



INGENIERÍA EN MINAS Y METALURGIA

MANUAL DE PRÁCTICAS DE METALURGIA III.

ÍNDICE

PRÁCTICA 1 LIXIVIACIÓN DE MINERALES DE COBRE CON SOLUCIONES DILUÍDAS DE ÁCIDO SULFÚRICO	2
PRÁCTICA 2 PROCESO DE CEMENTACIÓN DE COBRE A PARTIR DE SOLUCIONES ÁCIDAS DE LIXIVIACIÓN	4
PRÁCTICA 3 DEPOSITACIÓN ELECTROLÍTICA DE COBRE A PARTIR DE SOLUCIONES ÁCIDAS PURIFICADAS DE SULFATO DE COBRE.....	6
PRÁCTICA 4 PREPARACIÓN DE SOLUCIONES DE CNa EN AGUA.....	8
PRÁCTICA 5 DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE CIANURO EN SOLUCIONES	10
PRÁCTICA 6 LIXIVIACION POR AGITACIÓN DE MINERALES DE ORO Y PLATA CON SOLUCIONES DE CIANURO.....	12
PRÁCTICA 7 PRECIPITACIÓN DE ORO Y PLATA DE SOLUCIONES DE CIANURO CON ZINC METÁLICO EN POLVO (PROCESO MERRIL CROWE).....	13

PRÁCTICA 1 LIXIVIACIÓN DE MINERALES DE COBRE CON SOLUCIONES DILUÍDAS DE ÁCIDO SULFÚRICO

Introducción: El 20% de la producción de cobre electrolítico en México se obtiene por electrodeposición.

El cobre se presenta en la naturaleza en diferentes especies minerales; los óxidos, carbonatos y sulfatos de cobre son fácilmente disueltos por soluciones diluidas de ácido sulfúrico; los sulfuros de origen secundario (novelita, calcocita) también son solubles, las especies minerales como la calcopirita y crisocola tienen un bajo índice de solubilidad.

Se utiliza el ácido sulfúrico por su bajo costo y alta disponibilidad por producirse como subproducto en la fundición de concentrados de cobre, también se produce en la fundición de plomo y en las refinerías electrolíticas de zinc.

Objetivo: Experimentar con la lixiviación de minerales de cobre que es la primera etapa de los procesos hidrometalúrgicos para la producción de cemento de cobre y de cobre electrolítico electrodepositado.

Equipo y material que se utiliza: (se solicitara el material necesario a la persona encargada, por equipo, estando el mismo disponible en todo momento)

1. Balanza digital.
2. Vasos de precipitado.
3. Agitador magnético.
4. Filtro de vacío.
5. Ácido sulfúrico.
6. matraz aforado de 100 ml.
7. bureta graduada de 100 ml.
8. matraz Erlenmeyer 250 ml.
9. matraz Erlenmeyer 500 ml.
10. probeta graduada de 100 ml.
11. probeta graduada de 50 ml.
12. papeles filtro whatman número 40.
13. frascos ámbar 1 galón.
14. pipeta graduada de 10 ml.
15. propipeta de jeringa.
16. indicador anaranjado de metilo.
17. hidróxido de sodio grado reactivo.
18. Mineral de cobre en forma de malaquita (carbonato de cobre) con formula $\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$.

Procedimiento para lixiviación en frasco por agitación en mesa de rodillos:

1. Pesar 100 gr de mineral molido a 100%-10 mallas;

2. El mineral contiene 2.5% de cobre como mínimo.
3. Colocar el mineral en un frasco ámbar de 1 galón,
4. En un vaso de precipitado de 600 ml añadir 300 mililitros de agua y 15 ml de ácido sulfúrico con densidad de 1.83 gramos por mililitro y (recuerde agregar primero el agua y posteriormente y con cuidado el ácido sulfúrico), en estas condiciones la solución tiene una concentración de 5% de ácido sulfúrico.
5. Tomar de la solución anterior una muestra para titular de 2 ml (alícuota), la cual se extrae con ayuda de una pipeta de graduada de 2 ml.
6. Coloque en el frasco ámbar (paso No.3) la solución de ácido sulfúrico preparada en el paso No. 4.
7. Agitar por tiempo deseado en mesa de rodillos 4, 8, 12, 24, 36, 48 y 72 horas.
8. Filtrar en bomba de vacío.

Resultados:

1. El cobre se oxida pasando a solución en forma de iones (cationes con dos valencias positivas), la solución es de color azul (sulfato de cobre), los sólidos son estériles en cobre.
2. La concentración de cobre en solución es de 2 gr/L aproximadamente.

Procedimiento para titulación de soluciones acidas por NaOH.

1. Se toma una muestra para titular de 2 ml (alícuota), la cual se extrae de los frascos en estudio con ayuda de una pipeta de graduada de 2 ml.
2. La alícuota se deposita en un matraz de aforación de 250 ml y se afora hasta la marca, la solución deberá ser agitada hasta garantizar su completa homogenización.
3. La solución anterior es trasvasa en un matraz Erlenmeyer de 250 ml (o más ml) y se agrega aproximadamente 0.5 ml de solución indicadora (el cual deberá dar un viraje entre 3.8 y 4.4 de pH) en este caso anaranjado de metilo.
4. Para titular se utiliza una solución de NaOH al 0.1N, preparada con agua destilada (se sugiere preparar solo 200 – 250 ml de solución n)
5. La función del NaOH es subir el pH de la solución hasta alcanzar el viraje, el anaranjado de metilo pasara de un color Rojizo a un color amarillo claro marcando el punto final de la titulación.
6. Alcanzado el punto final de la titulación se contabiliza el total gastado de NaOH.
7. Tome en cuenta que cada titulación deberá hacerse por duplicado, de manera de tener una medición lo más confiable posible.
8. Para determinar la cantidad de ácido en la muestra se utiliza la siguiente expresión:

$$\left[\frac{g}{l}\right] \text{ de acido en la solucion} = \frac{[ml] \text{ de NaOH} \times 49 \times \text{normalidad de NaOH}}{\text{volume de la alicuota}}$$

El valor de 49 representa el peso equivalente del ácido sulfúrico.

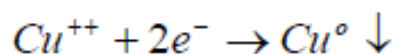
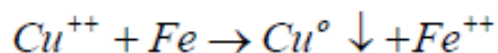
PRÁCTICA 2 PROCESO DE CEMENTACIÓN DE COBRE A PARTIR DE SOLUCIONES ÁCIDAS DE LIXIVIACIÓN

Introducción: La producción de cobre por procesos hidrometalúrgicos se realiza por el proceso de cementación con fierro metálico o por electrodeposición.

En ambos procesos es importante conocer la posición de los metales en la serie electromotriz y los potenciales de electrodo de los elementos metálicos.

Dicha posición empieza con los metales más activos y también más electronegativos y continúa en orden decreciente de su actividad.

El fierro está por encima del cobre en la serie electromotriz y por lo tanto el fierro (metal más activo que el cobre) desplaza, reduce o precipita al cobre de soluciones acuosas de acuerdo con la siguiente reacción:



El fierro se oxida, cede electrones al ion cobre

Objetivo: Obtención de cemento de cobre por precipitación química utilizando fierro metálico, su relación con la serie electromotriz de los metales y con la electrólisis de metales en solución.

Equipo:

1. Balanza digital.
2. Vasos de precipitado.
3. Agitador magnético.
4. Rebaba de fierro metálico.
5. papel filtro whatman número 40.
6. Filtro de vacío

Procedimiento:

1. De la solución obtenida en el proceso de lixiviación de minerales de cobre (practica 1 de este manual) obtener 200 ml de la solución rica en valores de cobre y colocarlas en vaso de precipitado de 600 ml.
2. Pesar en analítica (mínimo 4 ceros) 4 gr de rebaba de fierro (o calcular 4 veces la cantidad estequiométrica) para precipitar el cobre.
3. Secar la rebaba pesada en horno eléctrico por mínimo 30 min, dejar secar y pesar nuevamente (no poner la rebaba en contacto con las manos)

4. Agregar la rebaba pesada en la solución a cementar y agitar por un máximo de 30 minutos.
5. Lavar la rebaba de fierro y filtrar para recuperar Cu cementado, secar el filtrado y pesar nuevamente en balanza analítica.

Resultados.

La diferencia de peso es el valor de Cu por cada 200 ml de solución rica en estudio, hacer los ajustes necesarios hasta reportar g de cobre por tonelada de mineral.

PRÁCTICA 3 DEPOSITACIÓN ELECTROLÍTICA DE COBRE A PARTIR DE SOLUCIONES ÁCIDAS PURIFICADAS DE SULFATO DE COBRE

Introducción: La industria minero-metalúrgica del cobre por razones de tipo económico (costo de la energía eléctrica) emplea soluciones de lixiviación de cobre concentradas y purificadas por el proceso de extracción por solventes, el proceso integral se le conoce como ESDE que quiere decir Extracción por Solventes y Depositación Electrolítica.

Para la deposición electrolítica se emplean soluciones con concentraciones de cobre y ácido sulfúrico de 45 y 180 gramos por litro respectivamente y densidades de corriente de 250 a 300 amperes por metro cuadrado de superficie catódica; se aplica la segunda ley de Faraday que establece que si pasa un faradio por un conductor electrolítico se deposita un equivalente químico de un elemento.

El equivalente químico del cobre es 31.77 gramos y se deposita por 26.8 amperes por hora (Un faradio) con 100% de eficiencia de corriente eléctrica directa.

Objetivo: Obtención de cobre electrolítico (cobre electrowon) a partir de soluciones de lixiviación ácida purificadas y concentradas aplicando energía eléctrica.

Equipo:

- Fuente de poder también conocida como rectificador de corriente. (Para transformar la energía eléctrica alterna en corriente directa) con capacidad de 2 amperes y 5 volts de tensión en corriente directa; la fuente de poder se alimenta con energía eléctrica alterna de 110 volts.
- Celda Electrolítica. Para la capacidad de la fuente de poder la celda se construye con un vaso de precipitado de 600 ml, un ánodo y un cátodo (ambos de acero inoxidable) de 8 cm. De ancho, el cátodo debe estar sumergido 4.5 cm. En la solución o electrólito para tener una superficie catódica (ambos lados) de 72 cm^2 para proporcionar una densidad de corriente equivalente a 277 amperes por m^2 de superficie catódica.
- Solución (Electrólito) tiene concentraciones de cobre y ácido sulfúrico de 45 y 180 gr/L respectivamente; el cobre está ionizado en forma de sulfato de cobre.
- Balanza digital

Procedimiento:

1. Pesar el cátodo (lámina de acero inoxidable)
2. En el vaso de precipitado de 600 ml. colocar 400 ml. de solución, introducir los electrodos (ánodo y cátodo) y conectarlos a la fuente de poder, cátodo al negativo y ánodo al positivo.
3. Se acciona el interruptor de la fuente y se inicia la deposición del cobre.
4. Proporcionar un tiempo de electrodeposición de 1 hora.
5. Interrumpir la energía eléctrica y extraer el cátodo con el cobre depositado, lavarlo con agua.

6. Secar el cátodo y pesarlo, la diferencia en peso es el cobre depositado en una hora.

Resultados:

1. Se observa la deposición de cobre en el cátodo (electrodo negativo) por una reacción química de reducción.
2. En el ánodo se observa el desprendimiento de oxígeno por descomposición del agua (oxidación), el hidrógeno se combina con el ion sulfato para formar ácido sulfúrico.
3. Teóricamente se deben depositar 1.18512 gramos de cobre por ampere y por hora con 100% de eficiencia de corriente eléctrica, deberá reportarse cuál fue el peso del cobre depositado en la práctica, que eficiencia se tuvo en la práctica.

PRÁCTICA 4 PREPARACIÓN DE SOLUCIONES DE CNa EN AGUA

Introducción: El cianuro de sodio está disponible en forma de briquetas y en forma granular.

Los principales productores son DUPONT y DEGGUSA.

Propiedades físicas.

La gravedad específica del sólido a 25° C es 1.60 y la solubilidad máxima en agua a 20° C es de 354 gr/L.

Objetivo: Capacitar sobre las propiedades y manejo del cianuro de sodio en el proceso de cianuración de minerales de oro y plata.

El cianuro es un producto tóxico y representa uno de los principales costos del proceso, en consecuencia el buen uso y manejo es muy importante.

Análisis químico típico:

% Cianuro de sodio (NaCN) 98.6

% Hidróxido de sodio (NaOH) 0.3

% Carbonatos (CO₃) 0.5

El hidróxido de sodio previene la formación del HCN (ácido cianhídrico o cianuro de hidrógeno que es un gas tóxico), cuando se agrega el cianuro al agua.

En el proceso de cianuración generalmente se utilizan soluciones alcalinizadas con hidróxido de calcio.

Reacciones del cianuro de sodio en agua:

El cianuro de sodio disuelto en agua forma un equilibrio entre los iones de cianuro y el altamente volátil cianuro de hidrógeno (HCN)

La formación del HCN varía con la concentración de cianuro, temperatura y pH; a pH 7 y valores inferiores todo el cianuro está en la forma de HCN, es decir el cianuro se pierde.

Para evitar la formación de HCN un pH con valor mínimo de 10 es requerido.

El pH de las soluciones de cianuro en el proceso de cianuración se debe mantener en un rango entre 10.5 y 11 para evitar descomposición de cianuro y pérdidas económicas.

Las reacciones químicas que resultan cuando el oro se disuelve en una solución débil de cianuro alcalinizada es que el oro, el cianuro, el oxígeno y el agua se combinan para formar un complejo de oro-cianuro e hidróxido de sodio.

El complejo de oro-cianuro es estable en un rango de pH de 3.5 a 11, si el cianuro libre se descompone en HCN el complejo oro-cianuro permanecerá en la solución.

Equipo y material que se utiliza:

1. Balanza digital.
2. Probetas graduadas de 100 ml
3. Potenciómetro o papel indicador de pH.
4. Frasco de vidrio con capacidad de un galón.
5. Cianuro de sodio

6. Cal hidratada.

Procedimiento:

Nota: hacer los cálculos necesarios para la cantidad de solución que usted necesite. (Por frasco son 600 ml de solución)

Para preparar 3 L de solución de cianuro de sodio con concentración del 0.1% en peso (1 gr/L)

1. Pesar 3.05 gr de cianuro de sodio y depositarlos en un frasco de vidrio con capacidad de 1 gal.
2. Adicionar al frasco 3 L de agua alcalinizada con hidróxido de calcio a pH 11

El agua alcalinizada se prepara de la siguiente manera:

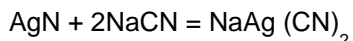
La solubilidad máxima del hidróxido de calcio en agua a 20° C es 1.29 gr/L, mayor concentración de sólidos produce una lechada (cal no disuelta).

En el laboratorio se recomienda preparar una lechada con 0.5 g de cal hidratada y 100 ml de agua, agitar y esperar a que la cal no disuelta se asiente y utilizar el líquido claro combinándolo con agua de pH neutro hasta tener el pH 11.

Resultados: Se tiene una solución con una concentración de 0.1% de NaCN y pH 11 para utilizarse en las prácticas 5 y 6.

PRÁCTICA 5 DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE CIANURO EN SOLUCIONES

Introducción: El método está basado en la reacción entre el cianuro libre y el nitrato de plata.



$$169.88 + 98.02 = 267.90$$

1.7332 gr de AgNO_3 reaccionan con 1 gr de NaCN

1 gr/L de NaCN debe consumir 200 ml. de solución de AgNO_3 con concentración de 8.666 gr/L.

50 ml de la solución de NaCN con concentración de 1 gr/L debe consumir 10 mililitros de la solución de AgNO_3 con concentración de 8.666 gramos por litro.

Es decir cada mililitro de solución de AgNO_3 gastado equivale a una concentración de NaCN de 0.01%

Objetivo: Conocer y experimentar con el método del nitrato de plata que se aplica en la industria y en el laboratorio para determinar el cianuro que permanece libre en una solución

Equipo y material que se utiliza:

1. Balanza digital
2. Bureta graduada de 50 ml.
3. Probeta graduada de 50 ml.
4. Matraz Erlenmeyer de 125 ml.
5. Vasos de precipitados
6. Nitrato de plata Q.P. (Químicamente puro)
7. Solución de cianuro de sodio con concentración de 0.1% (1 gr/L)

Procedimiento:

1. La solución de nitrato de plata se prepara disolviendo 8.666 gr de la sal en agua destilada hasta hacer 1 L.
2. Se toman 50 ml. de la solución de cianuro por analizar que debe estar bien clarificada y se colocan en el matraz Erlenmeyer de 125 ml.
3. Se titula con la solución de nitrato de plata, debiendo observar cuidadosamente cada adición de nitrato, permitiendo que la nube blanca-azulosa que se forma permanezca algunos segundos antes de agitar el matraz y disolverla.

El punto final se alcanza cuando después de agitar el matraz, aparece la primera opalescencia permanente de una niebla azulosa que ofusca la brillantez original de la solución.

El punto final quiere decir que ya no existe cianuro libre en la solución por haber reaccionado con el nitrato de plata.

4. En estas condiciones 1 ml. de la solución de nitrato de plata gastado en la titulación es equivalente a 0.01% de NaCN

Resultados: Anotar los mililitros de solución de AgNO_3 gastados en la titulación y determinar la concentración de la solución de NaCN en términos de %.

Observaciones:

1. En esta práctica se está valorando una solución fresca de cianuro.
2. En la práctica siguiente se determinará la concentración de cianuro en soluciones de mineral que ya ha sido lixiviado, en este caso la concentración de cianuro que se determine será menor por el cianuro que consume el mineral.

PRÁCTICA 6 LIXIVIACION POR AGITACIÓN DE MINERALES DE ORO Y PLATA CON SOLUCIONES DE CIANURO

Introducción: En las clases teóricas se ha establecido que no todos los minerales con oro y plata son susceptibles de procesarse por cianuración.

Por otra parte la exploración por oro y plata a nivel mundial es una de las principales actividades de la industria minera, se buscan principalmente yacimientos de oro diseminado, de gran volumen y que en el mejor de los casos, los minerales se puedan procesar por cianuración.

Las pruebas metalúrgicas inician con lo que se denomina “Pruebas de cianuración por agitación en botellas” que determinan el porcentaje de disolución de oro y plata y el consumo de cianuro.

El oxígeno es muy importante para la reacción de disolución de los metales preciosos con el cianuro, la agitación de las botellas en una mesa de rodillos permite la aireación de la pulpa de mineral y sus resultados son comparables con los obtenidos con tanques agitadores a nivel industrial.

Las pruebas metalúrgicas de cianuración en botellas son mundialmente utilizadas.

Objetivo: Determinar la adaptabilidad de los minerales al proceso de cianuración en función de dos factores fundamentales, porcentaje de disolución de oro y plata y el consumo de cianuro expresado en gramos por tonelada de mineral.

Equipo y material que se utiliza:

1. Botellas (Fascos de vidrio con capacidad de 1 gal)
2. Balanza digital.
3. Embudo.
4. Mesa de rodillos para agitación.
5. Filtro de vacío.
6. Potenciómetro o papel indicador de pH.

Mineral: Muestra de mineral oxidado con valores de oro molido a 100% a -10 mallas

Solución de cianuro de sodio: Solución al 0.1% de NaCN alcalinizada con hidróxido de calcio a pH 11

Cal hidratada: Para ajustar el pH (Si se requiere)

Cianuro de sodio: Para ajustar concentración (Si se requiere)

Solución de nitrato de plata: Con concentración de 8.666 gr/L.

Procedimiento:

1. Se utilizan 4 frascos, a cada uno se le agregan 200 gr de mineral y 600 ml. de solución de cianuro; los frascos se numeran 1, 2, 3, 4
2. Se colocan en la mesa de rodillos para la agitación, el tiempo será:
Frasco 1 por 2 horas
Frasco 2 por 24 horas

Frasco 3 por 48 horas

Frasco 4 por 72 horas

3. A las 2 horas de agitación se toma el frasco 1 y se toman 50 ml. de solución y se determina:

a) El valor de pH

b) La concentración de cianuro libre

4. Si las determinaciones anteriores arrojan resultados de pH bajo y/o baja concentración de cianuro agregar directamente a los otros frascos cal y cianuro para ajustar el pH a 11 y la concentración de NaCN a 0.1%

5. Continuar la agitación con los frascos 2, 3, y 4 y a las 24 horas repetir el procedimiento indicado en el punto 3 con el frasco 2; enseguida filtrar toda la pulpa (guardar el filtrado); los sólidos se lavan con un litro de agua y se secan en la estufa para mandarlos analizar por oro.

6. Continuar la agitación de los frascos 3 y 4 y a las 48 horas, repetir el procedimiento indicado en el punto 5, con el frasco 3.

7. Continuar la agitación con el frasco 4 y a las 72 horas repetir el procedimiento indicado en el punto 5, con el frasco 4.

Resultados:

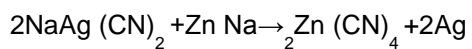
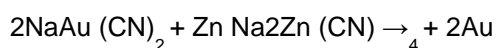
1. Se determina el % de disolución de oro en base al análisis de oro en el mineral y el análisis de oro en el residuo sólido para tiempos de agitación de 2, 24, 48 y 72 horas.
2. Se determina el consumo de cianuro en gramos por tonelada de mineral para tiempos de agitación de 2, 24, 48 y 72 horas.

Observaciones:

1. Por lo general el instructor proporciona para las prácticas muestras de mineral con análisis de los residuos.
2. Las soluciones de lixiviación se almacenan en un frasco para utilizarlas en la práctica número 5.

PRÁCTICA 7 PRECIPITACIÓN DE ORO Y PLATA DE SOLUCIONES DE CIANURO CON ZINC METÁLICO EN POLVO (PROCESO MERRIL CROWE)

Introducción: El zinc metálico precipita al oro y la plata de acuerdo a las siguientes reacciones:



Estequiométricamente se requieren:

1 mol de zinc (65) gr. para producir 2 moles de Au (2 x 197)

1 mol de zinc (65) gr. para producir 2 moles de Ag (2x 108)

La reacción de precipitación presenta las siguientes características:

Los iones de oro y plata (En forma de iones complejos con el cianuro) son precipitados de la solución VIA REDOX (reducción-oxidación), con otro metal (zinc) que tiene un potencial más electronegativo que el oro y la plata; entonces, una diferencia de potencial electroquímico es establecida y produce la reacción de óxido-reducción. El oro gana electrones (se reduce a metal) y el zinc se oxida, pierde electrones.

La reacción es de naturaleza REDUCTORA; por lo tanto es muy importante DESOXIGENAR las soluciones de cianuro antes de adicionar el zinc metálico en polvo.

Si la precipitación se realiza en soluciones con oxígeno disuelto parte de los metales preciosos precipitados pueden redisolverse, se tiene un mayor consumo de zinc por oxidación y el precipitado resulta de baja calidad por el mayor contenido de zinc.

La eliminación del oxígeno de las soluciones (operación que también se le conoce como desaereación), se obtiene por medio de vacío, generalmente se utilizan filtros que trabajan bajo vacío continuo, el filtro elimina sólidos en suspensión que de permanecer en la solución impurifican el precipitado.

En algunas plantas, se utilizan filtros de presión para clarificar (eliminación de sólidos de la solución), y enseguida el sistema de vacío para desairar (desoxigenar).

Para tener alta eficiencia de precipitación se recomienda agregar a la solución clarificada (antes de adicionar el zinc) pequeñas cantidades de nitrato de plomo o acetato de plomo (entre el 5 y 10% en peso del zinc), el zinc precipita al plomo en forma de película metálica creando un par galvánico, activándose el zinc.

Objetivo: Realizar a escala de laboratorio el proceso de cementación.

Equipo y material que se utiliza:

Filtro de vacío.

Papel filtro.

Balanza digital.

Vasos de precipitado 600 ml

Probeta de 50 ml

Acetato de plomo

Zinc metálico en polvo

Solución de lixiviación (de la práctica anterior), con una composición química aproximada siguiente:

Concentración de cianuro libre 0.1% NaCN a, pH 11, contenido de oro 1 gr/L, contenido de plata 1 gr/L.

Cálculo del peso de zinc por adicionar por litro

Peso estequiométrico necesario para el oro = 0.165 gr

Peso estequiométrico necesario para la plata = 0.300 gr. Total = 0.465 gr

Se usarán 2 gr/L de solución (4.3 veces el estequiométrico)

Agregar el 5% en peso de acetato de plomo en relación al peso del zinc

Procedimiento:

1. Filtrar al vacío la solución de cianuro con los valores de oro y plata disueltos, utilizando el filtro buchner de porcelana y el matraz kitasato para recuperar la solución clarificada y desoxigenada.
2. Medir el volumen de solución.
3. Agregar a la solución el acetato de plomo y el polvo de zinc metálico en las cantidades que previamente se tienen que calcular de acuerdo a lo indicado en líneas precedentes.
4. La reacción de precipitación es instantánea, agitar por un minuto con varilla de vidrio, o equivalente.
5. Filtrar en el buchner preferentemente con papel filtro sin cenizas para separar el precipitado de la solución estéril.
6. Secar y pesar el papel filtro junto con el precipitado.

Resultados:

1. Se funde el precipitado para obtener el metal doré (aleación de oro y plata)
2. Se observa el proceso de cementación y en la clase teórica se compara con el proceso industrial.