMF, siglas en inglés) y para la contención de sólidos durante la vida útil del depósito de relaves. Como parte de la presa se ha considerado un aliviadero de demasías con capacidad de evacuación de la PMF y ubicado en el estribo derecho de la presa. La presa Pahuaypite es una presa zonificada de 26.50 m de altura máxima y que está conformada en su interior por diferentes tipos de materiales:

El talud aguas arriba está conformado por un material gravoso limo arcilloso. El talud aguas abajo está conformado por un material de enrocado, conformado por fragmentos de roca intrusiva de hasta 0.60 m y compactado en capas de 0.90 m. Entre ambos taludes existe un material de transición, el cual hará de filtro para el material colocado en el talud de aguas arriba y hará de dren ante cualquier filtración que provenga del embalse de la presa.

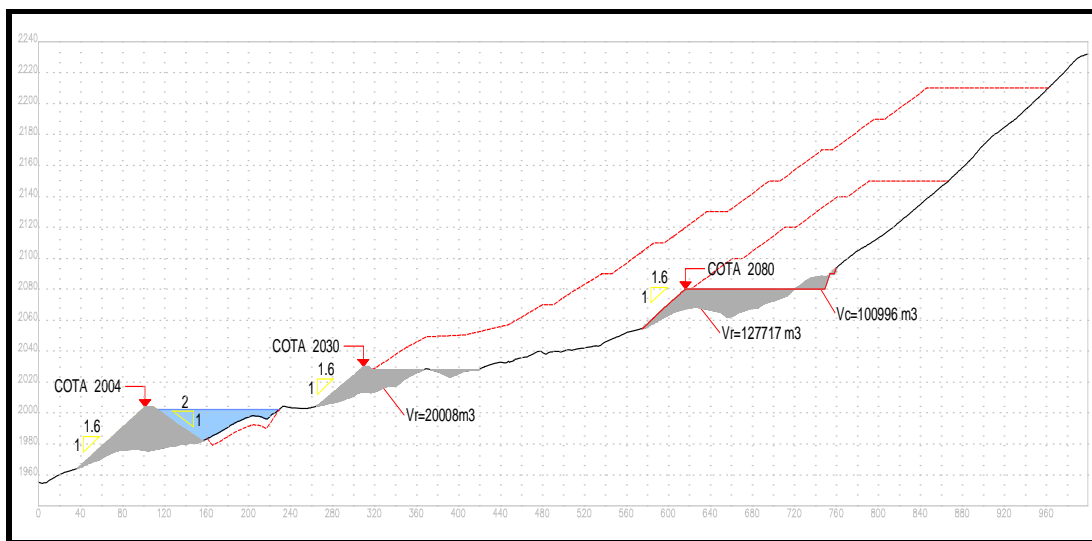
La presa está diseñada para una descarga de agua casi cero por lo que se ha considerado una cortina de inyecciones al pie del talud de aguas arriba y un revestimiento con geomembrana bituminosa en todo el talud de aguas arriba que hace de elemento impermeable, la geomembrana considerada es del tipo COLETANCHE ES3.



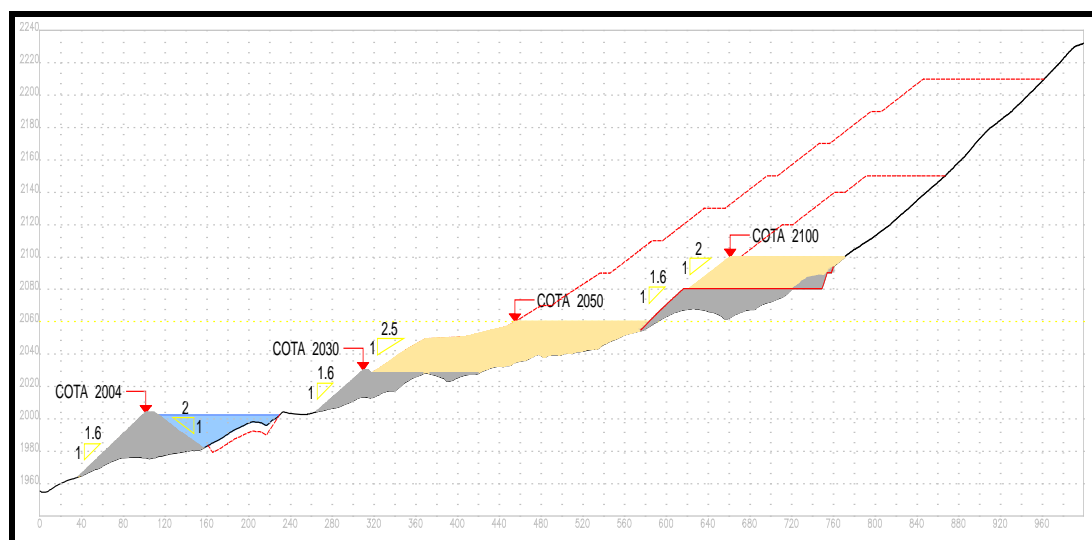
**Figura N° 1.17:** Presa Pahuaypite

### 1.2.9. DISPOSICIÓN DE RELAVES EN EL TIEMPO

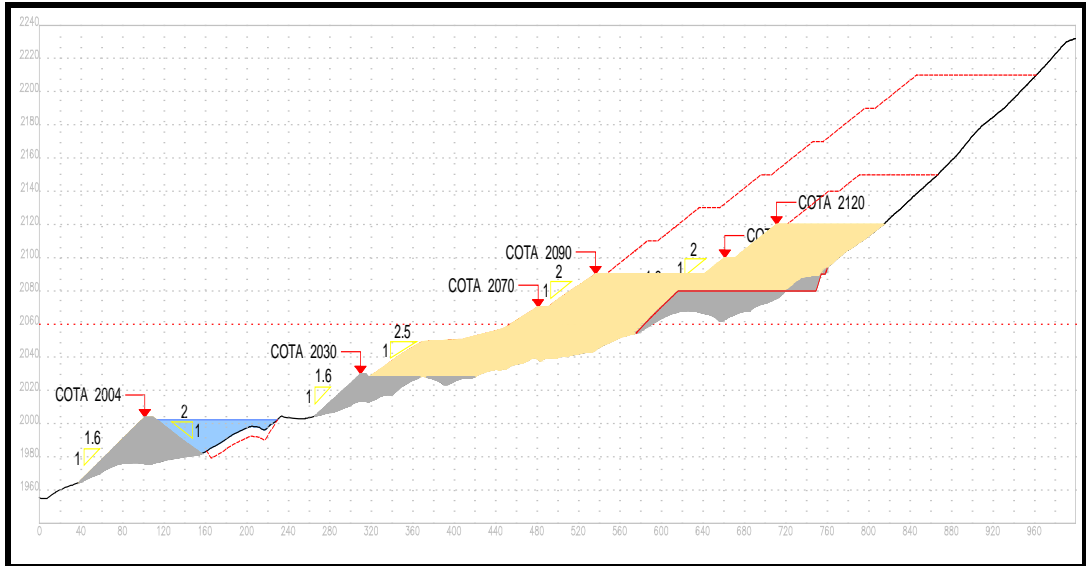
En las Figuras N° 1.18, 1.19, 1.20, 1.21, 1.22 y 1.23 se pueden apreciar la disposición proyectada de los relaves en superficie, en las cuales se aprecia los posibles caminos de acceso para la operación en los años 0 (2012), 1, 3, 5, 10 y 19 años.



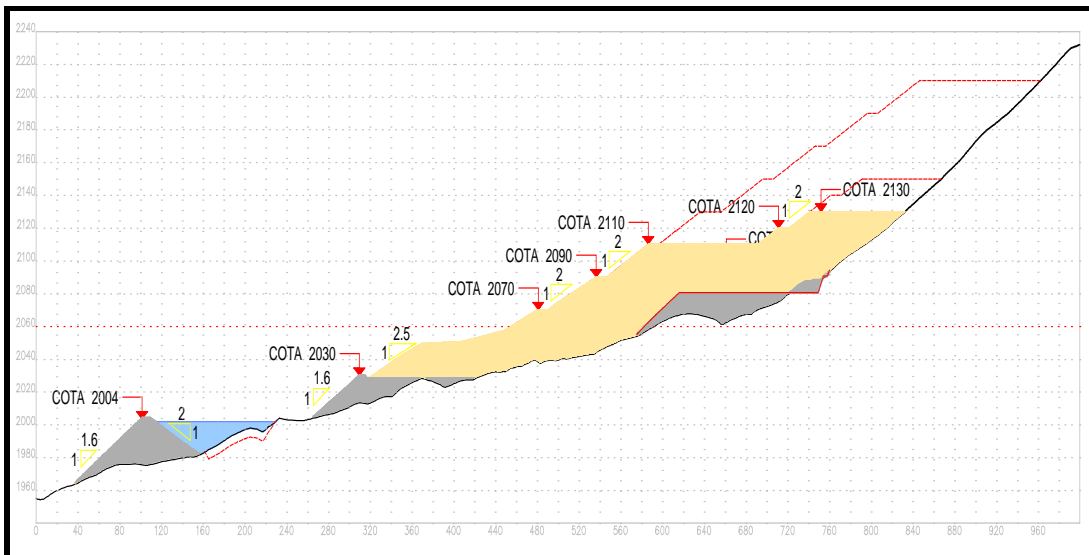
**Figura N° 1.18:** Disposición de Relave año 0 (2012)



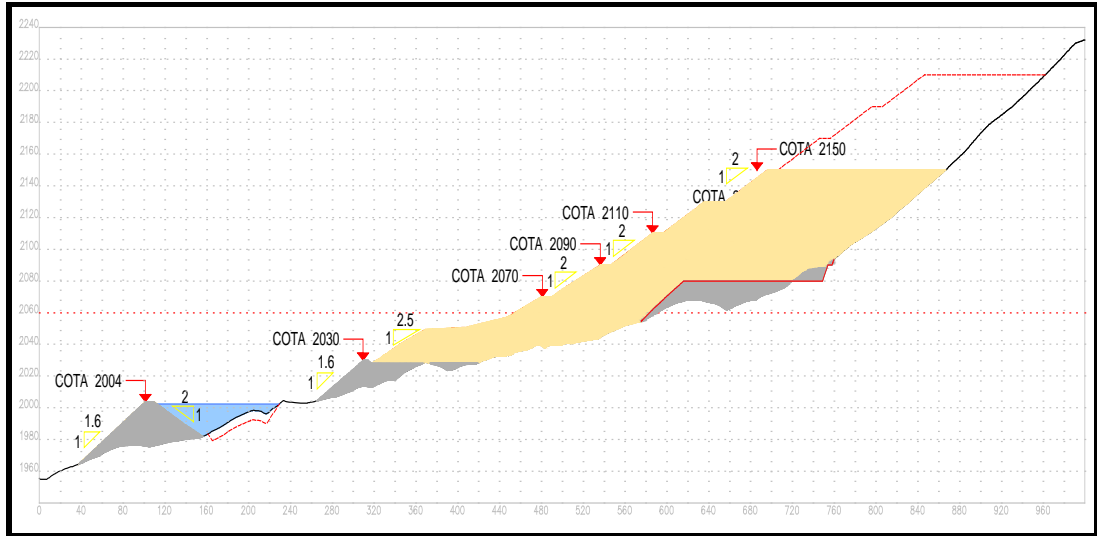
**Figura N° 1.19:** Disposición de Relave año 1



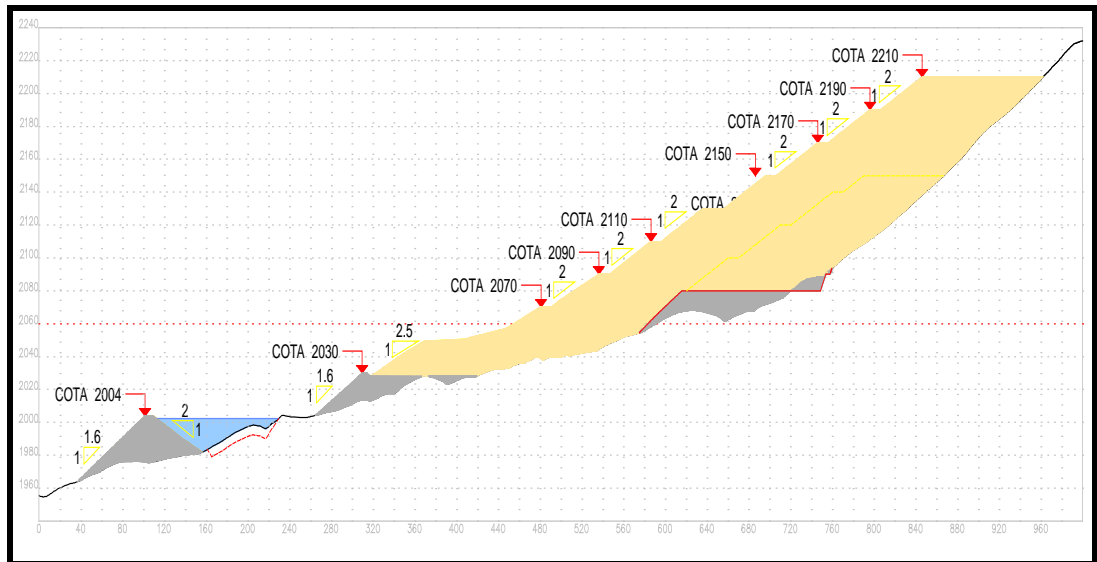
**Figura N° 1.20: Disposición de Relave año 3**



**Figura N° 1.21: Disposición de Relave año 5**



**Figura N°1.22: Disposición de Relave año 10**



**Figura N° 1.23: Disposición de Relave año final**

## 1.2.10. SISTEMA DE CONTROL GEOTECNICO Y TOPOGRAFICO

### CONTROL GEOTÉCNICO

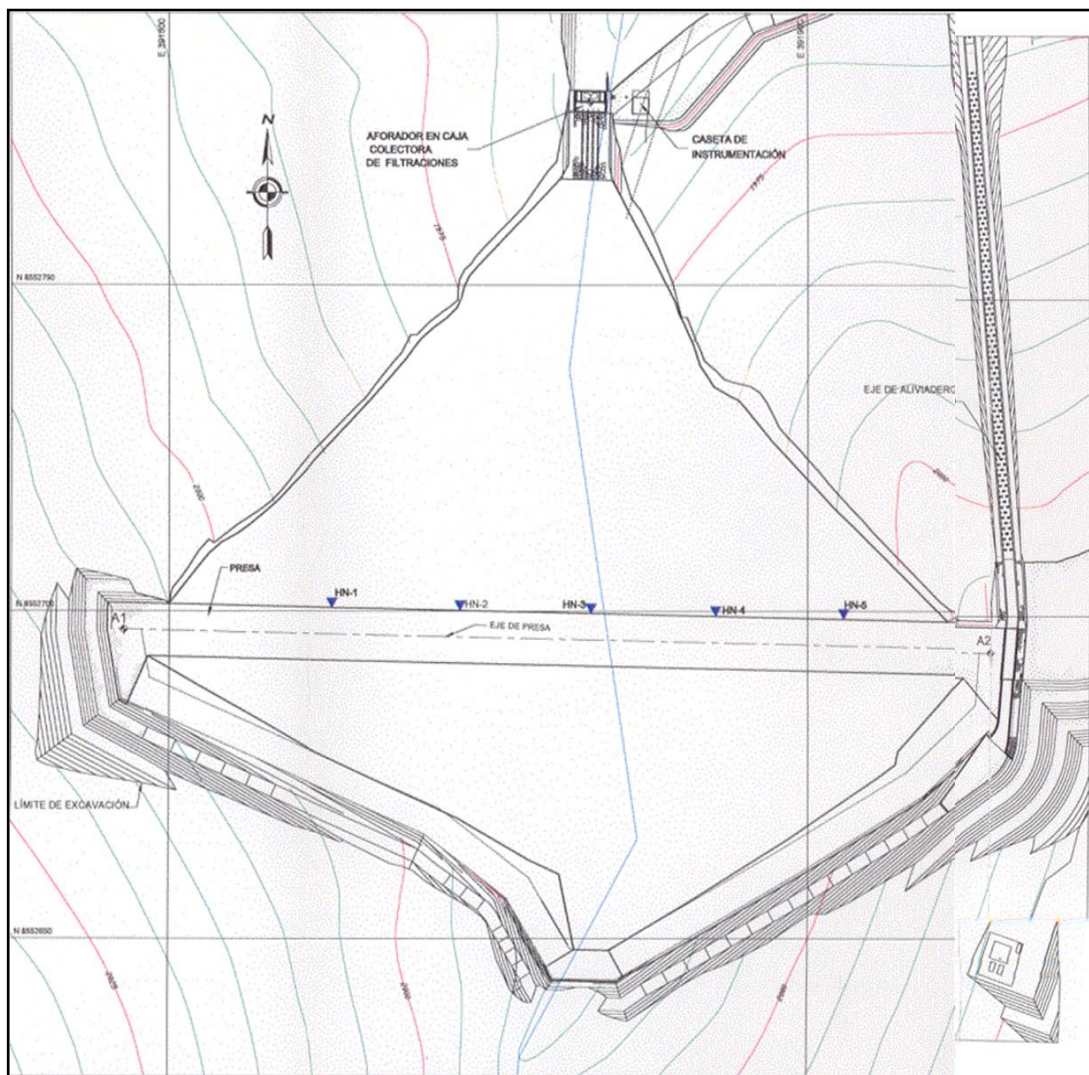
El control geotécnico se realiza en el área de la presa y del depósito de relaves. En el área de la presa el control geotécnico está dado por dos controles, el control del nivel freático al interior y bajo la presa Pahuaypite y un segundo control que es la medición de aforo en la caja colectora de filtraciones localizadas al pie de la presa, la toma de datos de aforo y de los piezómetros son manuales de 2 a 3 veces por semana. En el cuerpo de la presa se tiene instalado 12 piezómetros eléctricos de cuerda vibrante. Adicionalmente se ha considerado monolitos topográficos a nivel de coronamiento de la presa (6 en total) para monitorear cualquier desplazamiento de la presa.



**Figura N° 1.24:** Control Geotécnico

## CONTROL TOPOGRÁFICO

El control topográfico se realiza conforme se va creciendo en la compactación de relaves en las plataformas N°1 y N°2, con el objetivo de verificar que el talud se mantenga constante sin variaciones considerables; a la vez nos ayuda a determinar en qué cota estamos.



**Figura N° 1.25:** Control Topográfico

## **CAPITULO II**

### **MARCO TEORICO**

#### **2.1. MECANISMO DE SEDIMENTACIÓN**

La optimización del proceso de sedimentación se logra con la ayuda de un agente floculante. Este se dosifica en solución diluída a razón de 15 a 20 g/t de sólidos alimentados al espesador.

El consumo diario de 75 a 95 Kg/día de agente floculante, depende de la dilución en línea que se haga del floculante preparado y de la eficiencia de dilución del relave que se lleve a cabo en el feedwell (espesador). El floculante se prepara al 0.25 % de sólidos en un tanque inicial y luego se transfiere y se diluye a 0.025 % antes del contacto con la alimentación del relave. La adición del floculante se realiza en el tanque de recepción del relave que alimenta al espesador.

#### **2.2. MECANISMOS DE SEPARACIÓN SÓLIDO – LÍQUIDO**

El espesador maneja en una pulpa de relaves de 31 – 34 % sólidos para ser espesada como lodos hasta 80-83 % sólidos. El rebose clarificado del espesador de 514 a 526



m<sup>3</sup>/hr, fluye hacia el tanque colector del rebose para ser bombeada hacia los tanques de almacenamiento de agua de proceso de la concentradora.

El relave espesado (underflow) se bombea por una de las líneas de bombas de descarga en serie, mientras que la otra línea queda en espera como stand by.

El relave espesado es dirigido por bombeo al tanque agitador que alimenta al filtro de banda horizontal.

### **2.3. EQUIPOS UTILIZADOS EN LA SEPARACIÓN SOLIDO-LIQUIDO**

**ESPEADOR:** Este equipo de sedimentación continua por floculación de los sólidos en suspensión, es un tanque cilíndrico de 8 m de diámetro, de tipo High rate.

El rebalse clarificado del espesador fluye hacia el tanque colector del rebalse para ser bombeado a los tanques de almacenamiento de agua recuperada.

El espesador está equipado con un dispositivo para medir el torque (momento torsional) de la rastra removedora de los sólidos espesados con instrumentación adecuada para el control en su operación continua.

La rastra sube para aliviar el torque o baja automáticamente al bajar el torque. Con la instrumentación adecuada el espesador se opera en condiciones estacionarias.

**FILTROS DE DISCOS:** El filtro de disco emplea un sistema de vacío donde usa la fuerza impulsora de la filtración. Se utiliza para la filtración y deshidratación de concentrados. Comprende de una tasa donde se receptiona la pulpa.

**FILTRO BANDA:** Es un filtro de 72 m<sup>2</sup> de área efectiva de filtración a vacío. La pulpa se distribuye uniformemente sobre la banda en el extremo opuesto al rodillo de tracción del filtro-banda. En el primer tercio de la longitud de la banda se construye una torta, en el último tercio tiene lugar el secado de la torta (queque). El equipo consta de bomba de vacío, receptor del filtrado y un sistema de sello para la banda sobre la que descansa la tela de filtración.

**MEZCLADOR ARAN:** El Mezclador es del tipo continuo para mezcla y homogenización del producto. Sobre el puerto circular de entrada al mezclador de 600 mm de diámetro caen directamente la torta del filtro y el cemento Portland seco, para ser mezclados con una proporción de agua adecuada para obtener las especificaciones de la Pasta para Relleno.

**BOMBA PUTZMEISTER:** Es una bomba de desplazamiento positivo. Es accionada hidráulicamente con un motor. La bomba puede servir lo requerido por el Sistema de Distribución Subterráneo para los diferentes niveles y longitudes de vertimiento deseados, bombeando Pasta con asentamientos de 180 mm a 250 mm.



**Figura N° 2.1:** Espesador de 8 m

### CAPITULO III

#### PARTE EXPERIMENTAL

#### 3.1. CARACTERIZACIÓN DEL RELAVE

**Tabla N°3.1:** Características del Relave

<b>Clasificación</b>	<b>Limo-Arena</b>
Tamaño máximo	0.8 mm
Porcentaje de Finos	57 %
Gravedad específica	4.2
Peso específico del sólido	2,7 ton/m <sup>3</sup>

#### 3.2. MINERALOGÍA

**Tabla N°3.2:** Mineralogía del Relave

<b>Mayor</b>	Pirita
<b>Moderado</b>	Baritina
<b>Menor</b>	Cuarzo, Mica, clorita, plagioclásica feldespática, potasio feldespático
<b>Trazas</b>	Pirrotita

### 3.3. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

A continuación se muestra en las tablas N° 3.3, 3.4, 3.5, 3.6, 3.7 y 3.8 los análisis granulométricos del relave y en la tabla N° 3.9 se muestra el resumen del análisis granulométrico de los productos de la planta Cerro Lindo.

**Tabla N°3.3:** Análisis granulométrico del mes de Enero

RELAVE FINAL						ENERO	
Malla		Peso				Tamaños	
N°	Micrón	Gr	%	Ac(+)	Ac(-)	P80	P50
+70	212	43.06	11.92	11.92	88.08	175.86	0.00
+100	150	51.91	14.37	26.29	73.71	0.00	0.00
+140	106	53.72	14.87	41.16	58.84	0.00	82.71
+200	75	43.16	11.95	53.11	46.89	0.00	0.00
+270	53	41.77	11.56	64.67	35.33	0.00	0.00
+325	45	14.56	4.03	68.70	31.30	0.00	0.00
+400	38	2.32	0.64	69.34	30.66	0.00	0.00
-400	-38	110.74	30.66	100.00	0.00	0.00	0.00
Cabeza calculada		361.24	100.00			176	83

**Tabla N°3.4:** Análisis granulométrico del mes de Febrero

RELAVE FINAL						FEBRERO	
Malla		Peso				Tamaños	
N°	Micrón	Gr	%	Ac(+)	Ac(-)	P80	P50
+70	212	38.46	11.97	11.97	88.03	176.80	0.00
+100	150	47.10	14.66	26.63	73.37	0.00	0.00
+140	106	50.64	15.76	42.40	57.60	0.00	85.23
+200	75	37.21	11.58	53.98	46.02	0.00	0.00
+270	53	36.71	11.43	65.41	34.59	0.00	0.00
+325	45	14.69	4.57	69.98	30.02	0.00	0.00
+400	38	2.41	0.75	70.73	29.27	0.00	0.00
-400	-38	94.03	29.27	100.00	0.00	0.00	0.00
Cabeza calculada		321.25	100.00			177	85

Tabla N°3.5: Análisis granulométrico del mes de Marzo

RELAVE FINAL						MARZO	
Malla		Peso				Tamaños	
N°	Micrón	Gr	%	Ac(+)	Ac(-)	P80	P50
+70	212	52.43	11.91	11.91	88.09	177.12	0.00
+100	150	65.69	14.92	26.82	73.18	0.00	0.00
+140	106	62.28	14.14	40.96	59.04	0.00	80.82
+200	75	49.65	11.27	52.24	47.76	0.00	0.00
+270	53	49.47	11.23	63.47	36.53	0.00	0.00
+325	45	18.56	4.21	67.69	32.31	0.00	0.00
+400	38	3.56	0.81	68.50	31.50	0.00	0.00
-400	-38	138.74	31.50	100.00	0.00	0.00	0.00
Cabeza calculada		440.38	100.00			177	81

Tabla N°3.6: Análisis granulométrico del mes de Abril

RELAVE FINAL						ABRIL	
Malla		Peso				Tamaños	
N°	Micrón	Gr	%	Ac(+)	Ac(-)	P80	P50
+70	212	29.50	8.31	8.31	91.69	160.94	0.00
+100	150	51.25	14.43	22.74	77.26	0.00	0.00
+140	106	63.46	17.87	40.61	59.39	0.00	85.43
+200	75	50.86	14.32	54.93	45.07	0.00	0.00
+270	53	45.94	12.94	67.87	32.13	0.00	0.00
+325	45	22.82	6.43	74.29	25.71	0.00	0.00
+400	38	5.48	1.54	75.84	24.16	0.00	0.00
-400	-38	85.81	24.16	100.00	0.00	0.00	0.00
Cabeza calculada		355.12	100.00			161	85

Tabla N°3.7: Análisis granulométrico del mes de Mayo

RELAVE FINAL						MAYO	
Malla		Peso				Tamaños	
N°	Micrón	Gr	%	Ac(+)	Ac(-)	P80	P50
+50	300	6.48	1.50	1.50	98.50	0.00	0.00
+70	212	31.07	7.21	8.72	91.28	158.87	0.00
+100	150	57.55	13.36	22.07	77.93	0.00	0.00
+140	106	55.55	12.89	34.97	65.03	0.00	0.00
+200	75	41.82	9.71	44.68	55.32	0.00	62.02
+270	53	40.22	9.34	54.01	45.99	0.00	0.00
+325	45	16.74	3.89	57.90	42.10	0.00	0.00
+400	38	6.28	1.46	59.35	40.65	0.00	0.00
-400	-38	175.11	40.65	100.00	0.00	0.00	0.00
Cabeza calculada		430.82	100.00			159	62

Tabla N°3.8: Análisis granulométrico del mes de Junio

RELAVE FINAL						JUNIO	
Malla		Peso				Tamaños	
N°	Micrón	Gr	%	Ac(+)	Ac(-)	P80	P50
+50	300	10.86	2.32	2.32	97.68	0.00	0.00
+70	212	39.89	8.51	10.82	89.18	176.62	0.00
+100	150	77.80	16.59	27.41	72.59	0.00	0.00
+140	106	73.67	15.71	43.12	56.88	0.00	89.25
+200	75	60.98	13.00	56.12	43.88	0.00	0.00
+270	53	65.34	13.93	70.05	29.95	0.00	0.00
+325	45	37.26	7.94	77.99	22.01	0.00	0.00
+400	38	3.17	0.68	78.67	21.33	0.00	0.00
-400	-38	100.04	21.33	100.00	0.00	0.00	0.00
Cabeza calculada		469.01	100.00			177	89

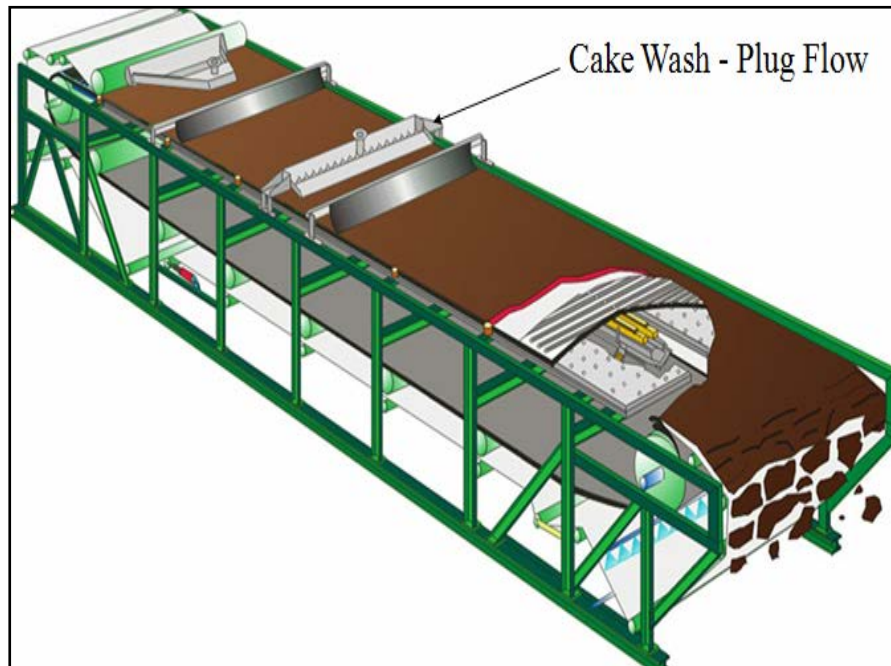
■ % - malla 200, variable que proporciona la cantidad de finos del relave

**Tabla N°3.9:** Análisis granulométrico del compósito mensual

<b>COMPOSITO MENSUAL 2013</b>														
<b>MES</b>	<b>Alimento a Flotación</b>		<b>Concentrado de Cu</b>			<b>Concentrado de Pb</b>			<b>Concentrado de Zn</b>			<b>Relave General</b>		
	<b>Malla</b>		<b>Malla</b>			<b>Malla</b>			<b>Malla</b>			<b>Malla</b>		
	<b>-200</b>	<b>P<sub>80</sub></b>	<b>-400</b>	<b>P<sub>80</sub></b>	<b>P<sub>50</sub></b>	<b>-400</b>	<b>P<sub>80</sub></b>	<b>P<sub>50</sub></b>	<b>-400</b>	<b>P<sub>80</sub></b>	<b>P<sub>50</sub></b>	<b>-200</b>	<b>P<sub>80</sub></b>	<b>P<sub>50</sub></b>
<b>Enero</b>	<b>31.30</b>	<b>237.52</b>	<b>46.14</b>	<b>117.70</b>	<b>49.15</b>	<b>55.94</b>	<b>84.51</b>	<b>46</b>	<b>36.38</b>	<b>140.78</b>	<b>65.12</b>	<b>46.89</b>	<b>176.00</b>	<b>83.00</b>
<b>Febrero</b>	<b>32.87</b>	<b>221.99</b>	<b>45.42</b>	<b>119.00</b>	<b>48.67</b>	<b>48.33</b>	<b>97.68</b>	<b>45.10</b>	<b>34.15</b>	<b>150.91</b>	<b>71.40</b>	<b>46.02</b>	<b>177.00</b>	<b>85.00</b>
<b>Marzo</b>	<b>34.87</b>	<b>217.13</b>	<b>41.49</b>	<b>135.38</b>	<b>58.00</b>	<b>40.87</b>	<b>126.32</b>	<b>57.77</b>	<b>35.00</b>	<b>153.81</b>	<b>69.92</b>	<b>47.76</b>	<b>177.00</b>	<b>81.00</b>
<b>Abril</b>	<b>32.44</b>	<b>231.79</b>	<b>48.63</b>	<b>127.46</b>	<b>45.00</b>	<b>48.11</b>	<b>112.20</b>	<b>45.16</b>	<b>20.45</b>	<b>164.81</b>	<b>90.56</b>	<b>45.07</b>	<b>161.00</b>	<b>85.00</b>
<b>Mayo</b>	<b>34.32</b>	<b>213.90</b>	<b>39.93</b>	<b>147.72</b>	<b>63.00</b>	<b>55.31</b>	<b>103.00</b>	<b>54.50</b>	<b>43.17</b>	<b>142.00</b>	<b>56.00</b>	<b>55.32</b>	<b>159.00</b>	<b>62.00</b>
<b>Junio</b>	<b>34.48</b>	<b>201.00</b>	<b>25.14</b>	<b>150.00</b>	<b>72.00</b>	<b>27.26</b>	<b>125.00</b>	<b>64.00</b>	<b>24.88</b>	<b>159.00</b>	<b>81.00</b>	<b>43.88</b>	<b>177.00</b>	<b>89.00</b>

## DIMENSIONAMIENTO DE FILTRO BANDA HORIZONTAL

El dimensionamiento del Filtro Banda Horizontal se realizó por los métodos Estándar y Fast Test. Lo cual se aprecia en las figuras N°3.2 y N°3.3.

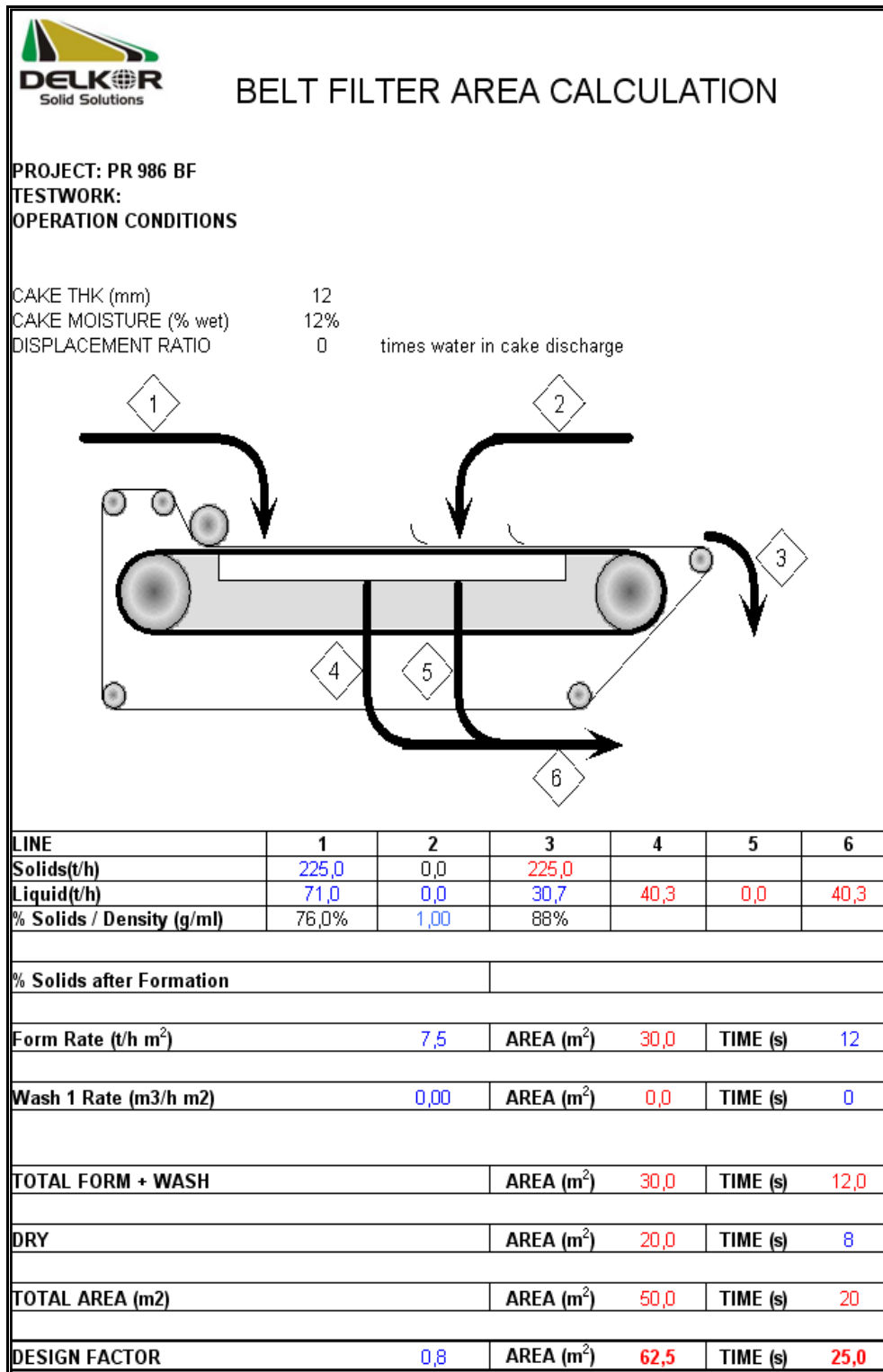


**Figura N° 3.1:** Diseño del filtro banda horizontal

**Tabla N°3.10:** Parámetros de Diseño

VARIABLES	UNIDAD	PARÁMETROS
Capacidad	(TPH)	225
Sólidos Alimentación	(%)	75-78
Espesor queque	(mm)	12
Tiempo Formación	(seg)	12
Tasa de Formación	(T/hm <sup>2</sup> )	7.5
Tiempo de Secado	(seg)	8.0
Humedad Final	(%)	12.0
Área calculada	(m <sup>2</sup> )	50.0
Área requerida	(m <sup>2</sup> )	62.5
Área recomendada	(m <sup>2</sup> )	64.0

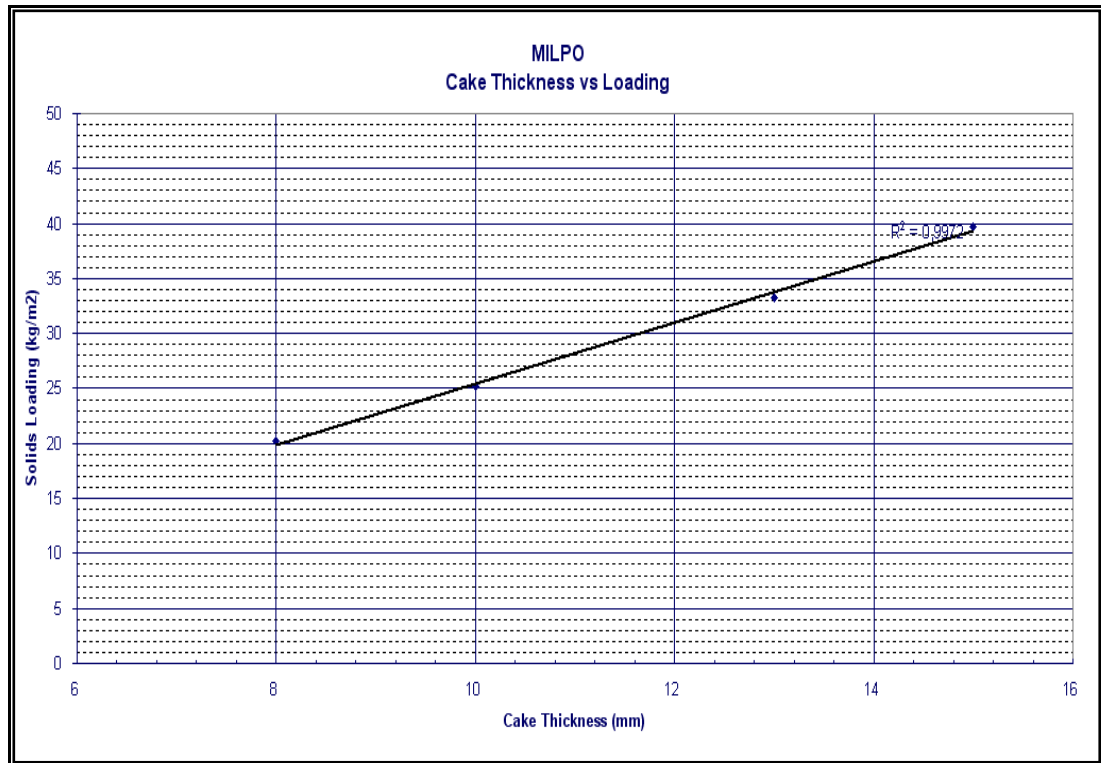




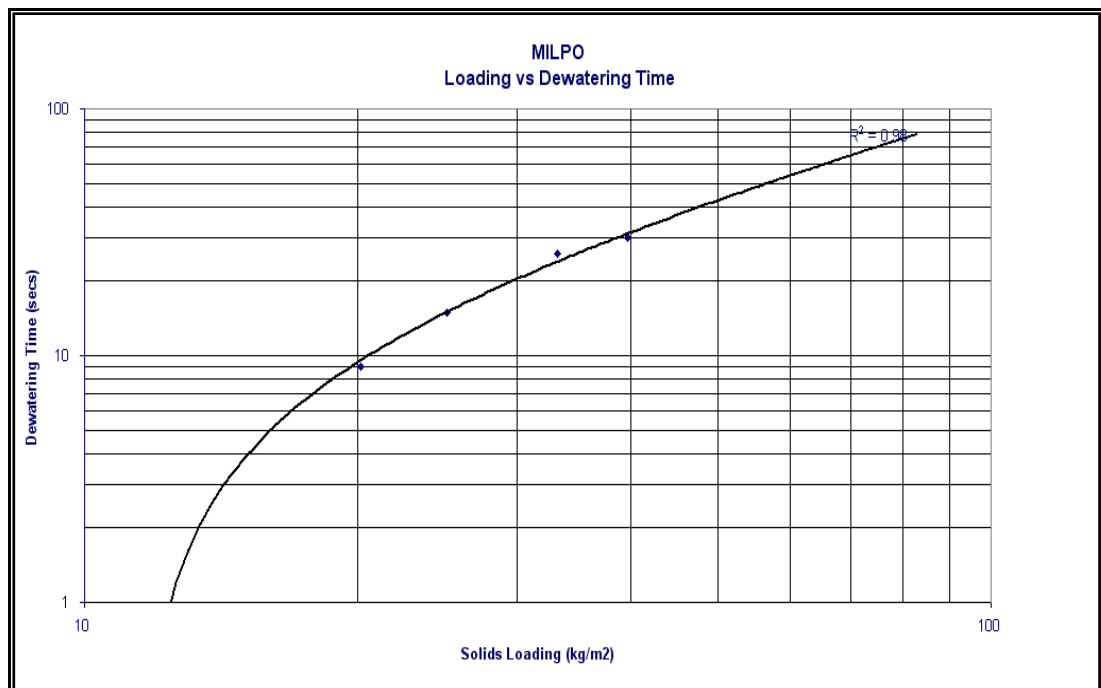
**Figura N° 3.2:** Cálculo del área del filtro Banda – Estándar

<b>HORIZONTAL BELT FILTER SIZING</b>			
<b>DEWATERING DUTY</b>			
Client :	MILPO		
Option :	1		
Rev :	0		
Required Cake Thickness	12	mm	
Required Cake Moisture	12	%	
Dry Tonnage Feed	225,0	tph	
<b>From GRAPH 1</b>			
Solids Loading at	12 mm Cake Thickness	:	31,0 kg/m <sup>2</sup>
<b>From GRAPH 2</b>			
Dewatering Time at	31,0 kg/m <sup>2</sup> Solids Loading	:	20 seconds
<b>From GRAPH 3</b>			
Mass Drying Time at	12 % Cake Moisture	:	0,19 sec.m <sup>2</sup> /kg
Giving a Drying Time of	6 seconds		
Total Cycle Time	:	26 seconds	
SOLIDS RATE	:	4310,5 kg/m <sup>2</sup> .hr	
Filter Area Required	52,2 m <sup>2</sup>		
Safety Factor	20	%	
<b>AREA REQUIRED</b>	<b>62,6 m<sup>2</sup></b>		
Delkor HBF Size	62 m <sup>2</sup>		
Belt Width	3,4 m		
Vacuum Length	19 m		
Belt Speed	44,03 m/min		

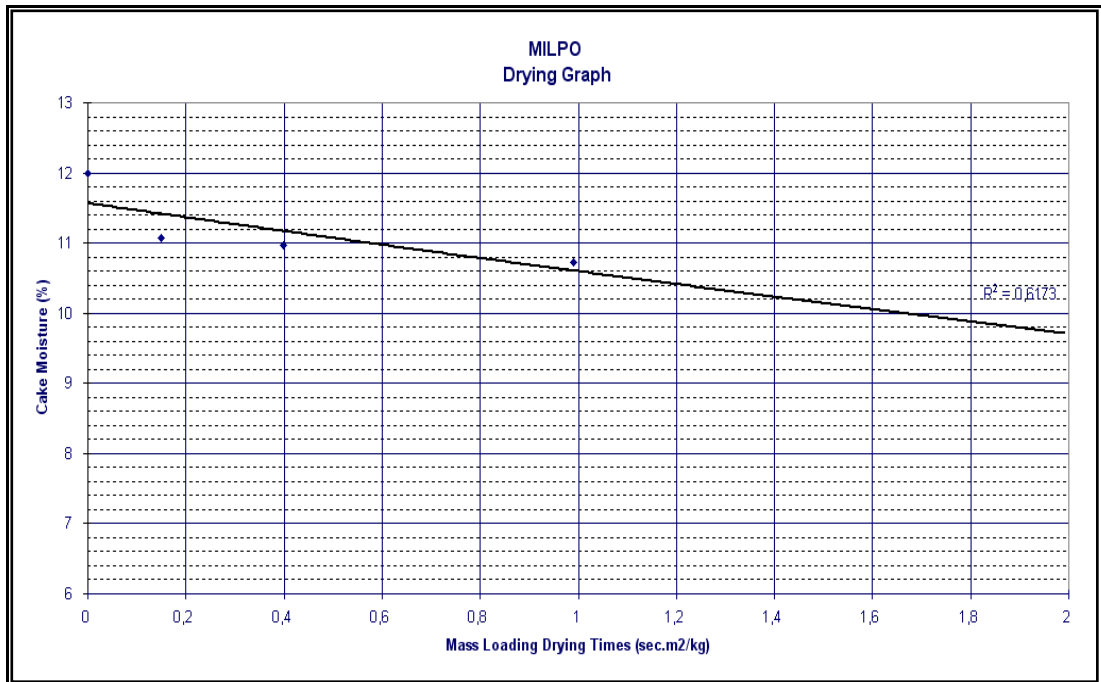
**Figura N° 3.3:** Planilla de cálculo del área del filtro Banda – Fast Test



**Figura N° 3.4:** Espesor del queque vs Carga de sólidos



**Figura N° 3.5:** Carga de sólidos vs Tiempo de secado



**Figura N° 3.6:** Humedad del queque vs Tasa de formación



**Figura N° 3.7:** Filtro banda horizontal

## **CAPITULO IV**

### **ASPECTO DE INGENIERIA**

#### **4.1. BALANCE METALÚRGICO DE LA PLANTA**

La unidad minera Cerro Lindo procesa una capacidad nominal de 7883.54 t/d en la guardia A y 7409.86 t/d en la guardia B en el año 2013.

##### **La planta producirá en la guardia A:**

- 185.32 t/d de concentrado de Cu con una ley promedio de 26.79% de Cu y una recuperación de 80.74 %.
- 399.81 t/d de concentrado de Zn con una ley promedio de 54.3% de Zn y una recuperación de 93.03 %.
- 26.66 t/d de concentrado de Pb con una ley promedio de 60.07% de Pb y una recuperación de 72.54 %.

##### **La planta producirá en la guardia B:**

- 201.61 t/d de concentrado de Cu con una ley promedio de 26.4% de Cu y una recuperación de 82.56 %.
- 337.12 t/d de concentrado de Zn con una ley promedio de 55.05% de Zn y una recuperación de 91.08 %.
- 19.87 t/d de concentrado de Pb con una ley promedio de 65.43% de Pb y una recuperación de 62.66 %.

PRODUCTO	tms	LEYES, % * oz/t							DISTRIBUCION %							CONTENIDO FINO							NSR US\$/tms
		Ag*	Pb	Cu	Zn	Fe	Bi	Au	Ag	Pb	Cu	Zn	Fe	Bi	Au	Ag (oz)	Pb(tms)	Cu(tms)	Zn(tms)	Fe(tms)	Bi(tms)	Au(oz)	
<b>A</b>																							
CABEZA	<b>7,883.54</b>	0.96	0.28	0.78	2.96	29.86	0.00	0.000	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	0.000	7,568.20	22.07	61.49	233.35	2,354.03	0.00	0.000	<b>72.94</b>
CONC. Cu	185.32	13.84	0.77	26.79	3.66	25.21	0.00	0.000	36.75	6.46	<b>80.74</b>	2.91	2.08	0.00	0.000	2,564.81	1.43	49.65	6.78	46.72	0.00	0.000	1,368.89
CONC. Pb	26.66	87.66	60.07	2.19	5.54	7.83	0.20	0.000	33.49	<b>72.54</b>	0.95	0.63	0.09	100.00	0.000	2,337.20	16.02	0.58	1.48	2.09	0.05	0.000	1,276.41
CONC. Zn	399.81	1.74	0.25	1.18	54.30	7.13	0.00	0.000	9.97	4.53	7.67	<b>93.03</b>	1.27	0.00	0.000	695.66	1.00	4.72	217.10	28.51	0.00	0.000	584.31
Relave	7,271.77	0.19	0.05	0.09	0.11	29.84	0.00	0.000	19.80	16.47	10.64	3.43	96.56	0.00	0.000	1,381.64	3.64	6.55	8.00	2,169.90	0.00	0.000	6.88
<b>B</b>																							
CABEZA	<b>7,409.86</b>	0.74	0.28	0.87	2.75	30.46	0.00	0.000	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	0.000	5,483.29	20.75	64.47	203.77	2,257.04	0.00	0.000	<b>73.73</b>	
CONC. Cu	201.61	9.71	2.56	26.40	3.62	25.54	0.00	0.000	37.04	24.88	<b>82.56</b>	3.58	2.39	0.00	0.000	1,957.61	5.16	53.22	7.30	51.49	0.00	0.000	1,341.57
CONC. Pb	19.87	85.98	65.43	2.07	3.07	4.87	0.15	0.000	32.32	<b>62.66</b>	0.64	0.30	0.05	100.00	0.000	1,708.06	13.00	0.41	0.61	0.97	0.03	0.000	1,287.84
CONC. Zn	337.12	1.35	0.36	1.18	55.05	6.72	0.00	0.000	8.61	5.85	6.17	<b>91.08</b>	1.05	0.00	0.000	455.11	1.21	3.98	185.58	22.65	0.00	0.000	590.04
Relave	6,851.25	0.17	0.02	0.10	0.15	30.34	0.00	0.000	22.04	6.61	10.63	5.04	96.51	0.00	0.000	1,164.71	1.37	6.85	10.28	2,078.67	0.00	0.000	7.31
<b>DIA</b>																							
CABEZA	<b>15,293.40</b>	0.85	0.28	0.82	2.86	30.15	0.00	0.000	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.000	13,051.49	42.82	125.96	437.12	4,611.07	0.00	0.000	<b>73.15</b>	
CONC. Cu	386.93	11.69	1.70	26.59	3.64	25.38	0.00	0.000	36.87	15.38	<b>81.67</b>	3.22	2.23	0.00	0.000	4,522.41	6.59	102.87	14.08	98.21	0.00	0.000	1,354.80
CONC. Pb	46.53	86.94	62.36	2.14	4.49	6.57	0.18	0.000	32.98	<b>67.75</b>	0.79	0.48	0.07	100.00	0.000	4,045.27	29.01	1.00	2.09	3.06	0.08	0.000	1,281.39
CONC. Zn	736.93	1.56	0.30	1.18	54.64	6.94	0.00	0.000	9.38	5.17	6.90	<b>92.12</b>	1.16	0.00	0.000	1,150.77	2.21	8.70	402.68	51.16	0.00	0.000	586.89
Relave	14,123.02	0.18	0.04	0.09	0.13	30.08	0.00	0.000	20.76	11.69	10.64	4.18	96.54	0.00	0.000	2,546.35	5.01	13.40	18.28	4,248.57	0.00	0.000	6.91
<b>MES</b>																							
CABEZA	<b>294,149.00</b>	0.74	0.26	0.82	3.27	31.15	0.00	0.000	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.000	217,992.36	754.88	2,418.34	9,622.68	91,641.46	0.00	0.000	<b>76.17</b>	
CONC. Cu	7,637.99	10.23	1.40	26.59	3.68	27.01	0.00	0.000	38.02	14.15	<b>83.99</b>	2.92	2.29	0.00	0.000	78,172.07	106.79	2,031.22	281.09	2,063.27	0.00	0.000	1,343.15
CONC. Pb	843.67	68.08	64.35	2.31	3.05	5.69	0.13	0.000	27.93	<b>71.92</b>	0.80	0.27	0.05	100.00	0.000	57,437.29	542.87	19.45	25.71	48.05	1.08	0.000	1,176.07
CONC. Zn	15,780.75	0.94	0.12	0.62	56.80	6.27	0.00	0.000	7.25	2.41	4.04	<b>93.14</b>	1.10	0.00	0.000	14,912.75	18.19	97.64	8,963.01	989.81	0.00	0.000	575.91
Relave	269,886.54	0.20	0.03	0.10	0.13	32.17	0.00	0.000	26.79	11.53	11.17	3.67	96.55	0.00	0.000	55,088.51	87.01	270.03	352.89	86,824.64	0.00	0.000	7.41
<b>AÑO</b>																							
CABEZA	<b>2,347,142.68</b>	0.78	0.32	0.76	3.30	29.37	0.00	0.000	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.000	1,821,627.15	7,606.24	17,777.80	77,351.28	689,367.30	0.00	0.000	<b>74.50</b>	
CONC. Cu	56,644.90	11.05	1.05	25.65	5.15	26.42	0.00	0.000	35.48	7.80	<b>81.72</b>	3.77	2.19	0.00	0.000	625,720.27	593.03	14,527.63	2,916.72	14,964.01	0.00	0.000	1,315.45
CONC. Pb	8,458.03	64.39	64.83	2.89	2.72	5.62	0.16	0.000	30.88	<b>72.09</b>	1.38	0.30	0.07	100.00	0.000	544,606.28	5,483.65	244.53	229.69	475.23	13.20	0.000	1,181.17
CONC. Zn	128,999.45	1.51	0.42	0.92	55.51	6.78	0.00	0.000	11.01	7.19	6.67	<b>92.58</b>	1.28	0.00	0.000	194,229.52	547.00	1,186.29	71,608.14	8,742.96	0.00	0.000	583.96
Relave	2,153,040.12	0.19	0.05	0.08	0.12	30.57	0.00	0.000	22.62	12.92	10.23	3.36	96.46	0.00	0.000	398,810.99	982.63	1,819.31	2,596.71	658,252.49	0.00	0.000	6.51

Figura N° 4.1: Balance metalúrgico de la unidad minera Cerro Lindo

## 4.2. BALANCE DE MASA DE PLANTA

- **ÁREA DE CHANCADO**

**Tabla N°4.1:** Balance de masa de Chancado Primario

DESCRIPCIÓN		UND.	Mineral de Mina	Alimentadores Vibratorios	Undersize Grizzly Vibratorio	Oversize Grizzly Vibratorio	Alimento Chancadora Primaria	Producto Chancadora Primaria	Alimento Total a Zaranda Primaria	Undersize Total Zaranda Primaria	Oversize Total Zaranda Primaria
			SÓLIDO	SÓLIDO	SÓLIDO	SÓLIDO	SÓLIDO	SÓLIDO	SÓLIDO	SÓLIDO	SÓLIDO
NOMINAL	Sólidos secos	t/d	15000.00	15000.00	9706.67	5293.33	5293.33	5293.33	15000.00	4346.67	10653.33
	Sólidos secos	t/h	937.50	937.50	606.67	330.83	330.83	330.83	937.50	271.67	665.83
	Gravedad Específica	-	4.25	4.25	4.25	4.25	4.25	4.25	4.25	4.25	4.25
	Humedad	%	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
	Agua	m <sup>3</sup> /h	19.13	19.13	12.38	6.75	6.75	6.75	19.13	5.54	13.59
	Sólidos Húmedos	t/h	956.63	956.63	619.05	337.59	337.59	337.59	956.63	277.21	679.42
	Sólidos Húmedos	m <sup>3</sup> /h	239.72	239.72	155.13	84.59	84.59	84.59	239.72	69.47	170.26
	Densidad	t/m <sup>3</sup>	3.99	3.99	3.99	3.99	3.99	3.99	3.99	3.99	3.99

**Tabla N°4.2:** Balance de masa de Chancado Secundario y Terciario

DESCRIPCIÓN		UND.	Descarga Total de Chancadora HP 400	Alimento Total Zaranda Secundaria	Undersize Total Zaranda Secundaria	Oversize Total Zaranda Secundaria	Descarga Total de Chancadora HP 800	Producto Chancado
		UND.	SÓLIDO	SÓLIDO	SÓLIDO	SÓLIDO	SÓLIDO	SÓLIDO
<b>NOMINAL</b>	Sólidos secos	t/d	10653.33	22040.00	10640.00	11400.00	11400.00	15000.00
	Sólidos secos	t/h	665.83	1377.50	665.00	712.50	712.50	937.50
	Gravedad Específica	-	4.25	4.25	4.25	4.25	4.25	4.25
	Humedad	%	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
	Agua	m <sup>3</sup> /h	13.59	28.11	13.57	14.54	14.54	19.13
	Sólidos Húmedos	t/h	679.42	1405.61	678.57	727.04	727.04	956.63
	Sólidos Húmedos	m <sup>3</sup> /h	170.26	352.23	170.04	182.19	182.19	239.72
	Densidad	t/m <sup>3</sup>	3.99	3.99	3.99	3.99	3.99	3.99



- **ÁREA DE MOLIENDA**

**Tabla N°4.3:** Balance de masa de la Sección I de Molienda

DESCRIPCIÓN		Alimento Fresco SECC. I	Alimento Combinado SECC. I	Agua a ingreso molino	Descarga Molino I	Agua descarga Molino	Alimento Celda SK240	Conc. SK240	SECC. I Alim. Zaranda, Relave SK240	SECC. I Gruesos Zaranda	SECC. I Finos Zaranda	
	UND.	Pulpa	Pulpa	Agua	Pulpa	Agua	Pulpa	Pulpa	Pulpa	Pulpa	Pulpa	
<b>NOMINAL</b>	Sólidos secos	t/d	7070.40	17623.20		17623.20		17623.20	36.00	17587.20	10552.80	7034.40
	Sólidos secos	t/h	294.60	734.30		734.30		734.30	1.50	732.80	439.70	293.10
	Gravedad Específica	-	4.50	4.50		4.50		4.50	4.50	4.50	4.50	4.50
	Agua	m <sup>3</sup> /h	6.01	115.58	91.53	207.11	343.45	550.56	1.50	548.99	108.90	440.02
	Pulpa	t/h	300.61	849.88		941.41		1284.86	3.00	1281.79	548.60	733.12
	Pulpa	m <sup>3</sup> /h	71.48	278.76		370.29		713.74	1.83	711.83	206.61	505.15
	Densidad de Pulpa	t/m <sup>3</sup>	4.21	3.05		2.54		1.80	1.64	1.80	2.66	1.45

**Tabla N°4.4:** Balance de masa de la Sección II de Molienda

DESCRIPCIÓN		UND.	Alim. Fresco SECC. II	Alim. Combinado SECC. II	Agua ingreso molino	Descarga Molino II	Agua descarga Molino	Alim. Celda SK240	Conc SK240	SECC. II Alim. Zaranda, Relave SK240	SECC. II Gruesos Zaranda	SECC. II Finos Zaranda	Prod. final total
			Pulpa	Pulpa	Agua	Pulpa	Agua	Pulpa	Pulpa	Pulpa	Pulpa	Pulpa	Pulpa
NOMINAL	Sólidos secos	t/d	9429.60	23498.40		23498.40		23498.4	48.96	23448	14068.8	9379.20	16413
	Sólidos secos	t/h	392.90	979.10		979.10		979.10	2.04	977.00	586.20	390.80	683.90
	Gravedad Específica	-	4.50	4.50		4.50		4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50
	Agua	m <sup>3</sup> /h	8.02	154.12	122.04	276.16	457.95	734.11	2.04	731.94	145.18	586.69	1026.7
	Pulpa	t/h	400.92	1133.22		1255.26		1713.21	4.08	1708.94	731.38	977.49	1710.6
	Pulpa	m <sup>3</sup> /h	95.33	371.70		493.74		951.69	2.49	949.05	275.45	673.53	1178.6
	Densidad de Pulpa	t/m <sup>3</sup>	4.21	3.05		2.54		1.80	1.64	1.80	2.66	1.45	1.45

- AREA DE FLOTACIÓN

Tabla N°4.5: Balance de masa del circuito de flotación Bulk 1/3

DESCRIPCIÓN		Alim. Fresco	Relave RO - I	Relave SCV-CI II	Alim. Total RO II	Relave RO - II	Relave Bulk	Agua Conc SCV	Conc. Scv	Agua Conc. Ro - I	Conc. RO - I	Agua RO - II	Conc. RO - II	
	UND.	Pulpa	Pulpa	Pulpa	Pulpa	Pulpa	Pulpa	Agua	Pulpa	Agua	Pulpa	Agua	Pulpa	
NOMINAL	Sólidos secos	t/d	16415.04	16032.00	2124.00	18156.00	16968.00		988.80		381.60		1188.00	
	Sólidos secos	t/h	683.96	668.00	88.50	756.50	707.00		41.20		15.90		49.50	
	Gravedad Específica	-	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50		4.50		4.50		4.50	
	Agua	m <sup>3</sup> /h	1026.80	989.98	313.41	1303.12	1228.40	1147.16	38.67	120.09	38.67	75.40	38.67	113.86
	Pulpa	t/h	1710.76	1657.98	401.91	2059.62	1935.40	1813.12		161.29		91.30		163.36
	Pulpa	m <sup>3</sup> /h	1178.79	1138.42	333.08	1471.23	1385.51	1295.15		129.25		78.93		124.86
	Densidad de Pulpa	t/m <sup>3</sup>	1.45	1.46	1.21	1.40	1.40	1.40		1.25		1.16		1.31

**Tabla N°4.6:** Balance de masa del circuito de flotación Bulk 2/3

DESCRIPCIÓN		Alim. Total CI - I	Relave CI - II	Conc. CI - I	Relave CI - I	Conc. (SCV & SCV-CI II)	Alim. Total SCV-CI - I	Relve SCV-CI-I	Conc. Scv-CI-I	Alim. Total SCV-CI- II	Conc. SCV-CI- II	Alim. Total CI- II	
		UND.	Pulpa	Pulpa	Pulpa	Pulpa	Pulpa	Pulpa	Pulpa	Pulpa	Pulpa	Pulpa	
NOMINAL	Sólidos secos	t/d	2853.60	804.00	856.80	1996.80	1447.20	3448.80	2585	861.6	2584.8	460.8	1236
	Sólidos secos	t/h	118.90	33.50	35.70	83.20	60.30	143.70	107.7	35.90	107.70	19.20	51.50
	Gravedad Específica	-	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50
	Agua	m <sup>3</sup> /h	311.12	82.98	70.87	261.03	203.48	464.43	352.1	111.8	352.56	60.04	169.5
	Pulpa	t/h	430.02	116.48	106.57	344.23	263.78	608.13	459.8	147.7	460.26	79.24	221.0
	Pulpa	m <sup>3</sup> /h	337.54	90.42	78.80	279.52	216.88	496.36	376.0	119.8	376.49	64.31	180.9
	Densidad de Pulpa	t/m <sup>3</sup>	1.27	1.29	1.35	1.23	1.22	1.23	1.22	1.23	1.22	1.23	1.22

**Tabla N°4.7:** Balance de masa del circuito de flotación Bulk 3/3

DESCRIPCIÓN		Conc. Bulk	Agua CI - I	Agua CI- II	Agua CI-SCV I	Agua CI-Scv II	Grueso Ciclón	Conc. RO- I	Conc. RO- II	Conc. SCV	Rlv Scv-CI-II	Alim. Ciclón	Desc. Molino
	UND.	Pulpa	Agua	Agua	Agua	Agua	Pulpa	Pulpa	Pulpa	Pulpa	Pulpa	Pulpa	Pulpa
NOMINAL	Sólidos secos	t/d	432.00				2584.80	381.60	1188.20	988.80	2124.00	5167.20	2584.80
	Sólidos secos	t/h	18.00				107.70	15.90	49.51	41.20	88.50	215.30	107.70
	Gravedad Específica	-	4.50				4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50
	Agua	m³/h	86.65	19.33	19.33	19.33	58.76	72.91	108.87	114.60	313.59	411.12	58.76
	Pulpa	t/h	104.65				166.46	88.81	158.38	155.80	402.09	626.42	166.46
	Pulpa	m³/h	90.65				82.69	76.44	119.87	123.76	333.26	458.96	82.69
	Densidad de Pulpa	t/m³	1.15				2.01	1.16	1.32	1.26	1.21	1.36	2.01

**Tabla N°4.8:** Balance de masa del circuito de flotación Zinc 1/2

DESCRIPCIÓN		Alim. Fresco	Alim. RO-II	Conc. RO-II	Rlv RO-II	Rlv Scv Zn	Agua RO-I	Conc RO- I	Conc Scv	Desc. Molino	Alim. Ciclón	O/F Ciclón	U/F Ciclón	Alim. Total RO-I	Rlv Total	
		UND	Pulpa	Pulpa	Pulpa	Pulpa	Agua	Pulpa	Pulpa	Pulpa	Pulpa	Pulpa	Pulpa	Pulpa	Pulpa	
NOMINAL	Sólidos secos	t/d	15983	15679.	2228.4	13450.	11426.1		2327	2025	2429	4454	2024	2429	15982	1460
	Sólidos secos	t/h	665.96	653.30	92.85	560.45	476.09		96.96	84.36	101.23	185.59	84.36	101.23	665.9	608.3
	Gravedad Específica	-	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50		4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50
	Agua	m <sup>3</sup> /h	1147.1	1208.4	253.77	1020.0	822.57	65.26	271.3	267.1	81.86	292.37	267.14	81.86	1147.00	1362
	Pulpa	t/h	1813.1	1861.7	346.62	1580.5	1298.66		368.2	351.5	183.09	477.96	351.50	183.09	1812.00	1970
	Pulpa	m <sup>3</sup> /h	1295.1	1353.6	274.40	1144.6	928.37		292.8	285.8	104.36	333.61	285.89	104.36	1295.00	1497
	Densidad de Pulpa	t/m <sup>3</sup>	1.40	1.38	1.26	1.38	1.40		1.26	1.23	1.75	1.43	1.23	1.75	1.40	1.32

**Tabla N°4.9:** Balance de masa del circuito de flotación Zinc 2/2

DESCRIPCIÓN		Conc. RO-I	Rlv CI-II	Alim. Total CI-I	Rlv CI-I	Rlv CI-III	Conc. RO-II	Rlv Scv-CI	Alim. Total CI-II	Conc. CI-II	Conc. Zinc	Conc. CI-I	Conc. Scv-CI-I	
UND.		Pulpa	Pulpa	Pulpa	Pulpa	Pulpa	Pulpa	Pulpa	Pulpa	Pulpa	Pulpa	Pulpa	Pulpa	
NOMINAL	Sólidos secos	t/d	2327.04	3453.36	7830.72	5323.68	1126.08	2228.64	3174.72	5960.64	2508.00	1380.96	2508.00	2148.00
	Sólidos secos	t/h	96.96	143.89	326.28	221.82	46.92	92.86	132.28	248.36	104.50	57.54	104.50	89.50
	Gravedad Específica	-	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50
	Agua	m³/h	271.30	404.89	857.61	707.22	199.31	253.79	539.87	654.44	249.64	134.26	151.32	166.29
	Pulpa	t/h	368.26	548.78	1183.89	929.04	246.23	346.65	672.15	902.80	354.14	191.80	255.82	255.79
	Pulpa	m³/h	292.85	436.87	930.12	756.51	209.74	274.43	569.27	709.63	272.86	147.05	174.54	186.18
	Densidad de Pulpa	t/m³	1.26	1.26	1.27	1.23	1.17	1.26	1.18	1.27	1.30	1.30	1.47	1.37

**Tabla N°4.10:** Balance de masa del circuito Separación Cu - Pb

DESCRIPCIÓN		UND.	Alim. Fresco	Rlv CI-I	Alim. Total RO	Rlv RO-Scv	Conc. Pb	Conc. RO-Scv	Alim. Comb. CI-I	Rlv CI-II	Conc. CI-I	Conc. Cu
		UND.	Pulpa	Pulpa	Pulpa	Pulpa	Pulpa	Pulpa	Pulpa	Pulpa	Pulpa	Pulpa
<b>NOMINAL</b>	Sólidos secos	t/d	516.96	194.40	711.36	382.80	134.16	328.56	442.08	113.76	247.68	382.80
	Sólidos secos	t/h	21.54	8.10	29.64	15.95	5.59	13.69	18.42	4.74	10.32	15.95
	Gravedad Específica	-	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50
	Agua	m <sup>3</sup> /h	98.13	23.05	121.20	85.64	59.22	49.59	61.32	10.73	43.90	85.64
	Pulpa	t/h	119.67	31.15	150.84	101.59	64.81	63.28	79.74	15.47	54.22	101.59
	Pulpa	m <sup>3</sup> /h	102.92	24.85	127.79	89.18	60.46	52.63	65.41	11.78	46.19	89.18
	Densidad de Pulpa	t/m <sup>3</sup>	1.16	1.25	1.18	1.14	1.07	1.20	1.22	1.31	1.17	1.14



## **CAPITULO V**

### **EVALUACIÓN ECONÓMICA**

#### **5.1. COSTO DE OPERACIÓN DE LA UNIDAD CERRO LINDO**

Del Costo Operativo anual de la unidad minera Cerro Lindo, 8.52 US\$/TM (26.98%), corresponden al año 2012.

Mina Desarrollos, 4.02 US\$/TM (12.73%)

Mina Producción, 8.39 US\$/TM (28.58%)

Planta, 5.63 US\$/TM (17.84%)

Mantenimiento, 1.29 US\$/TM (4.09%)

Geología, 2.05 US\$/TM (6.48%)

Recursos Humanos, 0.62 US\$/TM (1.95%)

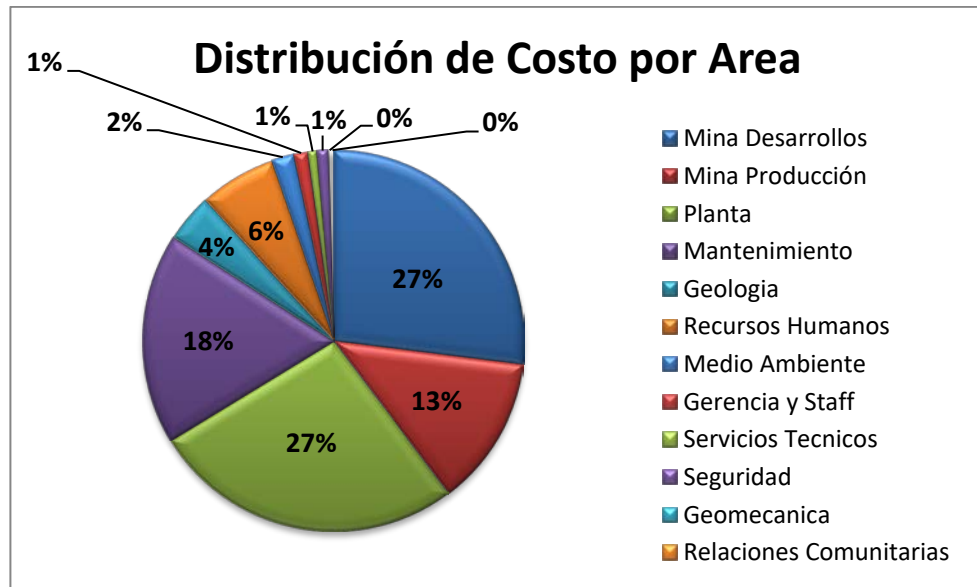
Medio Ambiente, 0.38 US\$/TM (1.2%)

Gerencia y Staff,. 0.23 US\$/TM (0.74%)

Servicios Técnicos, 0.29 US\$/TM (0.93%)

Seguridad y Geomecanica. 0.08 US\$/TM (4.09%)

La distribución se presenta en la tabla N°5.1 y figura N°5.1



**Figura N° 5.1:** Distribución de Costo por Área

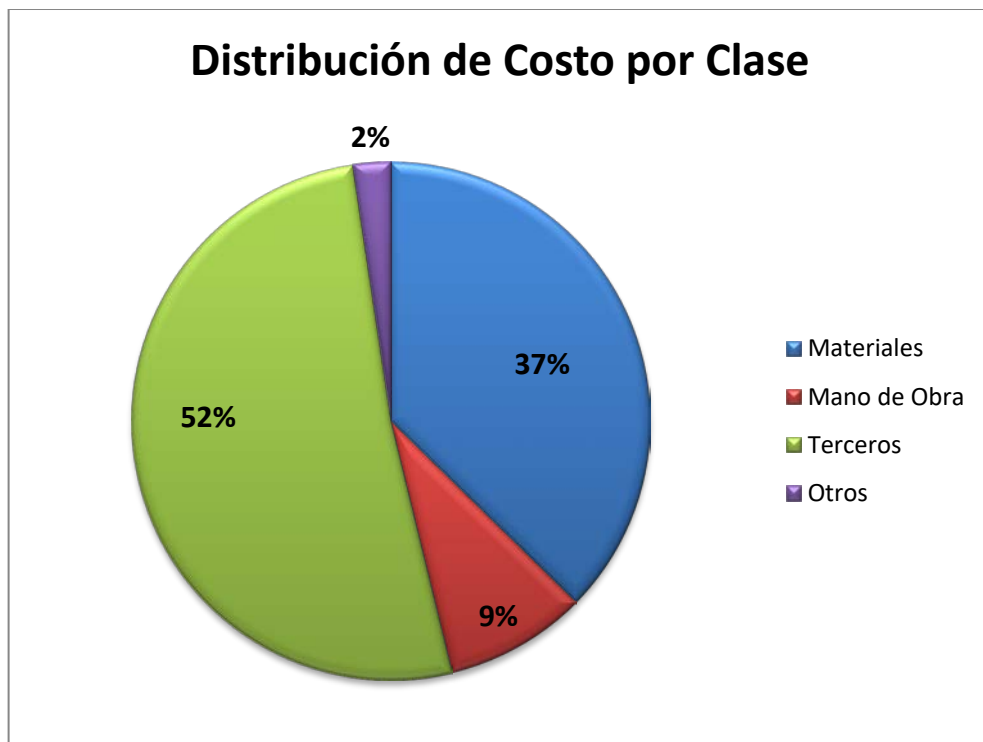
**Tabla N°5.1:** Costo Operativo por Área

Área	Unidad	Costo	%
Mina Desarrollos	US\$/TM	8.52	26.98
Mina Producción	US\$/TM	4.02	12.73
Planta	US\$/TM	8.39	26.58
Mantenimiento	US\$/TM	5.63	17.84
Geología	US\$/TM	1.29	4.09
Recursos Humanos	US\$/TM	2.05	6.48
Medio Ambiente	US\$/TM	0.62	1.95
Gerencia y Staff	US\$/TM	0.38	1.20
Servicios Técnicos	US\$/TM	0.23	0.74
Seguridad	US\$/TM	0.29	0.93
Geomecanica	US\$/TM	0.08	0.25
Relaciones Comunitarias	US\$/TM	0.07	0.22
<b>Total</b>	US\$/TM	<b>31.58</b>	<b>100.00</b>

El costo operativo expresado en función del tipo de gasto, se presenta en la tabla N°5.2 y figura N°5.2 siguientes:

**Tabla N°5.2:** Costo Operativo por Clase

Clase	Unidad	Costo	%
Materiales	US\$/TM	11.80	37.36
Mano de Obra	US\$/TM	2.79	8.84
Terceros	US\$/TM	16.25	51.46
Otros	US\$/TM	0.74	2.34
<b>Total</b>	US\$/TM	<b>31.58</b>	100



**Figura N° 5.2:** Distribución de Costo por Clase

### 5.1.1. MINA DESARROLLO

**Tabla N°5.3:** Costo Operativo de Mina Desarrollo por mes 1/2

<b>Mina Desarrollos</b>	<b>Naturaleza</b>	<b>Enero</b>	<b>Febrero</b>	<b>Marzo</b>	<b>Abril</b>	<b>Mayo</b>	<b>Junio</b>	<b>Julio</b>
	Materiales	946861	946861	976363	976363	976363	976363	976363
	Mano de Obra	241785	254510	241785	241,785	24185	241785	241785
	Terceros	2363816	2353561	2482986	2490415	2485672	2488683	2485841
	Otros	77941	78065	78065	78065	78065	78065	78065
<b>Total US\$</b>		<b>3630402</b>	<b>3632997</b>	<b>3779198</b>	<b>3786628</b>	<b>3781884</b>	<b>3784895</b>	<b>3782053</b>
<b>Total US\$/TM</b>		<b>8.35</b>	<b>8.65</b>	<b>8.69</b>	<b>8.41</b>	<b>8.69</b>	<b>8.41</b>	<b>8.69</b>

**Tabla N°5.4:** Costo Operativo de Mina Desarrollo por mes 2/2

<b>Mina Desarrollos</b>	<b>Naturaleza</b>	<b>Agosto</b>	<b>Septiembre</b>	<b>Octubre</b>	<b>Noviembre</b>	<b>Diciembre</b>	<b>Anual</b>
	Materiales	976363	976363	976363	976363	976363	11657347
	Mano de Obra	241785	241785	241785	241785	241785	2901416
	Terceros	2492246	2492877	2489051	2492732	2493434	29611313
	Otros	78065	78065	78065	78065	78065	936658
<b>Total US\$</b>		<b>3788458</b>	<b>3789090</b>	<b>3785264</b>	<b>3788944</b>	<b>3789646</b>	<b>45106733</b>
<b>Total US\$/TM</b>		<b>8.42</b>	<b>8.42</b>	<b>8.70</b>	<b>8.42</b>	<b>8.42</b>	<b>8.52</b>

### 5.1.2. MINA PRODUCCIÓN

**Tabla N°5.5:** Costo Operativo de Mina Producción por mes 1/2

Mina Producción	Naturaleza	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio
	Materiales	906635	899567	904732	907576	902849	911405	903608
	Mano de Obra	225404	237268	225404	225404	225404	225404	225404
	Terceros	589939	577669	586528	588878	580225	596298	583731
	Otros	58885	58885	58885	58885	58885	58885	58885
<b>Total US\$</b>		<b>1780864</b>	<b>1773389</b>	<b>1775550</b>	<b>1780744</b>	<b>1767364</b>	<b>1791993</b>	<b>1771629</b>
<b>Total US\$/TM</b>		<b>4.09</b>	<b>4.22</b>	<b>4.08</b>	<b>3.96</b>	<b>4.06</b>	<b>3.98</b>	<b>4.07</b>

**Tabla N°5.6:** Costo Operativo de Mina Producción por mes 2/2

Mina Producción	Naturaleza	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Anual
	Materiales	907359	902875	903536	904412	904907	<b>10859462</b>
	Mano de Obra	225404	225404	225404	225404	225404	<b>2704853</b>
	Terceros	585655	583139	574320	588404	585931	<b>7020717</b>
	Otros	58885	58885	58885	58885	58885	<b>706623</b>
<b>Total US\$</b>		<b>1777304</b>	<b>1770304</b>	<b>1,62145</b>	<b>1777106</b>	<b>1775127</b>	<b>21291655</b>
<b>Total US\$/TM</b>		<b>3.95</b>	<b>3.93</b>	<b>4.05</b>	<b>3.95</b>	<b>3.94</b>	<b>4.02</b>

### 5.1.3. PLANTA

**Tabla N°5.7:** Costo Operativo de Planta por mes 1/2

Planta	Naturaleza	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio
	Materiales	2248084	2187914	2248084	2308255	2248084	2,308255	2248084
	Mano de Obra	187597	197470	187597	187597	187597	187597	187597
	Terceros	1162015	1130763	1161571	1197115	1169605	1197157	1177603
	Otros	57602	57602	57602	57602	57602	57,602	57602
<b>Total US\$</b>		<b>3655297</b>	<b>3573748</b>	<b>3654853</b>	<b>3750568</b>	<b>3662888</b>	<b>3750609</b>	<b>3670886</b>
<b>Total US\$/TM</b>		<b>8.40</b>	<b>8.51</b>	<b>8.40</b>	<b>8.33</b>	<b>8.42</b>	<b>8.33</b>	<b>8.44</b>

**Tabla N°5.8:** Costo Operativo de Planta por mes 2/2

Planta	Naturaleza	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Anual
	Materiales	2308255	2308255	2248084	2308255	2308255	<b>27,277861</b>
	Mano de Obra	187597	187597	187597	187597	187597	<b>2,251161</b>
	Terceros	1205456	1205486	1185583	1213814	1213825	<b>14219992</b>
	Otros	57602	57602	57602	57602	57602	<b>691220</b>
<b>Total US\$</b>		<b>3758909</b>	<b>3758939</b>	<b>3678865</b>	<b>3767267</b>	<b>3767277</b>	<b>44440234</b>
<b>Total US\$/TM</b>		<b>8.35</b>	<b>8.35</b>	<b>8.46</b>	<b>8.37</b>	<b>8.37</b>	<b>8.39</b>

#### 5.1.4. MANTENIMIENTO

**Tabla N°5.9:** Costo Operativo de Mantenimiento por mes 1/2

Mantenimiento	Naturaleza	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio
	Materiales	1120826	868988	1067821	819401	1121463	825029	996825
	Mano de Obra	255056	268480	255056	255056	255056	255056	255056
	Terceros	1324274	1128270	1395774	1064770	1302774	1029770	1339770
	Otros	37658	37658	37658	37658	37658	37658	37658
<b>Total US\$</b>		<b>2737814</b>	<b>2303397</b>	<b>2756310</b>	<b>2176885</b>	<b>2716952</b>	<b>2147514</b>	<b>2629310</b>
<b>Total US\$/TM</b>		<b>6.29</b>	<b>5.48</b>	<b>6.34</b>	<b>4.84</b>	<b>6.25</b>	<b>4.77</b>	<b>6.04</b>

**Tabla N°5.10:** Costo Operativo de Mantenimiento por mes 2/2

Mantenimiento	Naturaleza	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Anual
	Materiales	1012216	872739	1078002	881109	1050892	<b>11715310</b>
	Mano de Obra	255056	255056	255056	255056	255056	<b>3060678</b>
	Terceros	1218774	1174270	1266274	1166770	1191274	<b>14602763</b>
	Otros	37658	37658	37658	37658	37658	<b>451900</b>
<b>Total US\$</b>		<b>2523704</b>	<b>2339724</b>	<b>2636991</b>	<b>2340594</b>	<b>2534880</b>	<b>29,830,651</b>
<b>Total US\$/TM</b>		<b>5.61</b>	<b>5.20</b>	<b>6.06</b>	<b>5.20</b>	<b>5.63</b>	<b>5.63</b>

### 5.1.5. GEOLOGIA

**Tabla N°5.11:** Costo Operativo de Geología por mes 1/2

<b>Geología</b>	<b>Naturaleza</b>	<b>Enero</b>	<b>Febrero</b>	<b>Marzo</b>	<b>Abril</b>	<b>Mayo</b>	<b>Junio</b>	<b>Julio</b>
	Materiales	17636	17636	17636	17636	17636	17636	17636
	Mano de Obra	56982	59981	56982	56982	56982	56982	56982
	Terceros	451718	451718	451718	451718	451718	451718	501717
	Otros	18659	18659	18659	18659	18659	18659	18659
<b>Total US\$</b>		<b>544995</b>	<b>547994</b>	<b>544995</b>	<b>544995</b>	<b>544995</b>	<b>544995</b>	<b>594995</b>
<b>Total US\$/TM</b>		<b>1.25</b>	<b>1.30</b>	<b>1.25</b>	<b>1.21</b>	<b>1.25</b>	<b>1.21</b>	<b>1.37</b>

**Tabla N°5.12:** Costo Operativo de Geología por mes 2/2

<b>Geología</b>	<b>Naturaleza</b>	<b>Agosto</b>	<b>Septiembre</b>	<b>Octubre</b>	<b>Noviembre</b>	<b>Diciembre</b>	<b>Anual</b>
	Materiales	17636	17636	17636	17636	17636	<b>211636</b>
	Mano de Obra	56982	56982	56982	56982	56982	<b>683787</b>
	Terceros	501717	501717	501717	501717	501717	<b>5720609</b>
	Otros	18659	18659	18659	18659	18659	<b>223910</b>
<b>Total US\$</b>		<b>594995</b>	<b>594995</b>	<b>594995</b>	<b>594995</b>	<b>594995</b>	<b>6839942</b>
<b>Total US\$/TM</b>		<b>1.32</b>	<b>1.32</b>	<b>1.37</b>	<b>1.32</b>	<b>1.32</b>	<b>1.29</b>



### 5.1.6. RECURSOS HUMANOS

**Tabla N°5.13:** Costo Operativo de Recursos Humanos por mes 1/2

Recursos Humanos	Naturaleza	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio
	Materiales	26972	25472	25472	25472	25472	25472	25472
	Mano de Obra	38522	40550	38522	38522	38522	38522	38522
	Terceros	800753	800482	800753	801106	840832	801106	832911
	Otros	20202	20202	22102	20202	20202	20202	20202
<b>Total US\$</b>		<b>886450</b>	<b>886706</b>	<b>886850</b>	<b>885302</b>	<b>925028</b>	<b>885302</b>	<b>917108</b>
<b>Total US\$/TM</b>		<b>2.04</b>	<b>2.11</b>	<b>2.04</b>	<b>1.97</b>	<b>2.13</b>	<b>1.97</b>	<b>2.11</b>

**Tabla N°5.14:** Costo Operativo de Recursos Humanos por mes 2/2

Recursos Humanos	Naturaleza	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Anual
	Materiales	25472	25472	25472	25472	25472	<b>307163</b>
	Mano de Obra	38522	38522	38522	38522	38522	<b>462270</b>
	Terceros	801688	805688	810491	803271	925771	<b>9824852</b>
	Otros	22102	20202	20202	20202	20202	<b>246224</b>
<b>Total US\$</b>		<b>887784</b>	<b>889884</b>	<b>894688</b>	<b>887467</b>	<b>1009967</b>	<b>10840509</b>
<b>Total US\$/TM</b>		<b>1.97</b>	<b>1.98</b>	<b>2.06</b>	<b>1.97</b>	<b>2.24</b>	<b>2.05</b>

### 5.1.7. MEDIO AMBIENTE

**Tabla N°5.15:** Costo Operativo de Medio Ambiente por mes 1/2

Medio Ambiente	Naturaleza	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio
	Materiales	10084	7834	9034	10284	12334	15284	9284
	Mano de Obra	29484	31036	29484	29484	29484	29484	29484
	Terceros	225425	241425	220425	216425	234925	219425	224925
	Otros	4817	4817	4817	4817	4817	4817	4817
<b>Total US\$</b>		<b>269811</b>	<b>285112</b>	<b>263761</b>	<b>261011</b>	<b>281561</b>	<b>269011</b>	<b>268511</b>
<b>Total US\$/TM</b>		<b>0.62</b>	<b>0.68</b>	<b>0.61</b>	<b>0.58</b>	<b>0.65</b>	<b>0.60</b>	<b>0.62</b>

**Tabla N°5.16:** Costo Operativo de Medio Ambiente por mes 2/2

Medio Ambiente	Naturaleza	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Anual
	Materiales	10534	10534	7534	7534	8484	<b>118762</b>
	Mano de Obra	29484	29484	29484	29484	29484	<b>353812</b>
	Terceros	258025	220425	216425	234925	218925	<b>2731700</b>
	Otros	4817	4817	4817	4817	4817	<b>57804</b>
<b>Total US\$</b>		<b>302861</b>	<b>265261</b>	<b>258261</b>	<b>276761</b>	<b>261711</b>	<b>3262077</b>
<b>Total US\$/TM</b>		<b>0.67</b>	<b>0.59</b>	<b>0.59</b>	<b>0.62</b>	<b>0.58</b>	<b>0.62</b>

### 5.1.8. GERENCIA Y STAFF

**Tabla N°5.17:** Costo Operativo de Gerencia y Staff por mes 1/2

Gerencia y Staff	Naturaleza	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio
	Materiales	14003	16003	14003	14003	14003	14003	15003
	Mano de Obra	78549	82683	78549	78549	78549	78549	78549
	Terceros	46542	55042	44042	44042	44042	44042	44042
	Otros	42136	19432	62182	5182	6332	10692	6132
<b>Total US\$</b>		<b>181230</b>	<b>173160</b>	<b>198776</b>	<b>141776</b>	<b>142925</b>	<b>147286</b>	<b>143726</b>
<b>Total US\$/TM</b>		<b>0.42</b>	<b>0.41</b>	<b>0.46</b>	<b>0.32</b>	<b>0.33</b>	<b>0.33</b>	<b>0.33</b>

**Tabla N°5.18:** Costo Operativo de Gerencia y Staff por mes 2/2

Gerencia y Staff	Naturaleza	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Anual
	Materiales	14003	14003	14003	16003	14003	<b>173033</b>
	Mano de Obra	78549	78549	78549	78549	78549	<b>942590</b>
	Terceros	46542	44042	44042	46542	44042	<b>547004</b>
	Otros	8032	5182	60679	55098	55098	<b>336177</b>
<b>Total US\$</b>		<b>147126</b>	<b>141776</b>	<b>197273</b>	<b>196192</b>	<b>191692</b>	<b>1998804</b>
<b>Total US\$/TM</b>		<b>0.33</b>	<b>0.32</b>	<b>0.45</b>	<b>0.44</b>	<b>0.43</b>	<b>0.38</b>

### 5.1.9. SERVICIOS TECNICOS

**Tabla N°5.19:** Costo Operativo de Servicios Técnicos por mes 1/2

Servicios Técnicos	Naturaleza	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio
	Materiales	4154	4154	4154	4154	4154	4154	4154
	Mano de Obra	44976	47343	44976	44976	44976	44976	44976
	Terceros	48000	48000	48000	48000	48000	48000	48000
	Otros	6559	6559	6559	6559	6559	6559	6559
<b>Total US\$</b>		<b>103688</b>	<b>106055</b>	<b>103688</b>	<b>103688</b>	<b>103688</b>	<b>103688</b>	<b>103688</b>
<b>Total US\$/TM</b>		<b>0.24</b>	<b>0.25</b>	<b>0.24</b>	<b>0.23</b>	<b>0.24</b>	<b>0.23</b>	<b>0.24</b>

**Tabla N°5.20:** Costo Operativo de Servicios Técnicos por mes 2/2

Servicios Técnicos	Naturaleza	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Anual
	Materiales	4154	4154	4154	4154	4154	<b>49850</b>
	Mano de Obra	44976	44976	44976	44976	44976	<b>539707</b>
	Terceros	48000	48000	48000	48000	48000	<b>576000</b>
	Otros	6559	6559	6559	6559	6559	<b>78703</b>
<b>Total US\$</b>		<b>103688</b>	<b>103688</b>	<b>103688</b>	<b>103688</b>	<b>103688</b>	<b>1244260</b>
<b>Total US\$/TM</b>		<b>0.23</b>	<b>0.23</b>	<b>0.24</b>	<b>0.23</b>	<b>0.23</b>	<b>0.23</b>

### 5.1.10. SEGURIDAD

**Tabla N°5.21:** Costo Operativo de Seguridad por mes 1/2

Seguridad	Naturaleza	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio
	Materiales	6150	6150	6150	6150	6150	6150	6150
	Mano de Obra	28859	30378	28859	28859	28859	28859	28859
	Terceros	87458	87458	87458	87458	87458	87458	87458
	Otros	7416	7416	7416	7416	7416	7416	7416
<b>Total US\$</b>		<b>129883</b>	<b>131402</b>	<b>129883</b>	<b>129883</b>	<b>129883</b>	<b>129883</b>	<b>129883</b>
<b>Total US\$/TM</b>		<b>0.30</b>	<b>0.31</b>	<b>0.30</b>	<b>0.29</b>	<b>0.30</b>	<b>0.29</b>	<b>0.30</b>

**Tabla N°5.22:** Costo Operativo de Seguridad por mes 2/2

Seguridad	Naturaleza	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Anual
	Materiales	6150	6150	6150	6150	6150	<b>73799</b>
	Mano de Obra	28859	28859	28859	28859	28859	<b>346306</b>
	Terceros	87458	87458	87458	87458	87458	<b>1049500</b>
	Otros	7416	7416	7416	7416	7416	<b>88993</b>
<b>Total US\$</b>		<b>129883</b>	<b>129883</b>	<b>129883</b>	<b>129883</b>	<b>129883</b>	<b>1558598</b>
<b>Total US\$/TM</b>		<b>0.29</b>	<b>0.29</b>	<b>0.30</b>	<b>0.29</b>	<b>0.29</b>	<b>0.29</b>

### 5.1.11. GEOMECANICA

**Tabla N°5.23:** Costo Operativo de Geomecanica por mes 1/2

Geomecanica	Naturaleza	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio
	Materiales	1197	1197	1197	1197	1197	1197	1197
	Mano de Obra	28350	29842	28350	28350	28350	28350	28350
	Terceros	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500
	Otros	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800
<b>Total US\$</b>		<b>34847</b>	<b>36339</b>	<b>34847</b>	<b>34847</b>	<b>34847</b>	<b>34847</b>	<b>34847</b>
<b>Total US\$/TM</b>		<b>0.08</b>	<b>0.09</b>	<b>0.08</b>	<b>0.08</b>	<b>0.08</b>	<b>0.08</b>	<b>0.08</b>

**Tabla N°5.24:** Costo Operativo de Geomecanica por mes 2/2

Geomecanica	Naturaleza	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Anual
	Materiales	1197	1197	1197	1197	1197	<b>14358</b>
	Mano de Obra	28350	28350	28350	28350	28350	<b>340201</b>
	Terceros	1500	1500	1500	1500	1500	<b>18000</b>
	Otros	3800	3800	3800	3800	3800	<b>45600</b>
<b>Total US\$</b>		<b>34847</b>	<b>34847</b>	<b>34847</b>	<b>34847</b>	<b>34847</b>	<b>418159</b>
<b>Total US\$/TM</b>		<b>0.08</b>	<b>0.08</b>	<b>0.08</b>	<b>0.08</b>	<b>0.08</b>	<b>0.08</b>

### 5.1.12. RELACIONES COMUNITARIAS

**Tabla N°5.25:** Costo Operativo de Relaciones Comunitarias por mes 1/2

Relaciones Comunitarias	Naturaleza	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio
	Materiales	400	400	400	400	400	400	400
	Mano de Obra	16012	16855	16012	16012	16012	16012	16012
	Terceros	9000	9000	9000	9000	9000	9000	9000
	Otros	4544	4544	4544	4544	4544	4544	4544
<b>Total US\$</b>		<b>29956</b>	<b>30799</b>	<b>29956</b>	<b>29956</b>	<b>29956</b>	<b>29956</b>	<b>29956</b>
<b>Total US\$/TM</b>		<b>0.07</b>	<b>0.07</b>	<b>0.07</b>	<b>0.07</b>	<b>0.07</b>	<b>0.07</b>	<b>0.07</b>

**Tabla N°5.26:** Costo Operativo de Relaciones Comunitarias por mes 2/2

Relaciones Comunitarias	Naturaleza	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Anual
	Materiales	400	400	400	400	400	<b>4800</b>
	Mano de Obra	16012	16012	16012	16012	16012	<b>192144</b>
	Terceros	9000	9000	9000	9000	9000	<b>108000</b>
	Otros	4544	4544	4544	4544	4544	<b>54527</b>
<b>Total US\$</b>		<b>29956</b>	<b>29956</b>	<b>29956</b>	<b>29956</b>	<b>29956</b>	<b>359471</b>
<b>Total US\$/TM</b>		<b>0.07</b>	<b>0.07</b>	<b>0.07</b>	<b>0.07</b>	<b>0.07</b>	<b>0.07</b>

### 5.1.13. COSTO UNITARIO Y COSTO DE CONCENTRADOS

**Tabla N°5.27:** Datos generales de la Unidad Cerro Lindo por mes 1/2

	ITEM	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio
<b>Tratamiento Planta</b>		435000	420000	435000	450000	435000	450000	435000
	Zn %	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80
	Pb %	0.33	0.28	0.24	0.30	0.27	0.30	0.30
	Cu %	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
	Ag Oz/tm	0.76	0.73	0.80	0.84	0.83	0.88	0.91
Toneladas Tratadas por día	<b>TPD</b>	<b>15000</b>	<b>15000</b>	<b>15000</b>	<b>15000</b>	<b>15000</b>	<b>15000</b>	<b>15000</b>
<b>Total Paradas</b>	<b>días</b>	<b>2.00</b>	<b>0.00</b>	<b>2.00</b>	<b>0.00</b>	<b>2.00</b>	<b>0.00</b>	<b>2.00</b>
<b>Días Operativos Planta</b>	<b>días</b>	<b>29.00</b>	<b>28.00</b>	<b>29.00</b>	<b>30.00</b>	<b>29.00</b>	<b>30.00</b>	<b>29.00</b>
<b>Eficiencia Planta</b>	<b>%</b>	<b>94 %</b>	<b>100 %</b>	<b>94 %</b>	<b>100 %</b>	<b>94 %</b>	<b>100 %</b>	<b>94 %</b>
	CC de Cu	11710	11306	11855	12264	11855	12264	11855
	CC de Pb	1525	1284	1072	1391	1263	1408	1340
	CC de Zn	20257	19440	20113	20821	20064	20758	20207



**Tabla N°5.28:** Datos generales de la Unidad Cerro Lindo por mes 2/2

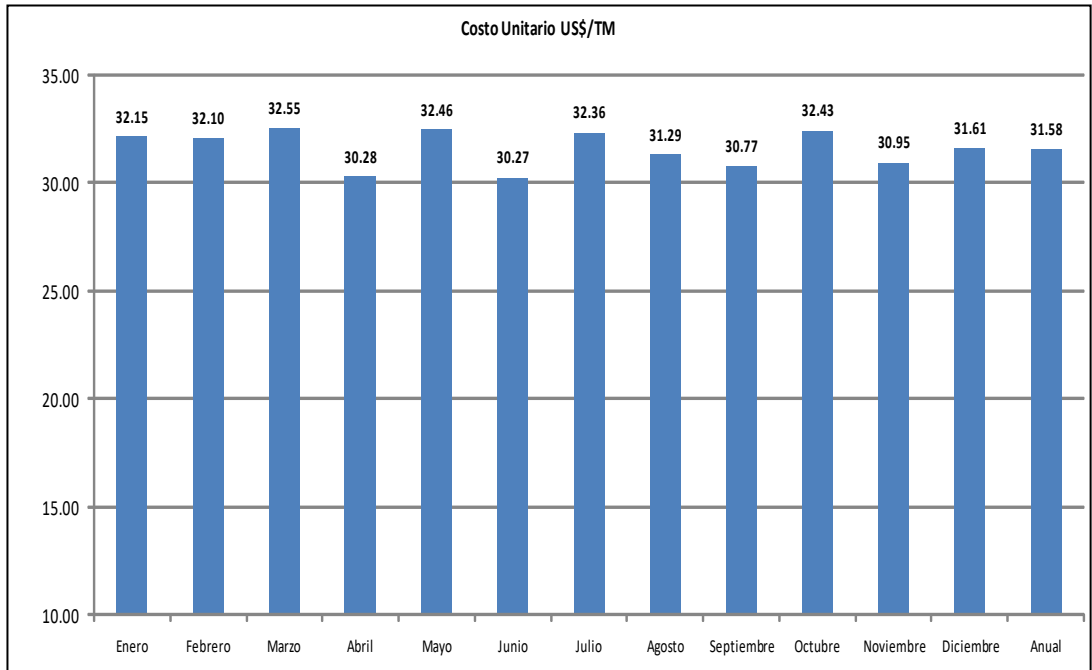
	<b>ITEM</b>	<b>Agosto</b>	<b>Septiembre</b>	<b>Octubre</b>	<b>Noviembre</b>	<b>Diciembre</b>	<b>Anual</b>
<b>Tratamiento Planta</b>		450000	450000	435000	450000	450000	<b>5295000</b>
	Zn %	<b>2.80</b>	<b>2.80</b>	<b>2.80</b>	<b>2.80</b>	<b>2.80</b>	<b>2.80</b>
	Pb %	<b>0.24</b>	<b>0.24</b>	<b>0.35</b>	<b>0.34</b>	<b>0.34</b>	<b>0.29</b>
	Cu %	<b>0.80</b>	<b>0.80</b>	<b>0.80</b>	<b>0.80</b>	<b>0.80</b>	<b>0.80</b>
	Ag Oz/tm	<b>0.63</b>	<b>0.68</b>	<b>0.69</b>	<b>0.77</b>	<b>0.76</b>	<b>0.77</b>
Toneladas Tratadas por día	<b>TPD</b>	<b>15000</b>	<b>15000</b>	<b>15000</b>	<b>15000</b>	<b>15000</b>	<b>15000</b>
<b>Total Paradas</b>	<b>días</b>	<b>1.00</b>	<b>0.00</b>	<b>2.00</b>	<b>0.00</b>	<b>1.00</b>	<b>12.00</b>
<b>Días Operativos Planta</b>	<b>días</b>	<b>30.00</b>	<b>30.00</b>	<b>29.00</b>	<b>30.00</b>	<b>30.00</b>	<b>353.00</b>
<b>Eficiencia Planta</b>	<b>%</b>	<b>97 %</b>	<b>100 %</b>	<b>94 %</b>	<b>100 %</b>	<b>97 %</b>	<b>97 %</b>
	CC de Cu	12264	12264	11855	12264	12264	<b>144021</b>
	CC de Pb	1126	1133	1746	1542	1521	<b>16352</b>
	CC de Zn	20962	20892	20191	20832	20824	<b>245363</b>

**Tabla N°5.29:** Costo Unitario y costo de Concentrado por mes 1/2

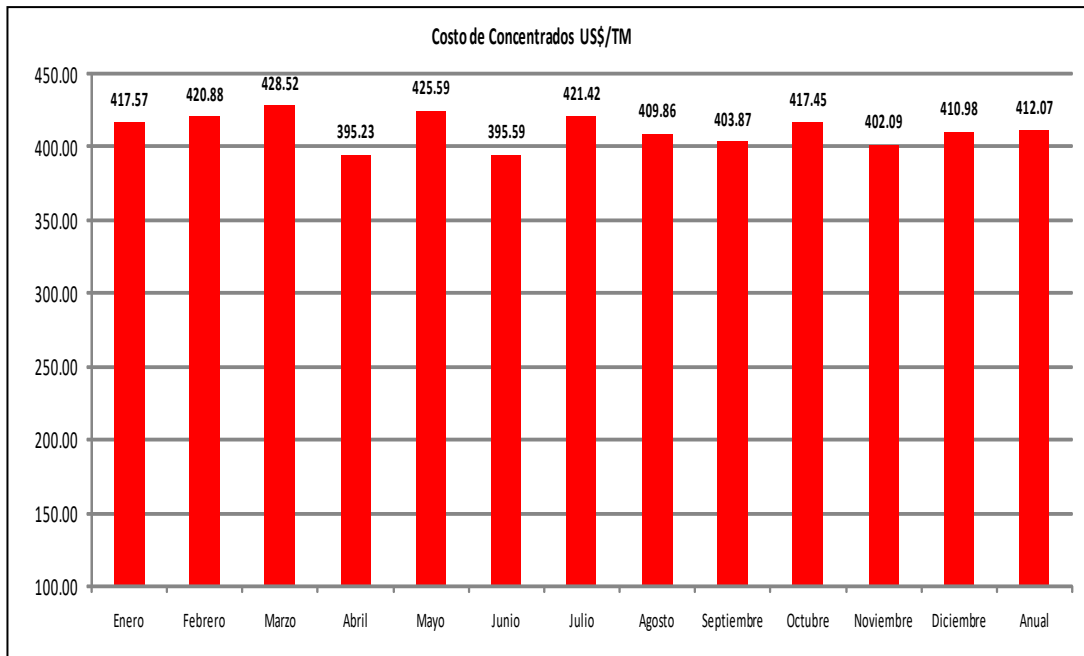
Total Cerro Lindo	Naturaleza	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio
	Materiales	5303001	4982175	5275046	5090890	5330105	5105347	5204175
	Mano de Obra	1231577	1296397	1231577	1231577	1231577	1231577	1231577
	Terceros	7110440	6884889	7289755	7000427	7255750	6974156	7336499
	Otros	340219	317639	362289	303389	304539	308899	304339
<b>Total US\$</b>		<b>13985237</b>	<b>13481100</b>	<b>14158667</b>	<b>13626283</b>	<b>14121971</b>	<b>13619979</b>	<b>14076591</b>
<b>Total US\$/TM</b>		<b>32.15</b>	<b>32.10</b>	<b>32.55</b>	<b>30.28</b>	<b>32.46</b>	<b>30.27</b>	<b>32.36</b>
<b>Total US\$/TM de CC</b>		<b>417.57</b>	<b>420.88</b>	<b>428.52</b>	<b>395.23</b>	<b>425.59</b>	<b>395.59</b>	<b>421.42</b>

**Tabla N°5.30:** Costo Unitario y costo de Concentrado por mes 2/2

Total Cerro Lindo	Naturaleza	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Anual
	Materiales	5283738	5139778	5282531	5148684	5317911	62463380
	Mano de Obra	1231577	1231577	1231577	1231577	1231577	14778925
	Terceros	7256061	7173602	7233861	7194133	7320876	86030449
	Otros	308139	303389	358886	353305	353305	3918339
<b>Total US\$</b>		<b>14079515</b>	<b>13848346</b>	<b>14106856</b>	<b>13927700</b>	<b>14223669</b>	<b>167191094</b>
<b>Total US\$/TM</b>		<b>31.29</b>	<b>30.77</b>	<b>32.43</b>	<b>30.95</b>	<b>31.61</b>	<b>31.58</b>
<b>Total US\$/TM de CC</b>		<b>409.86</b>	<b>403.87</b>	<b>417.45</b>	<b>402.09</b>	<b>410.98</b>	<b>412.07</b>



**Figura N° 5.3:** Costo Unitario Anual y por meses



**Figura N° 5.4:** Costo de Concentrados Anual y por meses

## CONCLUSIONES

1. Las pérdidas de agua por infiltración, así como los riesgos de contaminación debido a infiltraciones, son mínimas, pero sin embargo considerando que éstas podrían producirse se ha instalado una geomembrana bituminosa en el talud de aguas arriba de la presa y aguas debajo de la presa una poza para el monitoreo
2. Al obtenerse una buena compactación de los relaves filtrados (forma de enlaces), se minimiza cualquier problema de polución latente en el área cercana de las plataformas de relaves, por tanto la emisión de material particulado debido a la acción del viento se reduce a casi cero.
3. Debido a que se ha extraído el máximo de agua para alcanzar la consistencia de pasta, los relaves ya no están saturados, por lo tanto frente a eventos sísmicos difícilmente podrían desarrollar el fenómeno de licuefacción. También son muy estables frente a eventos de crecidas, porque presenta una alta resistencia a la erosión.
4. El costo de operación del tratamiento de relave filtrado es aproximadamente 2 \$/TM, siendo un valor elevado comparado con la disposición convencional (relaveras, 0.5 \$/TM), pero genera un alto margen de beneficio al mantener una

buena relación con las comunidades vecinas. Con el uso de agua recuperada se mantiene los estándares de calidad en concentrados y recuperaciones metalúrgicas.

5. El porcentaje de recuperación de agua gracias a esta tecnología se incrementa enormemente, y esto se ve reflejado en reducción de costos de abastecimiento de agua fresca al proceso. Este punto hace a este proceso uno de los más importantes de las operaciones minero-metalúrgicas.
6. El sistema de disposición de relaves a partir del relave filtrado genera un impacto positivo al usar espacios reducidos para disponer el relave (debido a la geografía de la zona) y recuperar un mayor volumen de agua que retorna a las operaciones de la Planta Concentradora. La estabilidad de los taludes que genera el tener plataformas con relave filtrado reduce el riesgo de deslizamientos (incluso soportó el terremoto del 2007). Por ello se ha construido a 200 m del río sin mayor riesgo de impacto ambiental negativo.
7. El uso de agua de mar a pesar de la distancia de más de 60 Km existente entre el mar y la unidad minera, paralelamente al compromiso de vertimiento cero en las operaciones mineras; con lo cual se tiene asegurada la convivencia armónica entre la comunidad y la empresa al no tener consumo de agua de la quebrada Topara y a la vez no tener vertimientos hacia la misma.
8. El uso del filtro de banda horizontal permite trabajar con mayor capacidad por unidad de área de 2 a 3 veces, niveles de vacío más altas, mejor sistema de sellado/sin pérdidas de carga, queques con menor porcentaje de humedad y

mantenimiento simple que equivale a una disponibilidad del 97 % en comparación con los filtros de disco o de tambor.

9. El uso de Zarandas de Alta Frecuencia en reemplazo del hidrociclón, generó un aumento en la capacidad de tratamiento del Filtro Banda Horizontal, el cual es utilizado para el filtrado del relave generado en las operaciones de la Planta Concentradora.

Con el uso del hidrociclón en la operación de molienda - clasificación, el relave obtenido tuvo un %-m200 de 55%, luego con la implementación de las ZAF el %-m200 bajó a 45%.

10. La capacidad máxima de tratamiento del Filtro Banda Horizontal durante el uso del hidrociclón fue de 5200 TMSD, obteniéndose una humedad promedio de 12.5% en el relave. Durante la operación con Zarandas de Alta Frecuencia la capacidad de tratamiento del Filtro Banda aumentó a 5850 TMSD obteniéndose una humedad promedio de 10.5%.

## BIBLIOGRAFIA

1. DELKOR PERU S.A.C., Resultados de Filtración a Vacío – Relaves Milpo, Noviembre 2007.
2. Filtración Ind. Cidelco S.A.C., Filtro Prensa para Relaves, Octubre 2007.
3. Golder Associates Perú S.A., Manual de Operación del Depósito de Relaves Filtrados de la Unidad Cerro Lindo, Ica, Perú, Mayo 2007.
4. Golder Associates Perú S.A., Manual de Operaciones Planta de Relleno de Pasta de la Unidad Cerro Lindo, , Ica, Perú, Agosto 2006.
5. METSO, Propuesta técnica de la Planta de Chancado para 15000 TPD, Octubre 2010.
6. OUTOTEC PERU S.A., Suministro de Espesadores para ampliación de Cerro Lindo 15000 TPD, Setiembre 2011.
7. SVS Ingenieros S.A.C., Proyecto Depósito de Relaves Filtrados de la Unidad Cerro Lindo, Diciembre 2010.

