

#### 4.- DETALLES DE OPERACION

Una precipitación eficiente de oro y plata depende del control apropiado de las características de la suspensión.

Una de estas características es la presencia de *sólidos suspendidos*, entre los cuales podemos encontrar al limo y precipitados de carbonato de sodio, hidratos de aluminio, magnesio y fierro, presentes en la solución enriquecida antes de la clarificación. Los sólidos suspendidos se pueden presentar también como suspensiones coloidales, entre las cuales se encuentra al carbonato de calcio. La formación de este compuesto ocurre lentamente y se elimina casi completamente durante la etapa de clarificación.

##### 4.1.-CLARIFICACION

Una perfecta clarificación es probablemente el factor más importante para obtener una precipitación eficiente. Deben removerse todos los sólidos suspendidos en la solución enriquecida, incluyendo las suspensiones coloidales.

La clarificación se da en dos formas básicamente, la clarificación a baja presión y clarificación de precubierta.

La clarificación a baja presión es efectuada por vacío con filtros de hojas para facilitar el manejo y una cómoda operación, este tipo de clarificación es de utilidad para soluciones que contengan solamente sólidos suspendidos, los

cuales son retenidos por el filtro en forma eficiente. El filtrado debe contener menos de 10 ppm, y preferentemente 5 ppm del total de sólidos suspendidos para una adecuada precipitación.

Cuando la filtración es efectuada bajo una presión negativa (es decir, vacío), la remoción parcial de oxígeno disuelto ya ha sido efectuada al entrar la solución a la torre Crowe, donde se completa la desoxigenación. Al hacer la clarificación y deareación simultáneamente, la capacidad de la torre de vacío es considerablemente incrementada, y se facilita la remoción completa de oxígeno.

La clarificación pre-cubierta colabora en la estabilización de algunos parámetros importantes en la operación tales como :

- Concentración de oro de la solución enriquecida.
- Velocidad de flujo de la solución de alimentación.
- Concentraciones de cianuro de la solución.

Tales parámetros norman básicamente la adición de los agentes precipitantes .

Los factores que producen bajas eficiencias se pueden clasificar como:

- Externos
- De Operación

Los factores externos son aquellos que en forma indirecta pueden alterar el desarrollo normal del proceso, tales como condiciones climatológicas y demás elementos que sin estar vinculados con la operación causan una alta presión en los filtros siendo necesario un mantenimiento frecuente de los filtros microporosos.

Con la introducción de la clarificación de pre-cubierta esta dificultad es minimizada, debido a que las suspensiones coloidales son depositadas sobre una capa precubierta de sílice diatomacea depositada sobre las enormes áreas de superficie de las hojas clarificadoras.

Para una buena operación es necesario que estos filtros sean lavados frecuentemente y la capa pre-cubierta removida y renovada, produciendo una eliminación de las incrustaciones.

Durante la operación de la planta una o más hojas clarificadoras deben ser retiradas diariamente y la capa adherida de la pre-cubierta y limo es lavada con agua o con solución a presión. La capa de pre-cubierta facilita enormemente este lavado, además de prolongar la vida del

filtro y mantener su permeabilidad, es decir, la capacidad filtrante de la hoja.

En el arranque de una planta nueva, todos los tanques de solución y líneas de tubería deben ser lavados completamente con una lechada de cal para remover el aceite y grasa que de otra forma podría causar serios problemas de presión en la clarificación y en los filtros precipitadores.

Se debe tener en mente que la clarificación imperfecta es la causa mas frecuente de problemas y que una cuidadosa atención a los detalles de clarificación será recompensada con resultados mejorados en la precipitación. La solución clarificada no debe ser exactamente clara, pero si brillante como la solución despojada vertida de los filtros clarificadores. Esto puede ser monitoreado mediante la instalación de un turbidímetro, el cual continuamente analiza la solución clarificada y alerta si hay algún problema en la fase de clarificación y/o remoción de gases disueltos.

#### **4.2.- DEAREACION.**

Una precipitación eficiente y completa de los valores metálicos de las soluciones de cianuro requiere de un acondicionamiento posterior a la clarificación, este acondicionamiento consiste en una eliminación completa del

oxígeno disuelto, ya que la precipitación completa no puede tomar lugar en presencia de algunas trazas de oxígeno libre.

En el proceso Merrill-Crowe, el oxígeno es eliminado mecánicamente sometiendo la solución a la acción de un alto vacío. El dióxido de carbono es simultáneamente removido, y por lo tanto se minimiza la formación de carbonato de calcio en el filtro precipitador.

La cantidad de oxígeno disuelto en una solución enriquecida típica varía de 5 a 8 mg/l y debe ser reducida a cerca de 0.5 a 1.0 mg/l para la producción de buenas soluciones despojadas cuando se utilizan de 0.05-0.15 kg de zinc por tonelada de solución.

#### **4.3.-PRECIPITACION**

La etapa final del proceso Merrill-Crowe es la precipitación, la cual utiliza polvo de zinc como agente precipitante, la buena eficiencia de esta operación depende en gran parte del buen desarrollo de las operaciones mencionadas anteriormente, así como del buen cuidado de la alimentación del zinc metálico, las sales de plomo añadidas, y de la buena relación que se establezca entre ellos. Un buen precipitado puede llegar a tener contenidos de oro de 3 a 5% en peso, variando este contenido conforme se desarrolla la operación.

El polvo de zinc utilizado para llevar a cabo la precipitación de oro, contiene entre 95 y 97% de zinc metálico, mientras que las sales de plomo son de pureza del 99.8 al 99.9% , la relación óptima en peso entre zinc y sales de plomo es de 100:1 (zinc-plomo).

El precipitado obtenido tiene la forma de masa esponjosa, con un espesor de 2 a 5 cm y de una gran superficie, el peso puede variar desde 25 kg hasta 50 kg, por semana, con un contenido de humedad hasta del 60%.

Una buena precipitación se lleva a cabo teniendo especial cuidado con algunos parámetros como son: la concentración y alcalinidad de la solución de cianuro, la alimentación de zinc, el uso de las sales de plomo, la presencia de metales en la solución y el tratamiento que se da al precipitado.

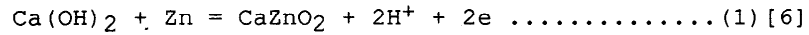
#### 4.4.-CONCENTRACION DE CIANURO Y ALCALINIDAD

Las soluciones alcalinas de cianuro resultantes del tratamiento de muchas menas contienen cantidades apreciables de cianuro libre y cal. En forma general, este contenido de cianuro es el requerido para una máxima disolución de oro y plata, esta cantidad es mayor que la requerida para una precipitación efectiva, ya que una solución previamente deareada, únicamente necesita tener la concentración necesaria

para disolver la cantidad requerida de zinc para provocar la precipitación; manteniendo así en solución los subproductos, tales como el hidróxido de zinc. Si se acondiciona apropiadamente, podría establecerse que los licores de lixiviación conteniendo 0.05 kilogramos o mas de NaCN por tonelada son fácilmente precipitados, y que hasta cantidades tan pequeñas como 0.02 kg de NaCN pueden a menudo ser suficientes para llevar a cabo la precipitación. Sin embargo, cuando se utilicen estas concentraciones mínimas, se encontrará que un goteo continuo de una solución concentrada de cianuro adicionada al alimentador de zinc ayudará algunas veces en la activación de zinc asegurando así la ausencia de oro en las soluciones despojadas.

Las principales funciones de la cal utilizada en la cianuración son la de evitar la formación de ácido cianhídrico, promover la sedimentación de los sólidos de mayor tamaño en la solución enriquecida para ayudar a la clarificación de la solución enriquecida. Menos frecuentemente, un alto contenido de cal puede ser requerido para descomponer los sulfatos de plata o los sulfotelururos de oro. En lo que a la precipitación se refiere, se necesita una cantidad muy pequeña de cal; solamente la suficiente para asegurar la disolución de la sal de plomo agregada como plumbato alcalino y para coagular el zinc precipitado asegurando una filtración rápida y eficiente. Una cantidad innecesaria de cal durante la precipitación provoca un consumo

excesivo de zinc y promueve la formación de un zincato de calcio, de acuerdo a la siguiente ecuación



El zincato de calcio formado es soluble si hay suficiente cianuro presente, de otra forma permanece en suspensión o cubre la superficie del zinc, interfiriendo gravemente con la precipitación. Esto y una clarificación deficiente son las causas principales de una presión excesiva en los filtros precipitadores[5]. En el tratamiento de menas de oro-plata las soluciones deben contener suficiente álcali para descomponer los complejos de cianuro-plata formados al precipitarse la plata sobre el zinc, y poder mantener al cianuro libre en la solución despojada. Lo anterior permite también alcanzar una alcalinidad óptima, para el control de los coloides y/o la formación de precipitados nocivos en algunas soluciones. Cualquier cambio de la alcalinidad debe ser hecho gradualmente alterando la alimentación de cal al circuito de molienda; no se debe adicionar la cal al estanque de almacenamiento de la solución enriquecida, la cal o el medio álcali debe añadirse solo a la pila de solución despojada como agente basificador para el cianuro. La alcalinidad apropiada para cualquier mena y/o licor de lixiviación debe ser solamente determinada por experimentación reciente y/o experiencia previa de operación.



#### 4.5.-ALIMENTACION DE POLVO DE ZINC COMO PRECIPITANTE

La alta eficiencia desarrollada por el proceso de precipitación Merrill-Crowe, se debe a la utilización de pequeñas cantidades de zinc, el cual es utilizado para precipitar los metales de las soluciones. La importancia del uso de un polvo de zinc de contenido metálico y uniformidad alta ha aumentado en los últimos años. También el tamaño del polvo de zinc debe ser suficientemente fino como para obtener la máxima superficie de contacto entre el zinc y la solución.

La forma para la alimentación del polvo de zinc está bien estandarizada. Comunmente se utilizan bandas de alimentación, tornillos de alimentación o alimentación volumétrica. Esta última se caracteriza por llevar a cabo la formación de una dispersión de zinc para su introducción al proceso.

La cantidad de zinc requerida varía con la condición de la solución, con la naturaleza y cantidad de impurezas presentes y los metales a ser precipitados. Sobre menas de oro limpias el consumo de polvo de zinc varía de 0.01 a 0.03kg por tonelada de solución. Estos valores se incrementarán debido a la presencia de cantidades apreciables de plata cobre.

#### 4.6 .- USO DE SALES DE PLOMO

En el proceso Merrill-Crowe, alimentadores de reactivos líquidos son utilizados para la adición de nitrato o acetato de plomo. Estos pueden ser de diferentes tipos y tamaños dependiendo del tonelaje de solución a ser manejado.

El procesamiento de casi todos los licores de lixiviación conteniendo oro y algunos de plata se mejora mediante la adición de una sal de plomo, la cual precipita como plomo metálico sobre el zinc, formando un par de zinc-plomo, el cual tiene un efecto benéfico sobre la reducción de los metales preciosos.

Tanto el nitrato como el acetato de plomo pueden ser utilizados aunque el último es preferido ya que es más soluble.

Las características de los precipitados de oro obtenidos con sales de plomo varían en diferentes soluciones y puede contener hidroxido de plomo, sulfato, cloruro o carbonato básico de plomo. Estos precipitados tienden a obstruir los filtros precipitadores y pueden interferir gravemente con la precipitación. Por consiguiente donde existan tales condiciones, la sal de plomo debe ser agregada a la solución antes de la clarificación, donde los compuestos de plomo del precipitado son filtrados. Cuando no se forman cantidades

apreciables de compuestos insolubles de plomo, la sal de plomo es ser agregada en solución en forma de un goteo continuo al alimentador de zinc, donde es inmediatamente precipitada como una película negra sobre las partículas de zinc.

Una forma simple de alimentador líquido es utilizado para agregar la solución de plomo ya sea al homogenizador de plomo en la solución, al clarificador, o al tanque de almacenamiento de solución enriquecida. La cantidad de sal de plomo utilizada varía ampliamente, dependiendo de la naturaleza de los licores de lixiviación a ser precipitados. En soluciones de oro la cantidad puede variar desde 5% hasta 25% del peso de zinc utilizado.

En el tratamiento de menas que contienen minerales de plomo, como por ejemplo menas de oro o plata que contengan carbonato de plomo, la cantidad de plomo disuelto y precipitado puede causar un consumo excesivo de zinc y una menor ley del precipitado el cual es difícil de refinar; debido a la presencia del plomo en las soluciones de alimentación, en estos casos la sal de plomo no es necesaria. De manera similar, cuando las soluciones contienen cantidades apreciables de plata o cobre, la sal de plomo adicionada puede ser innecesaria, ya que estos metales por si mismos son eficientes para formar un precipitado en conjunto con el zinc, obteniéndose un precipitado esponjoso, el cual es fácil de filtrar.

El uso exitoso de sales de plomo requiere una supervisión cuidadosa todo el tiempo, ya que si se adiciona en un lugar equivocado, o no cubre uniformemente al zinc, podría causar mas daño que beneficio. Se ha establecido que la clarificación deficiente es la causa más frecuente de los problemas de precipitación; el uso incorrecto de las sales de plomo es considerado como la segunda fuente de problemas durante la precipitación. Un estudio cuidadoso de ambos se reflejará en el incremento de la eficiencia.

#### 4.7.-EFECTO DEL COBRE EN LA PRECIPITACION

La presencia de cantidades apreciables de cobre en la mena está usualmente acompañada de un alto consumo de cianuro, esto puede también disminuir la extracción si se permite acumularse más allá de ciertos límites. El cobre interfiere gravemente con la precipitación de oro, ocasionando un chapeado o recubrimiento de las virutas de zinc, incrementando el consumo de zinc, disminuyendo el grado del precipitado producido. La precipitación de oro y plata es completa, independientemente del cobre presente, ya que nuevas y libres superficies están expuestas debido a la constante adición de zinc finamente dividido.