



EL SABER DE MIS HIJOS
HARÁ MI GRANDEZA

UNIVERSIDAD DE SONORA

DIVISIÓN DE INGENIERÍA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA QUÍMICA
Y METALURGIA

“PROPUESTA DE INSTALACIÓN DE UN SISTEMA DE FILTRACIÓN, PARA LA RECUPERACIÓN DE ORO Y PLATA DE LA ESCORIA DE FUSIÓN, DE UNA PLANTA DE METALES PRECIOSOS”

Memoria de prácticas profesionales

Que para obtener el título de:

INGENIERO METALÚRGICO

Presenta

Diego Abraham Soto Acosta

Hermosillo, Sonora

Febrero 2016

Universidad de Sonora

Repositorio Institucional UNISON



**"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"**



Excepto si se señala otra cosa, la licencia del ítem se describe como openAccess

INDICE DE CONTENIDO

	Página
Lista de Figuras.	iv
Lista de Tablas.	v
Resumen.	vi
I.- INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS	1
1.1. Justificación .	2
1.2. Objetivos.	3
1.2.1. Objetivo general.	3
1.2.2. Objetivos particulares.	2
II. ANTECEDENTES	5
2.1. Principales Usos del Oro y la Plata.	6
2.2. Proceso de Electrorefinación de Cobre.	8
2.3. Generalidades de la Operación de la Planta de Metales Preciosos de Metalúrgica de Cobre S.A de C.V.	9
2.4. Generalidades de la Operación de la Planta de Tratamiento de Polvos y Efluentes de Metalúrgica de Cobre S.A de C.V.	11
2.5. Recuperación de Oro y Plata de la Escoria de Fusión.	15
2.6. Funcionamiento de un Filtro Prensa para la Separación Sólido-Líquido.	17
III. METODOLOGÍA Y ACTIVIDADES DESARROLLADAS	20
3.1. Construcción de un Diagrama de Bloques del Procesamiento de la Escoria de Fusión, tal Como se Trata Actualmente en la Planta.	21
3.2. Construcción de un Diagrama de Flujo del Procesamiento de la Escoria de fusión, tal Como se Trata Actualmente en la Planta.	21
3.3. Propuesta de la Instalación de un Filtro Prensa, Para la Separación Sólido-Líquido, de la Escoria Húmeda Producto del Proceso de Molienda.	22

	Página
IV.RESULTADOS Y DISCUSIÓN	23
4.1. Análisis de la Conveniencia de la Implementación de un Filtro Prensa, Para la Separación Sólido-Líquido, de la Escoria Húmeda Producto del Proceso de Molienda.	24
4.1.1. Diagrama de Bloques del Procesamiento de la Escoria de Fusión, tal Como se Trata Actualmente en la Planta.	24
4.1.2. Diagrama de Flujo del Procesamiento de la Escoria de Fusión, tal Como se Trata Actualmente en la Planta.	26
4.1.3. Procedimiento Integral de Trabajo (PIT) del Procesamiento de la Escoria de Fusión, tal Como se Trata Actualmente en la Planta.	27
4.1.4. Diagrama de Bloques del Procesamiento de la Escoria de Fusión, con la Propuesta de Implementación de un Filtro Prensa, Para la Separación Sólido-Líquido, de la Escoria Húmeda Producto del Proceso de Molienda.	28
4.1.5. Diagrama de Flujo del Procesamiento de la Escoria de Fusión, con la Propuesta de Implementación de un Filtro Prensa, Para la Separación Sólido-Líquido, de la Escoria Húmeda Producto del Proceso de Molienda.	28
4.1.6. Procedimiento Integral de Trabajo (PIT) del Procesamiento de la Escoria de Fusión, con la Propuesta de Implementación de un Filtro Prensa, Para la Separación Sólido-Líquido, de la Escoria Húmeda Producto del Proceso de Molienda.	31
4.1.7. Beneficios que Resultarían con la Propuesta de Implementación de un Sistema de Filtrado para la separación Sólido-Líquido, de la Escoria Húmeda Producto del Proceso de Molienda.	32
4.1.8. Ventajas y Desventajas de la Instalación de un Filtro Prensa.	34
4.2. Análisis Económico de la Implementación del Filtro Prensa.	34
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	37
5.1. Conclusiones.	38
5.2. Recomendaciones.	39
5.3. Conclusión Personal.	39
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	40

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Diagrama General de la Planta de Tratamientos de Polvos y Efluentes.	16
Figura 2. Diagrama de Bloques del Procesamiento de la Escoria de Fusión, tal Como se Trata Actualmente en la Planta.	25
Figura 3. Diagrama de Flujo del Procesamiento de la Escoria de Fusión, tal Como se Trata Actualmente en la Planta.	26
Figura 4. Diagrama de Bloques del Procesamiento de la Escoria de Fusión, con la Propuesta de Implementación de un Filtro Prensa, Para la Separación Sólido-Líquido, de la Escoria Húmeda Producto del Proceso de Molienda.	29
Figura 5. Diagrama de Flujo del Procesamiento de la Escoria de Fusión, con la Propuesta de Implementación de un Filtro Prensa, Para la Separación Sólido-Líquido, de la Escoria Húmeda Producto del Proceso de Molienda.	30

LISTA DE TABLAS

	Página
Tabla I. Procedimiento Integral de Trabajo (PIT) del Procesamiento de la Escoria de Fusión, tal Como se Trata Actualmente en la Planta.	27
Tabla II. Procedimiento Integral de Trabajo (PIT) del Procesamiento de la Escoria de Fusión, con la Propuesta de Implementación de un Filtro Prensa, para la Separación Sólido-Líquido, de la Escoria Húmeda Producto del Proceso de Molienda.	31
Tabla III. Precios de Compra y Confinamiento de Súper-Sacos.	35
Tabla IV. Costo de Adquisición y Confinamiento de Súper-Sacos por Cantidad de Escoria Procesada Anualmente.	36

RESUMEN

La planta de Metales Preciosos de Metalúrgica de Cobre S.A. de C.V. está diseñada para tratar los lodos anódicos que se producen en la refinería de cobre de este complejo metalúrgico, así como lodos anódicos y otros materiales provenientes de otras empresas. En ella se produce oro y plata de alta pureza, selenio y telurio, además el proceso genera residuos tales como escorias y precipitados de cobre, que por su contenido en valores deben ser reciclados a otras etapas del proceso. Por otro lado, en esta empresa se cuenta con áreas auxiliares, enfocadas a desarrollar procesos que impliquen el cumplimiento de las regulaciones y legislaciones ambientales. Tal es el caso de la Planta de Tratamiento de Polvos y Efluentes, donde se desarrolló la mayor parte de esta estancia profesional. Entre los tratamientos que reciben estos materiales de desecho (escorias), para convertirlos en materiales potencialmente aptos para reprocesarse y obtener de ellos recursos económicos importantes, se encuentra el procesamiento mediante una molienda fina en húmedo, lo cual produce dos corrientes, una sólida y otra líquida. La primera se envía de nuevo a la etapa de fusión del proceso integral de obtención de cobre, donde se funde junto con los concentrados de flotación. Por otro lado, la corriente líquida pre-clarificada, mediante una etapa de sedimentación, se envía al proceso de tratamiento de los polvos de toda la nave de fundición, donde se recupera una parte del cobre remanente y se produce sulfato de plomo para su venta comercial. Sin embargo, la separación sólido-líquido producto de la molienda, no se desarrolla de forma eficiente, dando lugar a que partículas finas de escoria con proporciones de oro y plata considerables, se vayan en la corriente líquida, produciendo sulfato de plomo con altos contenidos de estos metales, mismos que no se contabilizan en las ganancias generadas por la venta de compuesto de plomo. Por lo anterior, se visualizó la necesidad de contar con una etapa de separación, sólido-líquido más eficiente, mediante la implementación de un equipo de filtración apropiado, previa evaluación técnica y económica del mismo. Dicha propuesta ofrece resultados muy atractivos para empresa, desde el punto de vista económico, operativo y ambiental.

I. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

I. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

1.1. Justificación

El proceso de electro-refinación de cobre en un electrólito de sulfato de cobre ácido sulfúrico, se aplica universalmente para producir cobre de alta pureza, partiendo de ánodos de cobre impuro. En el proceso, una porción de las impurezas presentes en el ánodo se disuelven durante la electrorefinación y se concentran en el electrólito el cual tiene que ser purificado periódicamente.

Por otra parte, cuando el cobre de los ánodos se disuelve, los elementos que son insolubles durante la electrorefinación se acumulan como lodos anódicos en la superficie del ánodo y en el fondo de las celdas.

La planta de Metales Preciosos de Metalúrgica de Cobre S.A. de C.V. está diseñada para tratar los lodos anódicos que se producen en la refinación de cobre de este complejo metalúrgico, así como lodos anódicos y otros materiales provenientes de otras empresas. En ella se produce oro y plata de alta pureza, selenio y telurio, además el proceso genera residuos tales como escorias y precipitados de cobre, que por su contenido en valores deben ser reciclados a otras etapas del proceso.

Por otro lado, en esta empresa se cuenta con áreas auxiliares, enfocadas a desarrollar procesos que impliquen el cumplimiento de las regulaciones y legislaciones ambientales. Tal es el caso de la Planta de Tratamiento de Polvos y Efluentes, donde se desarrolló la mayor parte de la estancia profesional.

Durante el período de dicha estancia profesional, se solucionaron diversas situaciones y casos problemáticos que requerían tratamiento inmediato. Tal es el caso del proceso de molienda de la escoria proveniente de la etapa de fusión de la planta de metales preciosos, donde se observaron diversas áreas de oportunidad para aplicar los conocimientos adquiridos durante nuestra formación académica, así como proponer alternativas de solución. Entre estos aspectos

destacan, los tratamientos que reciben estos materiales de desecho (escorias), para convertirlos en materiales potencialmente aptos para reprocesarse y obtener de ellos recursos económicos importantes. Esto genera la necesidad de procesarlas mediante una molienda fina en húmedo, lo cual produce dos corrientes, una sólida y otra líquida. La primera se envía de nuevo a la etapa de fusión del proceso integral de obtención de cobre, donde se funde junto con los concentrados de flotación. Por otro lado, la corriente líquida pre-clarificada, mediante una etapa de sedimentación, se envía al proceso de tratamiento de los polvos de toda la nave de fundición, donde se recupera una parte del cobre remanente y se produce sulfato de plomo para su venta comercial. Sin embargo, la separación sólido-líquido producto de la molienda, no se desarrolla de forma eficiente, dando lugar a que partículas finas de escoria con proporciones de oro y plata considerables, se vayan en la corriente líquida, produciendo sulfato de plomo con altos contenidos de estos metales, mismos que no se contabilizan en las ganancias generadas por la venta de compuesto de plomo.

Por lo anterior, se visualizó la necesidad de contar con una etapa de separación, sólido-líquido más eficiente, mediante la implementación de un equipo de filtración apropiado, previa evaluación técnica y económica del mismo.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

Proponer la instalación de un sistema de filtración, del producto de molienda húmeda de la escoria de fusión de una planta de metales preciosos, para la posible recuperación de oro y plata.

1.2.2. Objetivos Particulares

- Desarrollar un análisis sistemático de cada una de las etapas de procesamiento de la escoria de fusión del horno Kaldo, instalado en la

Planta de Metales Preciosos y la construcción del diagrama de bloques correspondiente.

- A partir del análisis anterior, construir un diagrama de flujo de las etapas de procesamiento de la escoria de fusión del horno Kaldor, instalado en la Planta de Metales Preciosos.
- Desarrollar un análisis técnico-económico para la instalación de un filtro prensa, después de la etapa de molienda en húmedo de la escoria de fusión del horno Kaldor, instalado en la Planta de Metales Preciosos.

II. ANTECEDENTES

II. ANTECEDENTES

2.1. Principales Usos del Oro y la Plata

El oro está presente en la medicina, la industria, la ingeniería, el transporte y la tecnología y hasta fue clave para uno de los desafíos más importantes del Siglo XX: la llegada a la Luna, en 1969, cuando jugó un rol preponderante por sus cualidades reflectivas protegiendo a astronautas, cápsulas y elementos del calor del sol y la radiación infrarroja.

Convertido en uno de los metales más valiosos, utilizado por los Estados para acuñar monedas, el oro se transformó en un elemento imprescindible.

En la medicina, por ejemplo, el oro es utilizado en rayos láser para una mayor precisión en el tratamiento de pacientes con cardiopatías o tumores cuya operación antes era impensada. Se utiliza también en las hebras de ADN para el estudio del material genético de las células y está presente en termómetros de precisión y en la unión de agentes químicos complejos (como proteínas) para la creación de drogas y medicamentos de alta complejidad.

El oro ayuda a salvar vidas de otras maneras. Al tener una alta resistencia a la alteración química por parte del calor, la humedad y la mayoría de los agentes corrosivos, los airbags de los automóviles poseen contactos de oro y sensores electrónicos para asegurar que funcionen cuando sea necesario.

En el caso de los aviones, está presente en los compresores cuyas aspas tienen la función de enfriar sus turbinas, que llegan a alcanzar altas temperaturas.

En la industria, se utiliza equipamiento infrarrojo recubierto de oro para detectar altas concentraciones de monóxido de carbono u otras sustancias que contaminan el ambiente.

En la minería subterránea se emplean sensores activados por oro, que alertan sobre niveles escasos de oxígeno y disparan automáticamente en segundos la reposición de este gas imprescindible para vivir.

Este metal está presente en componentes como cables, visores y líneas de combustible en vehículos y aviones para protegerlos de las altas temperaturas. También se emplea como aislante térmico en satélites climatológicos y en el telescopio Hubble, evitando que se dañen sus partes y se provoquen fallas en su operación.

En esta era de la información y las comunicaciones, el oro también contribuye al libre intercambio de ideas de un extremo al otro del mundo. Los circuitos integrados de las computadoras, equipos electrónicos y de telecomunicaciones emplean oro lo cual evita la corrosión en condiciones atmosféricas normales.

Sus usos son diversos y valiosos, además su intervención se volvió fundamental.

La plata, tiene muchos usos industriales responsables de la mitad de la demanda anual global en los últimos cinco años. Esto implica que el crecimiento económico puede afectar los precios de la plata mucho más de lo que afecta al oro. Solo un 10-15% de la demanda anual de oro proviene de su uso industrial, el resto se utiliza para joyería e inversión.

Debido a las características físicas de la plata: fuerza, brillo, maleabilidad y ductilidad (puede ser estirada en cualquier forma), se ha utilizado también en joyería, vajillas y artes plásticas durante miles de años. Las industrias se aprovechan de la conductividad de la plata (la mayor entre todos los elementos para electricidad y calor) así como de su sensibilidad a la luz y de sus propiedades antibacterianas.

Actualmente, la plata tiene un gran valor en las aleaciones y soldaduras, fabricación de baterías, la odontología, los recubrimientos de vidrio, chips LED, reactores nucleares, la fotografía, energía fotovoltaica (o solar), chips RFID(rastreador) para el seguimiento de paquetes, semiconductores, pantallas táctiles, purificación de agua y conservadores de madera, entre muchos otros. Por su gran utilidad el *Silver Institute* lo denomina "el metal indispensable".

Los mayores consumidores de metal para uso en aplicaciones industriales en la última década han sido Estados Unidos, Canadá, China, India, Japón, Corea del Sur, Alemania y Rusia. Durante ese periodo, la demanda de plata de las industrias más tradicionales se ha ido desvaneciendo, pero ha conseguido recuperar su aplicación por los usos tecnológicos más modernos.

Es importante analizar brevemente los tres principales usos de la plata: la fotografía, la energía solar y la medicina y valorar cómo están cada uno de ellos cambiando gracias a las nuevas tecnologías [1,2].

2.2. Proceso de Electrorefinación de Cobre

El proceso de electrorefinación se basa en las características y beneficios que ofrece el fenómeno químico de la electrólisis, que permite refinar al cobre anódico (ánodo) mediante la aplicación de la corriente eléctrica, obteniéndose cátodos de cobre de alta pureza (99.99%), los que son altamente valorados en el mercado del cobre.

La electrorefinación se realiza en celdas electrolíticas, donde se colocan en forma alternada un ánodo (que es una plancha de cobre obtenido de la fundición), y un cátodo, (que es una plancha muy delgada de cobre puro, o de acero inoxidable).

La electrólisis consiste en hacer pasar una corriente eléctrica por una solución de ácido sulfúrico y agua. El ion sulfato de la solución comienza a reaccionar con el ánodo de cobre, formando una solución de sulfato de cobre (CuSO_4) denominada electrolito. Al aplicarle una corriente eléctrica, los componentes de la solución se cargan eléctricamente, produciéndose una disociación iónica en la que el anión sulfato (SO_4^{2-}), es atraído por el ánodo (+) y el catión (Cu^{2+}) es atraído por el cátodo (-). El anión SO_4^{2-} reacciona con el ánodo formando sulfato de cobre, el cual se ioniza en la solución por efecto de la corriente eléctrica, liberando cobre como catión que migra al cátodo, y se deposita en él.

El ion sulfato liberado migra al ánodo y vuelve a formar sulfato de cobre que va a la solución, empezando de nuevo la reacción.

Los otros componentes del ánodo que no se disuelven, se depositan en el fondo de las celdas electrolíticas, formando lo que se conoce como barro anódico el cual es bombeado y enviado para extraerle su contenido metálico (oro, plata, selenio, platino y paladio).

Una vez terminado el proceso de refinación del cobre por electrólisis, los cátodos son extraídos de las celdas y se analizan cuidadosamente para asegurar la calidad, descartándose todos aquellos que tengan algún defecto.

2.3. Generalidades de la Operación de la Planta de Metales Preciosos de Metalúrgica de Cobre S.A de C.V.

Sección Pirometalúrgica

Fusión

La fusión se realiza en un Horno Kaldo tipo convertidor rotatorio de soplado superior, el cual es rotado durante el proceso. El material se carga en pequeñas cantidades y es calentado antes de fundirse a 1150°C. Los productos obtenidos son una aleación de plata y una escoria que se recicla a la fundición de cobre, con el fin de mantener la plata en la escoria por debajo de 0.04%, esta escoria es reducida mediante la adición de coque.

Conversión/Refinación

La conversión se lleva a cabo para remover el plomo, cobre, bismuto, antimonio, arsénico, selenio y telurio mediante aire soplado a través de una lanza de acero sobre la superficie del baño. El plomo se oxida, se forma escoria y el selenio se vaporiza como óxido y es capturado por un lavador de gases tipo Venturi. Cuando la conversión finaliza, la escoria se extrae y se regresa al paso de fusión de la siguiente carga. La refinación se realiza con la misma lanza de aire. El

contenido de selenio se reduce hasta 0.01% en el metal de dore, antes de que se empiece a extraer la escoria del horno.

Moldeo de Doré

El metal dore se moldea en ánodos en una máquina de colada continua, para su posterior alimentación a la refinería de plata.

Recuperación de Selenio

El selenio vaporizado en la etapa anterior es capturado en un lavador de gases tipo Venturi y un precipitador electrostático tipo húmedo. Al terminar el ciclo del horno Kaldo la solución del lavador de gases se vacía a un tanque, donde se le ajusta el pH a. Los lodos del lavador de gases son filtrados, el producto sólido se envía al proceso de fusión, la solución que contiene el selenio pasa a un reactor, en donde por la inyección de SO₂ (gas) se precipita. El selenio es colectado en un filtro prensa y el efluente se envía a tratamiento antes de su disposición final.

Refinación de plata

Los ánodos de doré se electrorefinan en celdas operadas con circulación de electrolito y una densidad de corriente de 1000 amp/m². Los cátodos son de acero inoxidable. El electrolito se controla para mantener la calidad de la plata producida, una parte de este es purgado regularmente y la plata contenida en él se recupera con polvo de cobre y se recicla al horno Kaldo.

Los productos de la electrólisis son: Cristales de plata de alta pureza que serán lavados, secados, fundidos y moldeados en lingotes y los lodos anódicos que contienen todo el oro, metal que se recupera en la siguiente etapa.

Recuperación de Oro

Los lodos de oro son lixiviados en ácido clorhídrico diluido para disolver impurezas. El filtrado es llevado a tratamiento antes de disposición final. El producto sólido es nuevamente lixiviado con ácido clorhídrico y gas cloro para disolver el oro. En la filtración la plata queda en el residuo como cloruro y se

recicla al horno Kaldo, la solución que contiene el oro pasa a la etapa de precipitación, que se realiza en dos pasos: en el primer paso la mayor parte del oro se precipita con bisulfito de sodio y se filtra, el precipitado de oro es secado, fundido y moldeado en lingotes. En el segundo paso, el oro remanente en la solución es reducido y reciclado al paso primario de lixiviación de oro, este procedimiento permite obtener oro de alta pureza [1].

2.4. Generalidades de la Operación de la Planta de Tratamiento de Polvos y Efluentes de Metalúrgica de Cobre S.A de C.V.

La Planta de Tratamiento de Polvos y Efluentes de Metalúrgica de Cobre S.A. de C.V. consta de las siguientes secciones.

Polvos de Fundición

Los Polvos de Fundición se reciben en tolvas móviles y/o súper-sacos. Una vez que el remolque de transferencia ha colocado la tolva móvil en el área de descarga de polvos, esta se conecta con una manguera flexible a la tolva móvil para descargar y enviar los polvos a un silo. Cuando los polvos son recibidos en súper-sacos, estos son cargados directamente al proceso de humectación de polvos, o son descargados a silo mediante el compresor según la densidad aparente del polvo.

Escoria de Fusión de Planta de Metales Preciosos (PMP)

La escoria de Fusión de la PMP, se recibe en contenedores, posteriormente es cargada a la tolva de almacenamiento para su respectiva carga al proceso de molienda.

Ácido débil de Planta de Ácido (PAS)

PAS envía mediante bombas el ácido a una pila o bien directamente a un espesador de la planta para su respectivo tratamiento. Cuando el ácido se direcciona a la pila, con las bombas se envía la solución hacia los tanques de solución tratada para su posterior embarque a terreros de lixiviación, o bien se

envía a las pilas de concreto de la planta donde es almacenado para su respectivo procesamiento. Los sólidos contenidos en el espesador son recuperados en la pulpa generada en el bajo flujo (descarga del espesador) para posteriormente enviarlos al proceso de filtración.

Solución de Efluentes de la PMP

La solución de efluentes de PMP se recibe directamente en las pilas de la planta mediante la descarga directa de la pipa que viene de PMP.

Humectación de Polvos

En la humectación los polvos provenientes de la planta de fundición, los súper-sacos son dosificados y mezclados con agua de proceso o ácido débil en un tanque de mezcla para una mejor separación física. Cuando los polvos son recibidos en tolvas, se almacenan en el silo para posteriormente alimentarlos directamente al reactor donde inicia el proceso de separación física.

Separación Física de Concentrado de Cu y Pb

En esta etapa se realiza una separación de cobre y plomo, al pasar por 3 reactores y 2 hidrociclones, está tiene como finalidad tratar los polvos y generar un concentrado de cobre con menor contenido de impurezas como Arsénico, Bismuto y Plomo. Otra de las finalidades de éste proceso, es generar una pulpa con el mayor contenido de Plomo, para ser enviada al proceso posterior.

Recuperación de Concentrado de Cu

El concentrado de cobre recuperado de la separación física es descargado manualmente en súper-sacos, los cuales se dejan secando dentro del dique (construcción para evitar el paso de agua) por un tiempo mínimo de 24 horas. Posteriormente se forman lotes de 8 súper-sacos, se identifican y muestrean generando un composito para su respectivo ensaye. Después los súper-sacos son llevados en la tolva móvil a la báscula de camiones para ser pesados,

posteriormente se almacenan en la planta hasta que son requeridos en el proceso de fundición.

Embarque y Descarga de Concentrado de Cu

Cuando el supervisor de turno recibe la notificación de los lotes seleccionados por el cliente (proceso de fundición, mediante el departamento de Ingeniería de Proceso), los súper-sacos con concentrado de cobre son descargados en una tolva móvil para posteriormente ser trasladados al volteador de góndolas en el área de recepción de materiales.

Lixiviación de Cobre e Impurezas al Sulfato de Plomo

La pulpa que proviene del proceso de separación física, es calentada indirectamente con vapor a través de serpentines para recuperar más cobre de los sólidos provenientes de la Separación Física en el ácido, al igual que la reducción de impurezas.

Filtración y Recuperación de Sulfato de Plomo Ácido

Se tienen dos fuentes de recepción de sólidos con alto contenido de plomo, una de estas es en un espesador que recibe continuamente la pulpa del proceso de lixiviación; la otra fuente es en el espesador donde se recibe continuamente el ácido débil con sólidos. En ambos casos el porcentaje de sólidos es incrementado en el bajo flujo (descarga del espesador) para posteriormente enviarlos a un tanque para su posterior alimentación a un filtro y producir una torta acida que es descargada a un chute.

Neutralización y Filtración de Sulfato de Plomo

La torta acida proveniente del filtro acido es descargada en un tanque donde se añade solución alcalina para neutralizarla, enseguida es filtrada y soplada en otro filtro para obtener una torta neutra.

Recuperación de Sulfato de Plomo

En esta etapa la torta del filtro es descargada directamente a súper-sacos para formar lotes de 10-12 sacos (25 toneladas húmedas aproximadamente). Completado el lote se toma una muestra representativa, la cual es enviada para su respectivo análisis.

Embarque de Sulfato de Plomo

El embarque de sulfato de plomo se lleva a cabo en plataformas, cargando los sacos en ésta y/o a granel en tolvas.

Embarque a granel: se trasvasan cada uno de los sacos de los lotes indicados por el departamento de contraloría a la tolva que proporcione el departamento de tráfico.

Embarque en sacos mediante plataformas: se cargan los sacos de los lotes que indique el departamento de contraloría a la plana que proporcione el departamento de tráfico.

Una vez que se realiza el cargado del material en planta, se envía el equipo al departamento de manejo y muestreo de materiales para su respectivo muestreo antes de proceder con su salida.

Embarque de Solución Tratada

La solución que se genera en la planta es almacenada en tanques para ser transferida a pipas para ser trasladadas a los terreros en mina.

La Figura 1 muestra cada una de las secciones antes mencionadas.

2.5. Recuperación de Oro y Plata de la Escoria de Fusión

La escoria de Fusión de PMP, se recibe en contenedores especiales, posteriormente se carga a la tolva de almacenamiento, para su respectiva carga al proceso de molienda húmeda, esta operación, por seguridad, únicamente se realiza de día. La pulpa proveniente de la etapa de molienda se envía a un contenedor el cual cuenta con cuatro súper-sacos. En esta sección, dicha pulpa se deja sedimentar, para posteriormente enviar la solución pre-clarificada a un tanque de almacenamiento, para posteriormente ser bombeado al proceso de tratamiento de los polvos de toda la nave de fundición, donde se recupera una parte del cobre remanente y se produce sulfato de plomo para su venta comercial. La eficiencia de la etapa de pre-clarificación está en función del tiempo que se deje reposar la pulpa y de la cantidad de sólidos que aun lleva la solución, los cuales son recuperados mediante su paso por un hidrociclón de 2 pulgadas. Sin embargo, debido al alto contenido de material fino, que se drena a partir de los súper-sacos la operación de este hidrociclón resulta insuficiente.

Los súper-sacos drenados son reubicados al área de escurrimiento y posteriormente puesto en un almacén de la Planta, donde aún siguen escurriendo. El material permanece almacenado hasta que se embarca para su envío de nuevo a la etapa de fundición [3].

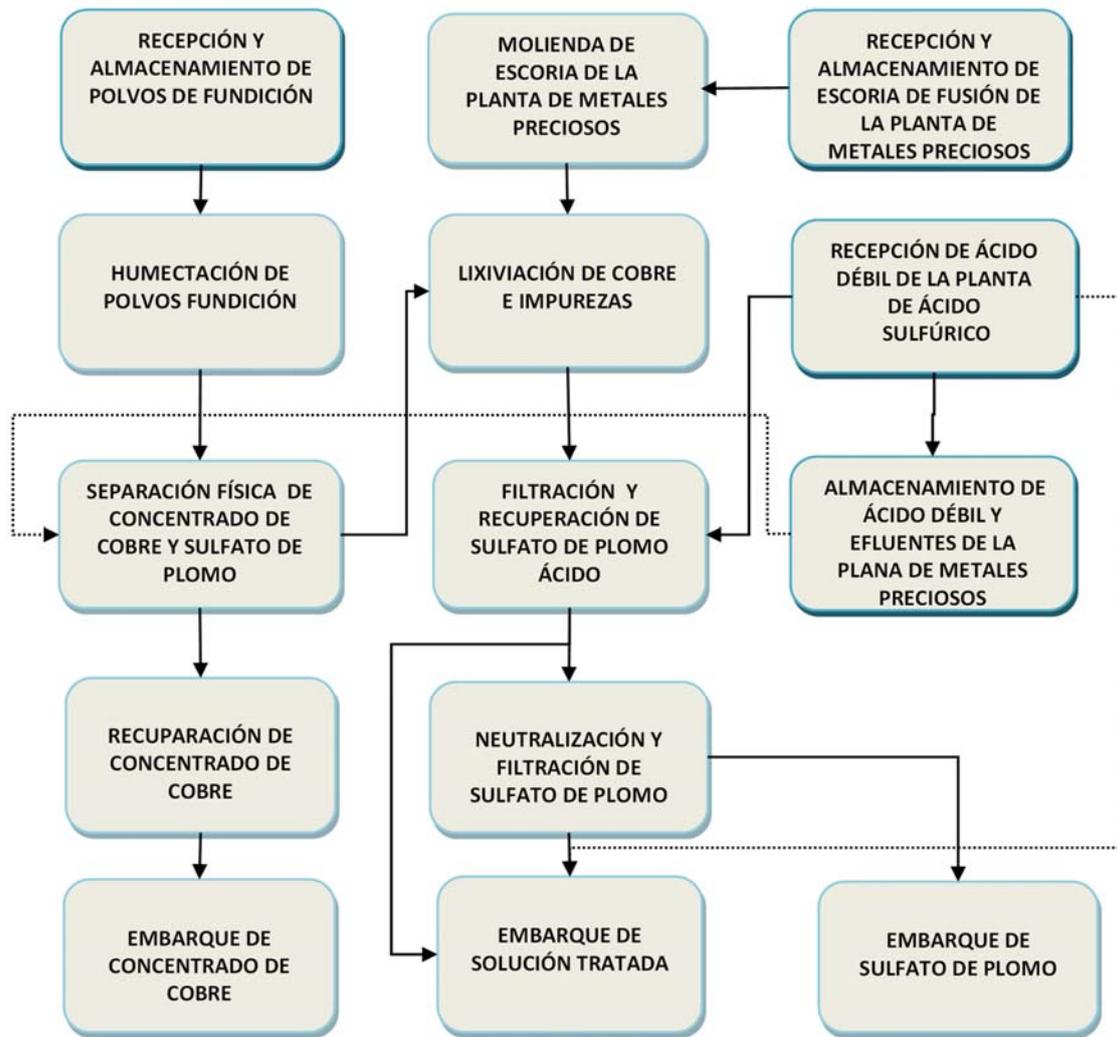


Figura 1. Diagrama General de la Planta de Tratamientos de Polvos y Efluentes.

2.6. Funcionamiento de un Filtro Prensa Para la Separación Sólido-Líquido

El filtro prensa consiste en una prensa mecánica que comprime un paquete de placas, en cuyo interior se introduce una cámara a cada lado. Estas cámaras están forradas por los elementos filtrantes o telas y en su interior se introduce la suspensión a la presión necesaria en cada momento para vencer la pérdida de carga generada por la filtración, a través de la torta que se va formando, hasta completar el espesor definido por la cámara.

Componentes Principales

Los componentes principales del filtro prensa son fundamentalmente dos:

- El armazón
- El paquete placas

Son los mismos componentes para todos los tipos de filtro prensa, sin importar el diseño, o si se trata de un modelo de viga alta o de viga lateral.

El armazón tiene la función principal de mantener el paquete de placas a pesar de la presión interna desarrollada durante el proceso de filtración. La terminología puede variar ligeramente de un fabricante a otro, pero los diferentes componentes siguen siendo más o menos los mismos:

- Cabeza
- Placa móvil
- Cilindro hidráulico
- Colector

El paquete de placas es donde se lleva a cabo la separación real sólido-líquido. Consiste en una serie de elementos filtrantes (las placas cuyo número es variable) que crean una cámara cada pareja de placas. La superficie de las

paredes de la cámara tiene pequeños cilindros salientes que están cubiertos por una tela permeable. Estos cilindros crean un flujo drenante para el líquido filtrado y hay orificios en cada esquina de las placas, que conectan la superficie de drenaje a las cuatro salidas de descarga.

Cuando las placas son mantenidas juntas en un único paquete, las esquinas de salida forman colectores individuales que conectan la superficie de drenaje a la tubería externa. El orificio central donde se inyecta el lodo (con menor frecuencia hay orificios en las esquinas) crea un colector que conecta las cámaras del paquete de placas.

Funcionamiento del Proceso de Filtración

Primero, el filtro prensa es cerrado por el cilindro/pistón hidráulico y entre las placas se forman las cámaras selladas, donde el lodo es bombeado por la bomba de alimentación.

El lodo es inyectado en el filtro prensa a través del colector de entrada en la cabeza. Mientras que cada cámara se rellena, el líquido fluye a través de las telas, la superficie de drenaje y las salidas de descarga para escapar de los orificios de esquinas por gravedad.

La función principal del elemento filtrante es proporcionar una estructura permeable para soportar la torta durante su formación. Al principio, algunos sólidos pueden pasar a través de las telas, provocando una ligera turbidez del filtrado. Después las partículas de lodo más grandes comienzan a reducir gradualmente la dimensión de los orificios de la tela.

Las partículas más pequeñas empiezan a rellenar los orificios reducidos. Una vez que se haya formado una capa de partículas de 1 o 2 mm de espesor, esta lleva a cabo la función de separar las partículas más finas, y la torta aumenta su espesor mientras que se produce un filtrado cuyo nivel de turbidez es muy bajo.

Principio de la Filtración

La presión con la que es bombeado el lodo es obtenida a través de la bomba de alimentación de desplazamiento positivo o centrifuga. Gracias al drenaje por gravedad que se desarrolla en el lado del filtrado, se crea una diferencia de presión entre la de alimentación y descarga a lo largo del paquete de placas y la torta, cuyo espesor va creciendo. La filtración se lleva a cabo por esta diferencia de presión, además de la presión de la bomba de alimentación.

El elemento sólido contenido en el lodo va hacia la zona de formación de la torta, donde la diferencia es menor, con el resultado de que las tortas se forman de manera uniforme sobre la superficie de drenaje y las dos paredes de la cámara. El ciclo de alimentación continua hasta que las tortas que se van formando en las paredes de la cámara lleguen al centro de esta, rellenando el filtro prensa con material sólido; luego el proceso de filtración se termina.

En una segunda etapa, el cierre hidráulico del filtro prensa empieza su apertura, los elementos filtrantes se separan dejando caer las tortas, generalmente por gravedad, entre específicos muros de contención o directamente en los camiones para el transporte [4].

III. METODOLOGÍA Y ACTIVIDADES DESARROLLADAS

III.METODOLOGÍA Y ACTIVIDADES DESARROLLADAS

3.1. Construcción de un Diagrama de Bloques del Procesamiento de la Escoria de Fusión, tal Como se Trata Actualmente en la Planta

Para desarrollar el diagrama de bloques del área correspondiente al procesamiento de la escoria de fusión en el horno Kaldo de la Planta de Metales Preciosos, primeramente se realizó un reconocimiento de cada una de las etapas de dicho tratamiento, para lo cual se apoyó en la información proporcionada por el Jefe de Operaciones, Supervisores de turno y Operadores, para recabar información de primera mano, relacionada con los objetivos de cada una de estas etapas, tiempos de operación, variables de control y los problemas suscitados con mayor frecuencia, para detectar las condiciones de operación más críticas.

Asimismo, se desarrollaron actividades de supervisión, en la etapa de molienda húmeda, con el fin de conocer el desempeño técnico de diferentes operadores, para tener una idea de la homogeneidad en el manejo y control del molino, equipo auxiliar y sus respectivas variables de control, con lo cual se construyeron bitácoras de operación, mismas que incluyen los procedimientos Integrales de Trabajo (PIT).

Lo anterior permitió identificar áreas de oportunidad importantes, las cuales pudieran redituar en mayores beneficios desde el punto de vista operacional, económico, seguridad en el trabajo e impacto ambiental.

3.2. Construcción de un Diagrama de Flujo del Procesamiento de la Escoria de Fusión, tal Como se Trata Actualmente en la Planta

Apoyados en la construcción del diagrama de bloques del área correspondiente al procesamiento de la escoria de fusión en el horno Kaldo de la Planta de Metales Preciosos, seguidamente, se procedió a la construcción del diagrama de flujo, donde se pudiera identificar de una manera más precisa, cada uno de los equipos, sus corrientes principales sus condiciones de operación. Estos diagramas actualmente se utilizan para facilitar la capacitación a nuevas

trabajadores, así como también para cumplir con los requisitos que exigen los procesos de auditoría externa.

3.3. Propuesta de la Instalación de un Filtro Prensa, Para la Separación Sólido-Líquido, de la Escoria Húmeda Producto del Proceso de Molienda

Una de las necesidades más importantes, reconocidas durante el procesamiento de la escoria de fusión en el horno Kaldo de la Planta de Metales Preciosos, se relacionan con la operación de separación sólido-líquido en la sección de molienda fina en húmedo, la cual da lugar a dos corrientes, una sólida y otra líquida. La primera se envía de nuevo a la etapa de fusión del proceso integral de obtención de cobre, donde se funde junto con los concentrados de flotación, para su reprocesamiento. La corriente líquida pre-clarificada que se envía al proceso de tratamiento de los polvos de toda la nave de fundición, para recuperar una parte del cobre remanente y se producir sulfato de plomo para su venta comercial, contiene aun partículas finas de escoria con proporciones de oro y plata considerables, mismas que permanecen en la corriente líquida, produciendo sulfato de plomo con altos contenidos de estos metales, mismos que se integran en el compuesto de plomo, generando pérdidas para la empresa al no permitir su recuperación alternativa.

Por lo anterior, se propuso contar con una etapa de separación sólido-líquido más eficiente, mediante la implementación de un equipo de filtración apropiado, consiste en un filtro prensa, lo cual requirió del desarrollo de evaluaciones técnicas y económicas derivadas de esta implementación, así como de su integración en los diagramas de bloques y de flujo antes mencionados [4-8].

IV.RESULTADOS Y DISCUSIONES

IV.RESULTADOS Y DISCUSIONES

Lo resultados de la presente memoria de prácticas profesionales, se basan en la fundamentación realizada para la adaptación de un filtro prensa, para la separación sólido-líquido, de la escoria húmeda del producto de proceso de molienda de la Planta de Tratamiento de Polvos y Efluentes, para lo cual se incluyen los aspectos siguientes:

4.1. Análisis de la Conveniencia de la Implementación de un Filtro Prensa, Para la Separación Sólido-Líquido, de la Escoria Húmeda Producto del Proceso de Molienda

Primeramente se llevó a cabo un análisis técnico preliminar, en relación con la conveniencia de la instalación de un filtro prensa, para la separación sólido-líquido, de la escoria húmeda producto del proceso de Molienda. En este desarrollo se tomaron en cuenta aspectos como: la construcción de diagramas de bloques, mismos que indican en el desarrollo de este proceso antes y después de la implementación del sistema de filtrado, la construcción de diagramas de flujo, los cuales indican el desarrollo del proceso antes y después de la implementación del sistema de filtrado, así como también los Procedimientos Integrales de Trabajo (PIT), ambos procesos, antes y después de la instalación del filtro prensa.

4.1.1. Diagrama de Bloques del Procesamiento de la Escoria de Fusión, tal Como se Trata Actualmente en la Planta

Para presentar el análisis de la conveniencia de la implementación de un filtro prensa, para la separación sólido-líquido, de la escoria húmeda producto del proceso de molienda, primeramente se construyó el diagrama de bloques que se presenta en la Figura 2, donde se puede apreciar de forma más eficiente cada una de las operaciones del proceso de tratamiento de la escoria de fusión en el horno Kaldo. En este diagrama, además de las etapas del procesamiento se pueden apreciar condiciones de operación, flujo de materiales, entre otros.

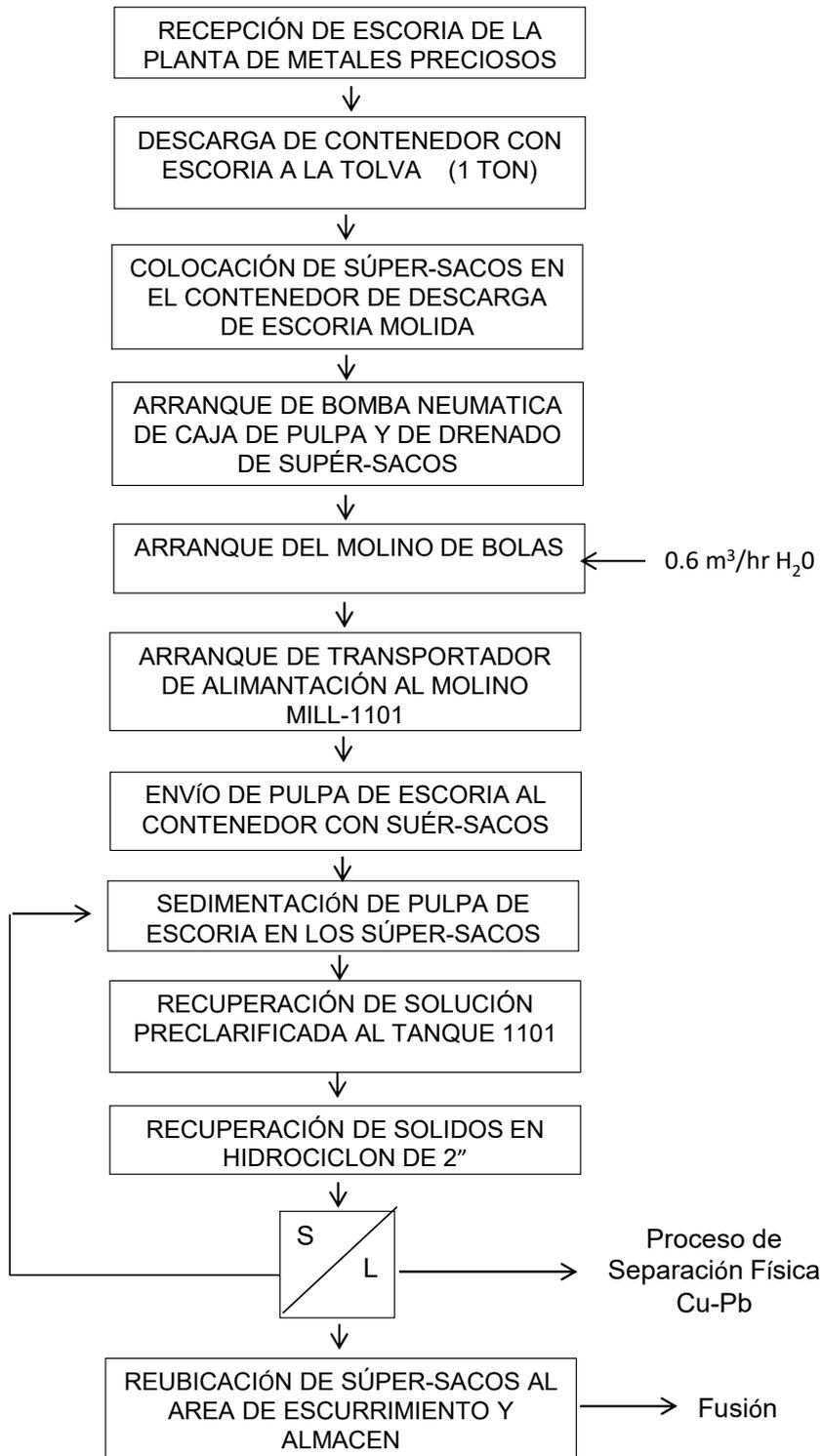


Figura 2. Diagrama de Bloques del Procesamiento de la Escoria de Fusión, tal Como se Trata Actualmente en la Planta.

4.1.2. Diagrama de Flujo del Procesamiento de la Escoria de Fusión, tal Como se Trata Actualmente en la Planta

Una vez construido el diagrama de bloques para el procesamiento de la escoria de fusión, se procedió a elaborar el diagrama de flujo de dicho proceso, donde se pueden apreciar las problemáticas, generadas por la falta de un sistema eficiente y seguro para la separación sólido-líquido. Dicho diagrama se muestra en la Figura 3, donde se presenta de manera más esquematizada, cada una de las etapas de este procesamiento.

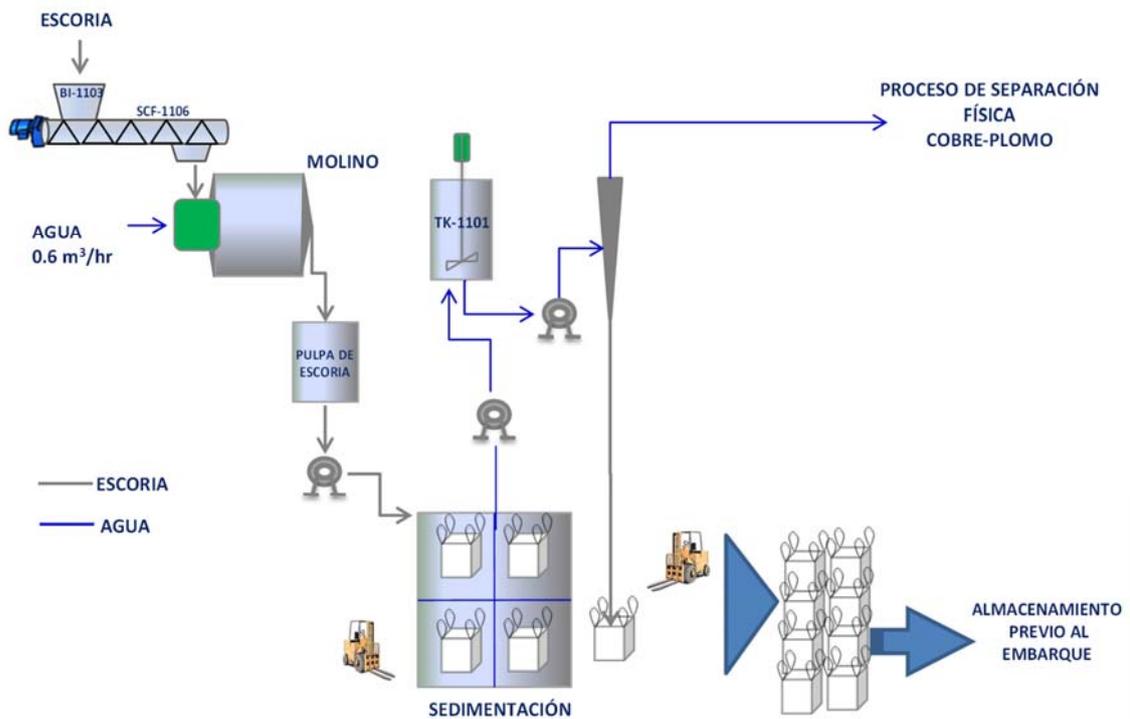


Figura 3. Diagrama de Flujo del Procesamiento de la Escoria de Fusión, tal Como se Trata Actualmente en la Planta.

4.1.3. Procedimiento Integral de Trabajo (PIT) del Procesamiento de la Escoria de Fusión, tal Como se Trata Actualmente en la Planta

Con ayuda de los diagramas anteriores y con el objeto de explicar de una forma más detallada cada uno de los pasos sistematizados, que llevan a cabo los operadores del equipo, para procesar la escoria de fusión proveniente del horno Kaldo, se construyó el Procedimiento Integral de Trabajo (PIT). La Tabla I muestra una serie de 17 pasos, donde se describe desde la preparación preliminar del operador, haciendo uso del equipo de protección personal, hasta la limpieza final del área de trabajo. Donde se destacan operaciones críticas como, monitoreo del llenado de los súper-sacos y el retiro de los mismos, entre otras.

Tabla I. Procedimiento Integral de Trabajo (PIT) del Procesamiento de la Escoria de Fusión, tal Como se Trata Actualmente en la Planta.

No.	Instrucciones de las Actividades	Criterios de Operatividad en Materia de Seguridad y Salud	Consecuencia en Caso de no Aplicar el Criterio de Operatividad en Materia de Seguridad y Salud	Criterio de Operatividad en Materia de Calidad	Consecuencia de no Aplicar el Criterio de Operatividad en Materia de Calidad	Solución a la Desviación
1	Póngase el Equipo de Protección Personal (EPP) y revise que se encuentre en buen estado	EPP en buen estado	Contacto químico	Irritación, enfermedad	Contacto directo con sustancias	Solicitar EPP al supervisor
2	Revise disponibilidad de escoria en BI-1103, de no tener proceder a cargar el contenedor	1 ton	Contacto químico (por derrame de polvo)	1 ton	Que este lleno	Revisar indicador de nivel de BI-1103
3	Revise disponibilidad en súper-sacos de descarga de escoria. Si están llenos cambiar	Menos de la mitad	Contacto químico (por derrame de material)	Menos de la mitad	Derrame de material	Revisar físicamente los 4 súper-sacos
4	Arranque bomba neumática de caja de pulpa y drenado de saco	Operar	Derrame de solución (salpicadura)	Operando	Derrame de solución	Revisar y reportar bomba a mecánico
5	Abrir válvula de flujo de solución (agua) a MILL-1101	0.6 m ³ /hr	Derrame de solución (salpicadura)	0.6 m ³ /hr	Taponamiento o desgaste de bolas	Revisar indicador de flujo en panel de control
6	Arranque MILL-1101 y revise amperaje	26 a 28 amp.	Atrapamiento de operador	26 a 28 amp.	MILL-1101 sobrecargado	Arrancar desde la botonera local
7	Lubrique MILL-1101 si el amperaje no baja	Arriba de 34 amp.	Atrapamiento de operador	Arriba de 34 amp.	Daño de transmisión y motor	Reportar a mantenimiento mecánico
8	Arranque el Transportador SCF-1106	Revisar banda y retirar objetos extraños	Atrapamiento de operador	3% de velocidad	Sobrecarga de MILL-1101	Ajustar velocidad de SCF-1106
9	Monitoree amperaje, alimentación y descarga de MILL-1101	30 a 32	Atascamiento de molino	30 a 32 amp.	Atascamiento en la alimentación y el molino	Dosificar la alimentación
10	Monitoree el súper-saco #4 de escoria, si está por llenarse entonces empiece a drenar al tanque TK-1101	3/4 lleno	Contacto químico por derrame de solución	3/4 lleno	Derrame de material al dique	Monitoreo constante a súper-sacos para drenar
11	Cuando se tenga un nivel en TK-1101 mandar la solución por el hidrociclón usando la PU-1101	95% nivel	Contacto químico por derrame de solución	95% nivel	Derrame de solución	Revisión de instrumento de nivel
12	Cuando se tengan llenos los 4 súper-sacos con solidos de escoria, retirelos con el montacargas y ponga nuevos súper-sacos	3/4 lleno	Contacto químico por derrame de solución	3/4 lleno	Derrame de solución	Cambio de súper-sacos
13	Pare SCF-1106 una vez terminado el material			0 Ton en BI-1103, lleno el saco o fin de turno	Consumo de energía	
14	Suspenda el flujo de solución a Mill-1101 después de 10 min sin cargar material	10 min	Derrame de solución (salpicadura)	10 min.	Desgaste de bolas y laines del MILL-1101	Cerrar completamente la válvula
15	Deje fuera el molino	Apagado	Derrame de solución (salpicadura)	Apagado	Consumo de energía y desgaste de bolas y laines	Apagar MILL-1101
16	Apague bombas neumáticas de caja de pulpa y drenado de súper-saco	Bomba apagada	Derrame de solución (salpicadura)	Apagado	Consumo de aire	Cerrar completamente la válvula
17	Limpieza de área	Juntar todo el material derramado	Contacto químico	Juntar todo el material derramado	Contaminación al medio ambiente	Juntar todo el material

4.1.4. Diagrama de Bloques del Procesamiento de la Escoria de Fusión, con la Propuesta de Implementación de un Filtro Prensa, Para la Separación Sólido-Líquido, de la Escoria Húmeda Producto del Proceso de Molienda

Continuando con el seguimiento del análisis de la conveniencia de la implementación de un filtro prensa, para la separación sólido-líquido, de la escoria húmeda producto del proceso de molienda, se construyó el diagrama de bloques que se presenta en la Figura 3, donde se puede apreciar la instalación de un sistema de filtrado, consistiendo en un filtro prensa, cuya instalación redujo en forma considerable el número de etapas, dentro de las cuales se encontraban las más críticas, dando lugar a un proceso más eficiente y seguro. En este diagrama, además de las etapas del procesamiento se pueden apreciar condiciones de operación, flujo de materiales, entre otros.

Cabe destacar que con la implementación del filtro prensa, el tratamiento se convirtió en un proceso cerrado, libre de subproductos.

4.1.5. Diagrama de Flujo del Procesamiento de la Escoria de Fusión, con la Propuesta de Implementación de un Filtro Prensa, Para la Separación Sólido-Líquido, de la Escoria Húmeda Producto del Proceso de Molienda

Posterior a la construcción del diagrama de bloques para el procesamiento de la escoria de fusión, con la implementación de un filtro prensa, se procedió a elaborar el diagrama de flujo de dicho proceso, donde se pueden apreciar las ventajas generadas con la implementación de este equipo de filtrado, dando lugar a un sistema eficiente y seguro para la separación sólido-líquido. Dicho diagrama se muestra en la Figura 4, donde se aprecia de forma más esquematizada, cada una de las etapas de este procesamiento.

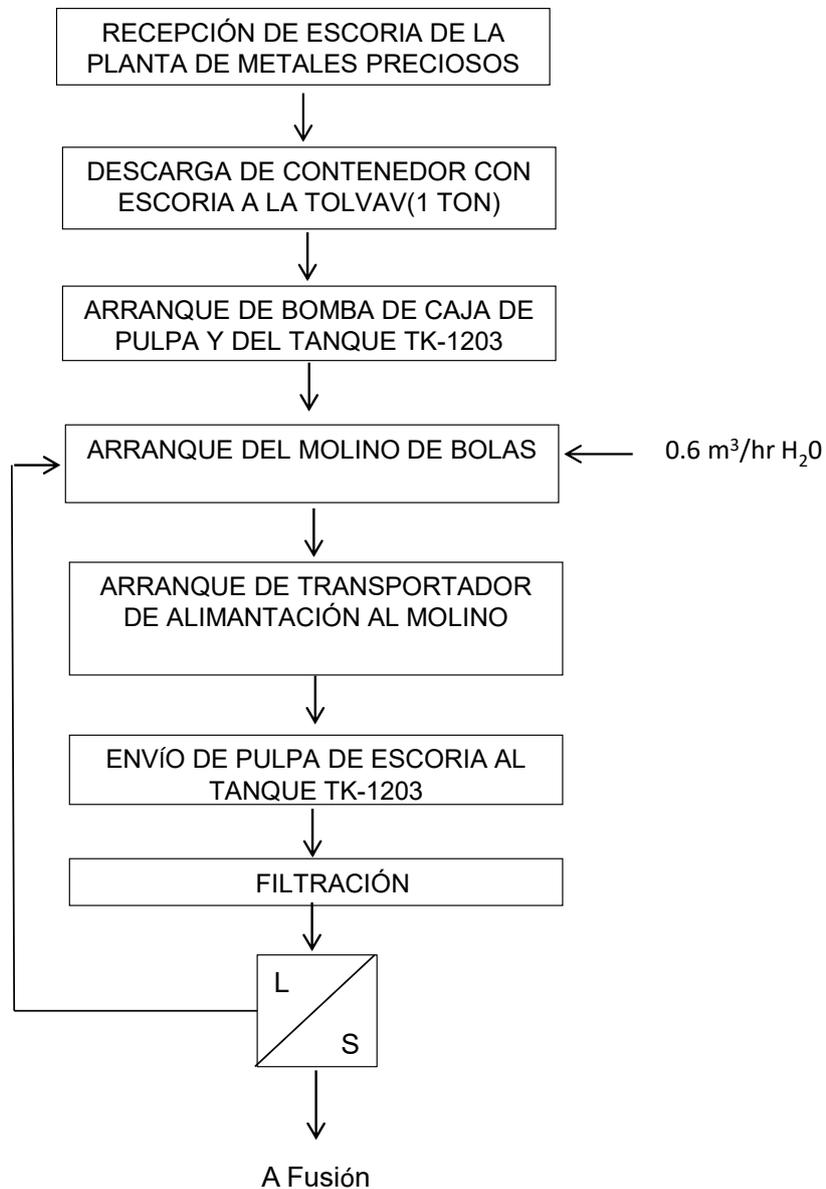


Figura 4. Diagrama de Bloques del Procesamiento de la Escoria de Fusión, con la Propuesta de Implementación de un Filtro Prensa, Para la Separación Sólido-Líquido, de la Escoria Húmeda Producto del Proceso de Molienda.

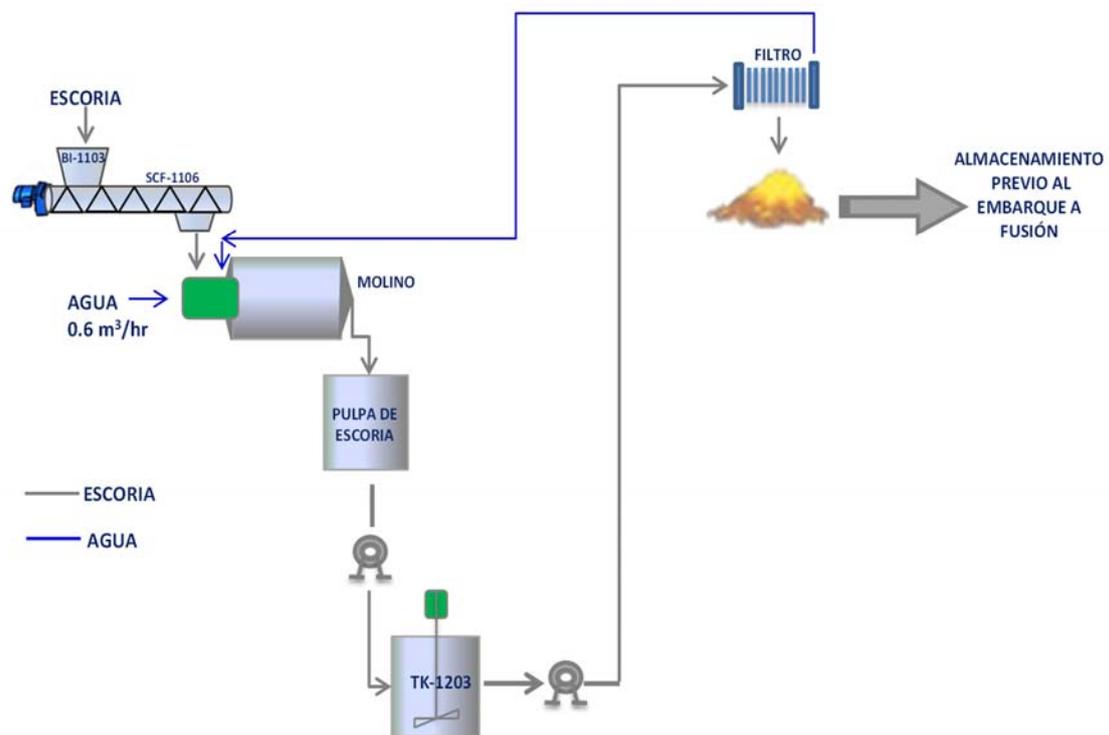


Figura 5. Diagrama de Flujo del Procesamiento de la Escoria de Fusión, con la Propuesta de Implementación de un Filtro Prensa, Para la Separación Sólido-Líquido, de la Escoria Húmeda Producto del Proceso de Molienda.

4.1.6. Procedimiento Integral de Trabajo (PIT) del Procesamiento de la Escoria de Fusión, con la Propuesta de Implementación de un Filtro Prensa, Para la Separación Sólido-Líquido, de la Escoria Húmeda Producto del Proceso de Molienda.

En base a los diagramas anteriores se construyó el Procedimiento Integral de Trabajo (PIT), para el procesamiento de la escoria de fusión, incluyendo la propuesta de implementación de un filtro prensa, para la separación sólido-líquido, de la escoria húmeda producto del proceso de molienda. La Tabla II muestra una serie de 20 pasos, donde desaparecen las etapas críticas de operación mencionadas anteriormente (monitoreo del llenado de los súper-sacos y el retiro de los mismos).

Tabla II. Procedimiento Integral de Trabajo (PIT) del Procesamiento de la Escoria de Fusión, con la Propuesta de Implementación de un Filtro Prensa, Para la Separación Sólido-Líquido, de la Escoria Húmeda Producto del Proceso de Molienda.

No.	Instrucciones de las Actividades	Criterios de Operatividad en Materia de Seguridad y Salud	Consecuencia en Caso de no Aplicar el Criterio de Operatividad en Materia de Seguridad y Salud	Criterio de Operatividad en Materia de Calidad	Consecuencia de no Aplicar el Criterio de Operatividad en Materia de Calidad	Solución a la Desviación
1	Póngase el Equipo de Protección Personal (EPP) y revise que se encuentre en buen estado	EPP en buen estado	Contacto químico	Irritación, enfermedad	Contacto directo con sustancias	Solicitar EPP al supervisor
2	Revise disponibilidad de escoria en BI-1103, de no tener proceder a cargar el contenedor	1 ton	Contacto químico (por derrame de polvo)	1 ton	Que este lleno	Revisar indicador de nivel de BI-1103
3	Abrir válvula de flujo de solución (agua) a MILL-1101	0.6 m ³ /hr.	Derrame de solución (salpicadura)	0.6 m ³ /hr	Taponamiento o desgaste de bolas	Revisar indicador de flujo en panel de control
4	Arranque MILL-1101 y revise amperaje	26 a 28 amp.	Atrapamiento de operador	26 a 28 amp.	MILL-1101 sobrecargado	Arrancar desde la botonera local
5	Lubrique MILL-1101 si el amperaje no baja	Arriba de 34 amp.	Atrapamiento de operador	Arriba de 34 amp.	Daño de transmisión y motor	Reportar a mantenimiento mecánico
7	Arranque bomba de caja de pulpa	Operar	Derrame de solución (salpicadura)	Operando	Derrame de solución	Revisar y reportar bomba a mecánico
8	Arranque el Transportador SCF-1106	Revisar banda y retirar objetos extraños	Atrapamiento de operador	3% de velocidad	Sobrecarga de MILL-1101	Ajustar velocidad de SCF-1106
9	Monitoree amperaje, alimentación y descarga de MILL-1101	30 a 32 amp.	Atascamiento de molino	030 a 32 amp.	Atascamiento en la alimentación y el molino	Dosificar la alimentación
10	Pare SCF-1106 una vez terminado el material			0 Ton en BI-1103	Consumo de energía	
11	Suspenda el flujo de solución a Mill-1101 después de 10 min sin cargar material	10 min	Derrame de solución (salpicadura)	10 min.	Desgaste de bolas y laines del MILL-1101	Cerrar completamente la válvula
12	Deje fuera el molino	Apagado	Derrame de solución (salpicadura)	Apagado	Consumo de energía y desgaste de bolas y laines	Apagar MILL-1101
13	Cuando se tenga un nivel en tanque TK-1203, mandar pulpa al filtro-prensa	95% de nivel	Contacto químico por derrame de pulpa	95% de nivel	Derrame de pulpa	Revisión de instrumento de nivel
14	Encender y cerrar filtro	4,800 psi	Llenado incompleto	4,800 psi	Filtro vacío	Revisar y reportar a mecánico
15	Arranque bomba del tanque TK-1203 al filtro	operar	Derrame de solución (salpicadura)	Operando	Derrame de solución	Revisar y reportar bomba a mecánico
16	Alimentación de pulpa a filtro	20 a 30 psi	Llenado incompleto	20 a 30 psi	Filtro vacío	Revisar y reportar a mecánico
17	Apague bomba de alimentación a filtro	90 a 95 psi	Llenado incompleto	90 a 95 psi	Filtro vacío	Revisar y reportar a mecánico
18	Inicie ciclo de soplado	5 a 10 min	Alta humedad en torta	5 a 10 min	Torta con alta humedad	Revisar telas
19	Inicie apertura y descarga	Totalmente abierto	Atrapamiento de operador	Totalmente abierto	Daño al equipo	Revisar y reportar
20	Limpieza de área	Juntar todo el material derramado	Contacto químico	Juntar todo el material derramado	Contaminación al medio ambiente	Juntar todo el material

4.1.7. Beneficios que Resultarían con la Propuesta de Implementación de un Sistema de Filtrado Para la Separación Sólido-Líquido, de la Escoria Húmeda Producto del Proceso de Molienda

En base a los análisis anteriores se pueden concretar las ventajas de la implementación de un sistema de filtrado, en los 5 aspectos siguientes:

1. Recuperación de valores de Au y Ag.

Como se ha discutido desde las primeras secciones de esta memoria de prácticas profesionales, la corriente líquida pre-clarificada, mediante la etapa de sedimentación del producto de la molienda de la escoria de fusión en el horno Kaldo, se envía al proceso de tratamiento de los polvos de toda la nave de fundición, donde se recupera una parte del cobre remanente y se produce sulfato de plomo. Sin embargo, la separación sólido-líquido producto de la molienda, no se desarrolla de forma eficiente mediante la etapa de sedimentación con la que cuenta la planta, dando lugar a que partículas finas de escoria con proporciones de oro y plata considerables, se vayan en la corriente líquida, produciendo sulfato de plomo con altos contenidos de estos metales. Con la implementación de un sistema de filtrado más eficiente, el cual sustituya a la etapa de sedimentación, se logrará que estos valores de oro y plata queden retenidos en la torta sólida, para ser reprocesados en la etapa de fusión integral de los concentrados de flotación de cobre y recuperarlos en el siguiente ciclo de tratamiento de los lodos anódicos.

2. Minimización de tiempos de operación.

La etapa de sedimentación, es una etapa larga, que hace al proceso discontinuo, y en ocasiones es necesario cortar la etapa de sedimentación, para colocar súper-sacos nuevos, para seguir procesando la escoria molida. Con la implementación del equipo de filtrado, se eliminaría estos tiempos de espera, ya que la pulpa molida estaría pasando directamente y de forma continua al proceso de filtrado y ambas corrientes (sólida y líquida), avanzarían a la siguiente etapa de procesamiento.

3. Reducción de riesgos en maniobras y contaminación del suelo.

En la etapa de sedimentación actual, una vez que los súper-sacos llenos de escoria, cumplieron con dicha etapa de procesamiento, se tienen que retirar del contenedor, provocando en ocasiones ruptura de estos sacos, dando lugar a operaciones de limpieza y drenado adicional, provocando trastornos en los tiempos y movimientos establecidos. Asimismo, la distancia que recorren los montacargas transportando los súper-sacos para su almacenamiento temporal, es también considerable, lo cual provoca que durante este trayecto, el flujo de líquido que sigue drenando de los súper-sacos afecte la sección del suelo durante cada recorrido. Por otro lado, además de esto, se implementan estrategias para que este dren de líquido no sea problema en la sección de almacenamiento temporal, mediante la protección con materiales impermeables, generando con ello, gastos adicionales.

4. Ahorro en gastos por la eliminación del manejo de súper-sacos.

Además del ahorro de insumos, correspondientes al cuidado y protección del manejo, transporte y almacenamiento de los súper-sacos. El ahorro más importante con la implementación de un sistema de filtrado se centra en la eliminación del uso de estos súper-sacos, ahorrándose su consumo y gastos de confinamiento final de los mismos.

5. Recirculación del agua al proceso de molienda

La implantación de un sistema de filtrado, repercutirá directamente en un ahorro sustancial del agua de proceso, ya que se optaría por recircular en su totalidad la solución producida en el proceso de filtrado, generando con ello un circuito cerrado, donde se evitaría una carga circulante de plomo y metales preciosos dirigidas a otras etapas del proceso integral del complejo.

En términos generales, aparte del ahorro económico que resultaría de esta implementación, destaca también el beneficio al medio ambiente, producto de la contención más controlada de los efluentes líquidos; así como también, la

eliminación de residuos consistentes en súper-sacos contaminados con una gama de metales potencialmente tóxicos.

4.1.8. Ventajas y Desventajas de la Instalación de un Filtro Prensa

Ventajas:

- Alto nivel de captación de sólidos (mayor de 99%).
- Altos valores de sequedad (sólidos con bajo contenido de humedad).
- Mínima supervisión.
- Buen comportamiento a la corrosión y a la abrasión (construidos con materiales de alta calidad).
- Alta estabilidad de resultados (buen control y reproducibilidad).
- Bajo consumo de aditivos y energéticos (mínima lubricación y bajo consumo de energía eléctrica).

Desventajas:

- Funcionamiento “discontinuo”, debido a la necesidad de operar en ciclos de carga y descarga intermitentes.

4.2. Análisis Económico de la Implementación del Filtro Prensa.

Aunque pudiera pensarse que en esta propuesta de implementación de un filtro prensa para la separación sólido-líquido, de la escoria húmeda producto del proceso de molienda, únicamente se tendrían repercusiones económica significativas, es importante aclarar, que a la par con este factor, o quizás todavía más importante puede resultar el beneficio en el impacto ambiental, que provocaría, tener mayor control de los efluentes líquidos y sólidos de este proceso, así como también, la eliminación de residuos contaminados de algunos materiales consumibles de este proceso. Lo cual hoy en día, y en relación con el cumplimiento de las regulaciones medioambientales, es altamente valorado por los responsables de las empresas de este ramo.

Una vez aclarado esto, se puede desarrollar un análisis económico simple, del efecto que tendría el ahorro en la eliminación de la compra y confinamiento de los súper-sacos. La Tabla III muestra el precio unitario (en dólares) de un súper-saco nuevo, y del confinamiento final de los súper-sacos después de su vida útil. De acuerdo a esta tabla y tomando en cuenta que en la planta se consumen 0.4373 sacos/ton escoria tratada, esto da lugar a un costo de \$8.2175 dólares /ton de escoria tratada, incluyendo el costo y confinamiento de súper-sacos.

La Tabla IV, muestra los gastos totales anuales, a partir del año 2012 a la fecha, por efectos de estos insumos, generando un gasto promedio anual de alrededor de \$7000 dólares. Desde un punto de vista económico, este valor pudiera no ser redituable en términos significativos, sin embargo, la implicación más importantes con la instalación de este sistema de filtrado se centra en el aspecto ambiental, discutido anteriormente.

Tabla III. Precios de Compra y Confinamiento de súper-sacos

PRECIO SUPER-SACO NUEVO EN DOLARES	\$ 17.27
PRECIO DE CONFINAMIENTO POR CADA SUPER-SACO EN DOLARES	\$ 1.50
TOTAL	\$ 18.77

Tabla IV. Costo de Adquisición y Confinamiento de Súper-Sacos por Cantidad de Escoria Procesada Anualmente

AÑO	ESCORIA PROCESADA (TON.)	COSTO (DOLARES)
2012	829	\$ 6,812.30
2013	682.84	\$ 5,611.20
2014	1179.08	\$ 9,689.10
2015	395.15	\$3,247.10

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Durante el desarrollo de la presente memoria de prácticas profesionales, se derivaron la siguiente conclusiones y recomendaciones.

5.1. Conclusiones

- Con la implementación de un sistema de filtrado más eficiente, el cual sustituya a la etapa de sedimentación, se logrará que los valores de oro y plata, mismos que actualmente se envían al proceso de tratamiento de los polvos de toda la nave de fundición, quedarán retenidos en la torta sólida, para ser reprocesados en la etapa de fusión integral de los concentrados de flotación de cobre y recuperarlos en el siguiente ciclo de tratamiento de los lodos anódicos.
- Con la implementación del equipo de filtrado, se eliminaría tiempos de espera prolongados, ya que la pulpa molida estaría pasando directamente y de forma continua al proceso de filtrado y ambas corrientes (sólida y líquida), avanzarían a la siguiente etapa de procesamiento. Asimismo, se eliminarían el uso de súper-sacos, ahorrándose su consumo y gastos de confinamiento final.
- La implantación de un sistema de filtrado, repercutirá directamente en un ahorro sustancial del agua de proceso, ya que se optaría por recircular en su totalidad la solución producida en el proceso de filtrado, generando con ello un circuito cerrado, donde se evitaría una carga circulante de plomo y metales preciosos dirigidas a otras etapas del proceso integral del complejo.
- En términos generales, aparte del ahorro económico que resultaría de esta implementación, destaca también el beneficio al medio ambiente, producto de la contención más controlada de los efluentes líquidos; así como también, la eliminación de residuos consistentes en súper-sacos contaminados con una gama de metales potencialmente tóxicos.

5.2. Recomendaciones

- La propuesta implementación del sistema de filtrado, considerada en esta memoria de prácticas profesionales, responde a la solución de una problemática directa, que se presenta en el procesamiento actual de la escoria de fusión del horno Kaldo, en Metalúrgica de Cobre S.A de C.V. Sin embargo, tomando en cuenta el contenido apreciable de valores de oro y plata, se recomienda un tratamiento alternativo, para recuperar estos metales, mismo que se desarrolle dentro de la planta de tratamiento de polvos y efluentes, evitando su recirculación al proceso integral de para la recuperación de cobre, con lo cual se reduciría la dispersión paulatina de los mismos.

5.3. Conclusión Personal

- Puedo concluir que fue verdaderamente una experiencia muy agradable haber presentado y realizado mis prácticas profesionales en la Planta de Tratamiento de Polvos y Efluentes, de la empresa Metalúrgica de Cobre S.A. de C.V. Esta experiencia me ayudo a ser más capaz de lo que soy y descubrí que puedo dar más de mí. Las actividades realizadas me ayudaron a estimular el ingenio y así poder resolver las problemáticas de la mejor manera posible con los recursos disponibles. El estar trabajando en equipo con operadores y supervisores me enseñó que la tolerancia y el respeto hacia los demás son de vital importancia para llevar una buena relación de trabajo. Al convivir con personas de más alto rango pude observar sus capacidades como líderes y aprender de ellas, así como de sus experiencias como ingenieros.
- Las prácticas profesionales son de vital importancia ya que con ellas aprendes de todos a tu alrededor, lo cual te hace crecer como profesionista y como persona.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] <https://oro.bullionvault.es/guia/oro/demanda-industrial-plata>
- [2] <http://www.somosbarrick.com/argentina/2013/06/los-multiples-usos-del-oro/>
- [3] Metalúrgica de Cobre S.A. de C.V., Manual de inducción, Planta de Tratamiento de polvos y Efluentes.
- [4] <http://www.quiminet.com/articulos/el-funcionamiento-del-filtro-prensa-23843.htm>
- [5] Brewis, Tony; (1995); Mining, Separación por Gravedad.
- [6] Wills, B. A. Tecnología de Procesamiento de Minerales. Ed. Limusa S.A., México, 1987.
- [7] Tratamiento de Minérios e Hidrometalurgia, Recife, ITP, 1980.
- [8] Ounpuu, M.; (1992): Gravity Concentration of Gold From Base Metal Flotation Mills; Memorias : 24th Annual Meeting of the Canadian Mineral Processors, Ottawa, Ontario, Canadá.