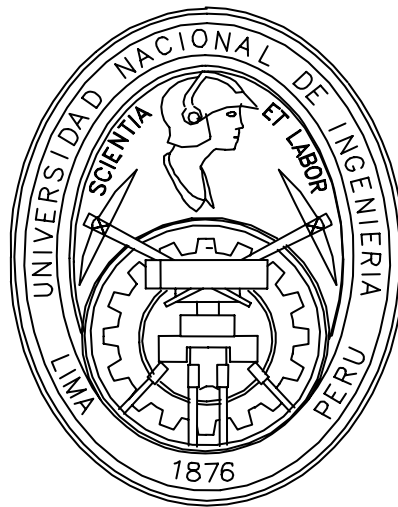


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA MINERA Y METALURGICA



PROYECTO DEL CIRCUITO DE FLOTACION FLASH EN MEJORA DE LA RECUPERACION DE ORO GRUESO

TESIS

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE
INGENIERO METALURGISTA**

HILARIO DAMASO GORVENIA GORVENIA

LIMA – PERU
2006

A Dios, por haberme bendecido en cada área de mi vida y ser la fortaleza en mis decisiones.

A mí querida madre Hilaria por su invaluable apoyo y sacrificio

A mi esposa Sonita, por su incondicional amor y compañía

A todas aquellas personas, profesores, amigos, compañeros de estudio y trabajo, que larga sería la lista si los nombrase, los cuales contribuyeron al desarrollo del presente trabajo

CONTENIDO

1.0 RESUMEN	1
2.0 INTRODUCCIÓN	2
3.0 FUNDAMENTO TEORICO	3
3.1 FLOTACION FLASH	3
3.2 CONSIDERACIONES TÉCNICAS	5
3.3 COMPORTAMIENTO DEL ORO EN SISTEMAS DE CLASIFICACIÓN Y MOLIENDA	5
3.4 FLOTABILIDAD DEL ORO	7
3.5 APLICACIONES DE LA FLOTACION DE ORO	7
3.6 COMPORTAMIENTO DEL ORO EN LOS CIRCUITOS DE MOLIENDA	10
3.7 LA FLOTACIÓN FLASH CONVENCIONAL DE OUTOKUMPU	10
3.8 TECNOLOGÍA DE LA FLOTACIÓN FLASH OUTOKUMPU	13
3.9 MODELAMIENTO DE LA FLOTACIÓN FLASH EN UN CIRCUITO CERRADO DE MOLIENDA	14
3.10 BENEFICIOS EN GENERAL	15
3.11 BENEFICIOS COMPARADOS CON LA GRAVIMETRÍA	15
4.0 ESTUDIOS BASICOS PRELIMINARES	15
4.1 CLASIFICACIÓN POR CICLÓN	15
4.1.1 CURVA DE PARTICIÓN DEL ORO Y PLATA EN EL CICLÓN D-10	18
4.1.2 CURVA DE PARTICIÓN DEL ORO Y PLATA EN EL CICLÓN D-15	19
4.2 FLOTABILIDAD DEL MINERAL	21
5.0 CARACTERIZACIÓN MINERALOGICA	24
5.1 CARACTERIZACIÓN DEL MINERAL DE CABEZA CONCENTRADO Y RELAVE	24
5.2 CARACTERIZACIÓN MINERALOGICA DEL CONCENTRADO FLASH	28
6.0 PRUEBAS METALURGICAS A NIVEL DE LABORATORIO	30
6.1 ANALISIS VALORADO DEL CLASIFICADOR D10	30
6.2 ANALISIS VALORADO DEL CLASIFICADOR D15	32
6.3 ANALISIS VALORADO DEL CONCENTRADO FLASH	34
6.4 FLOTACIÓN FLASH EN LAS ARENAS DEL CLASIFICADOR D15	34
6.4.1 CINETICA DE FLOTACIÓN FLASH EN LAS ARENAS	

DEL CLASIFICADOR D15	35
6.4.2 ANALISIS VALORADO DEL CONCENTRADO FLASH Y SU RELAVE DEL U/F D15	37
6.5 FLOTACIÓN FLASH EN EL REBOSE DEL CLASIFICADOR D15	38
6.5.1 FLOTACIÓN FLASH CON REMOLIENDA INICIAL DE 10 MINUTOS DEL REBOSE EN EL CLASIFICADOR D15	38
6.5.2 FLOTACIÓN FLASH CON REMOLIENDA DEL RELAVE FLASH DE 5 MINUTOS DEL REBOSE EN EL CLASIFICADOR D15	40
6.5.3 FLOTACIÓN FLASH CON REMOLIENDA DEL REBOSE EN EL CLASIFICADOR D15	42
6.5.4 FLOTACIÓN FLASH CON REMOLIENDA DE 15 MINUTOS Y LIMPIEZA DEL REBOSE EN EL CLASIFICADOR D15	43
6.6 FLOTACIÓN FLASH EN EL CLASIFICADOR ARENAS D10	45
6.6.1 CINETICA DE FLOTACIÓN FLASH EN LAS ARENAS D-10	46
6.6.2 ANALISIS VALORADO DE LA FLOTACIÓN FLASH EN LAS ARENAS DEL CLASIFICADOR D10	48
6.6.3 FLOTACIÓN FLASH EN EL CLASIFICADOR ARENAS D10	49
6.6.4 FLOTACIÓN FLASH CON LIMPIEZA EN EL CLASIFICADOR ARENAS D10	51
6.7 RECUPERACIÓN Y BALANCE METALÚRGICO POR LA FLOTACIÓN FLASH EN EL ALIMENTO AL HIDROCICLON D10	52
6.8 CONCENTRACIÓN POR MESA GRAVIMÉTRICA	56
6.9 PRUEBA PILOTO DEL CONCENTRADOR FALCON SB-12	58
7.0 SIMULACIÓN DE CIRCUITO DE FLOTACIÓN FLASH	59
7.1 SIMULACION VARIANDO DIFERENTES CONDICIONES EN LA RECUPERACION DE PLATA	62
7.2 SIMULACION VARIANDO DIFERENTES CONDICIONES EN LA RECUPERACION DE ORO	64
8.0 BALANCE DE FLUJOS, EQUIPOS Y MAQUINARIAS	66
8.1 BALANCE DE FLUJOS	66
8.2 EQUIPOS Y MATERIALES	67
9.0 INVERSION EN MAQUINARIAS Y EQUIPOS INDUSTRIALES	68
10.0 EVALUACION Y SIMULACION ECONOMICA	69
10.1 EVALUACION ECONOMICA	69
10.2 SIMULACION ECONOMICA	70
11.0 DISCUSION DE RESULTADOS	71
12.0 CONCLUSIONES	91

13.0 BIBLIOGRAFIA	96
14.0 ANEXOS	97

LISTADO DE FIGURAS

Figura N° 1.- Configuración de Flotación Flash	11
Figura N° 2.- Configuración Dual Outlet de Flotación Flash	13
Figura N° 3.- Perfil de la Celda de Flotación Flash	14
Figura N° 4.- Curvas de Ley de Stoke	16
Figura N° 5.- Curva de Partición, U/F Hidrociclón D10	18
Figura N° 6.- Curva de Partición, O/F Hidrociclón D10	18
Figura N° 7.- Corte D50, Hidrociclón D10	19
Figura N° 8.- Curva de Partición, U/F Hidrociclón D15	20
Figura N° 9.- Curva de Partición, O/F Hidrociclón D15	20
Figura N° 10.- Corte D50, Hidrociclón D15	21
Figura N° 11.- Cinética de Flotación Flash, Oro y Plata, D15	36
Figura N° 12.- Cinética de Flotación Flash, Oro y Plata, D10	47
Figura N° 13.- Diagrama de Flujo del Circuito de Simulación	60
Figura N° 14.- Recuperación Simulada de Plata en Función del Porcentaje de Rec. Flash y CC de Plata	62
Figura N° 15.- Ley Simulada de Plata en el concentrado en Función del % Rec. Flash y 2.12 de Carga Circulante de Plata	62
Figura N° 16.- Ley Simulada de Plata en el concentrado en Función del % Rec. Flash y 3.12 de Carga Circulante de Plata	63
Figura N° 17.- Ley Simulada de Plata en el concentrado en Función del % Rec. Flash y 4.12 de Carga Circulante de Plata	63
Figura N° 18.- Recuperación Simulada de Plata en Función del Porcentaje de Rec. Flash y CC de Oro	64
Figura N° 19.- Ley Simulada de Oro en el concentrado en Función del % Rec. Flash y 7.69 de Carga Circulante de Oro	64
Figura N° 20.- Ley Simulada de Oro en el concentrado en Función del % Rec. Flash y 12.69 de Carga Circulante de Oro	65
Figura N° 21.- Ley Simulada de Oro en el concentrado en Función del % Rec. Flash y 17.69 de Carga Circulante de Oro	65
Figura N° 22.- Balance de Materia del Circuito de Flotación Flash	66
Figura N° 23.- Inversión en Maquinarias y Equipos Industriales	68
Figura N° 24.- Evaluación Económica	69
Figura N° 25.- Simulación Económica	70

1.0 RESUMEN

Las recuperaciones de oro y plata no siempre reflejan, los niveles de recuperación logrados en las pruebas metalúrgicas del estudio de factibilidad del proyecto.

Las Auditorias del circuito de Flotación nos confirman que la mayoría de pérdidas están en las mallas finas. También se observa una concentración de oro y plata en el circuito de molienda secundaria. Pruebas de mineralogía, flotación flash y gravimetría coinciden en la conclusión de que existe una porción del oro y la plata en el mineral que se comporta como GRG (oro recuperable por gravimetría).

La implementación de un proceso que recupere este oro que recircula; incrementaría la recuperación de oro que se esta obteniendo actualmente. Para ello existen 2 procesos probados: la Gravimetría mediante un concentrador centrífugo (Falcón) y la Flotación Flash.

La flotación Flash solo ha sido probado a nivel de laboratorio, obteniendo recuperaciones de 88.4% de este oro que recircula, el cual es un resultado muy superior a la gravimetría de 27.57% del oro recirculante, la siguiente etapa es mediante una prueba piloto de la Flotación Flash para confirmar el resultado obtenido a nivel de laboratorio. Debido a que no se cuenta con la celda de pilotaje; para estimar este incremento se realizo un programa de simulación matemática con el método de recuperaciones parciales para predecir su efecto.

El costo total de instalación de un circuito de flotación flash, seria de 54 611 US\$, lo cual se paga con tan solo el 1% de mejora en la recuperación de oro durante 3.5 meses. Se espera una mejora mayor del 2% de recuperación de oro. La simulación determino un incremento de hasta 92% en plata y a 95.1 en oro, dependiendo de la carga circulante del oro.

Por varios motivos detallados en este presente trabajo, se concluye que la recuperación de oro y plata puede ser incrementada con la instalación de un equipo Skim Air de Outokumpu. La mejora mínima del 1%, en la recuperación de oro significa un ingreso de 16295 dólares mensuales, los resultados de la Flotación Flash a nivel laboratorio indican una mejora mayor al 2 y 3%.

2.0 INTRODUCCIÓN

El oro recuperable por gravedad se encuentra en diferentes tamaños y en diferentes depósitos aluviales de roca dura.

Debido a este criterio la flotación flash es una operación unitaria importante dentro de muchos circuitos de molienda. Resultando en una buena oportunidad para recuperar el mineral valioso lo más pronto posible dentro del proceso de la planta. Esto previene que el mineral valioso recircule en la carga del molino, reduciendo la ocurrencia de sobremolienda. La sobremolienda pone una limitación significativa en la recuperación, porque causa la producción de ultrafinos valiosos que son difíciles de recuperar por flotación.

Esta tecnología fue instalada en Kanowna Belle dando buenos resultados y produciendo un concentrado de buena ley sin problemas significativos.

En Sansu, también fue instalado, pero hubo un problema muy grave, pues la cantidad de arcillas del mineral fue muy alta. La alta viscosidad de la pulpa generó muchas dificultades para producir una espuma estable en la celda.

Consorcio Minera Horizonte también ha puesto en marcha un circuito de flotación flash después de los jig. Actualmente esta recuperando un promedio de 70% con la celda de flotación flash, es decir un 30% de oro por encima de los 30 a 40% de recuperación de oro grueso recuperado por los jig.

En el caso del proyecto de la mina no hay mucha arcilla, es mas el mineral presenta demasiado cuarzo, descartando este tipo de problemas.

En cuanto a recuperación de oro del proyecto, creemos que ha llegado a su límite, y esto es debido a que el oro se esta sobremoliendo, de acuerdo al análisis valorado del relave indicado en la distribución; el oro se encuentra por encima del 35% en tamaños menores a 37 micras. Este oro ya liberado no sale por el rebose de los hidrociclones secundarios, debido su alto peso especifico; sino que recircula y se vuelve a remoler, ello queda demostrado por las altas leyes de oro entre 20 a 40 g/t (dependiendo de la ley de cabeza) en las descarga de los hidrociclones secundarios.

La instalación de celdas de flotación flash puede aumentar dramáticamente la eficiencia de flotación y la recuperación total del oro, con un rápido retorno de inversión. Siendo este muy fácil de operar, requiriendo un mantenimiento mínimo y una logística muy elemental. Para el óptimo desempeño de este circuito es necesaria una operación totalmente automatizada.

3.0 FUNDAMENTO TEORICO

La predicción de la recuperación por recuperación flash en circuitos de molienda es una tarea de naturaleza compleja, sin embargo el problema puede plantearse en términos de variables mas simples que pueden ser evaluadas en laboratorio o medidas en planta para luego ser modeladas con el fin de predecir con precisión aceptable los beneficios económicos de esta opción.

Las principales variables a tener en cuenta en la evaluación del potencial económico de un circuito de flotación flash son:

El factor GRG del mineral, la magnitud de la carga circulante del oro y la fracción de la carga circulante a ser tratada.

El principio metalúrgico básico es : “ Recuperar el oro de su estado natural en la primera oportunidad posible, antes que se rompa, aplane, empaste, enrolle, contamine o se convierta parte de una solución química”.

3.1 FLOTACION FLASH

La flotación flash es un proceso que esta siendo incluido en muchas plantas de procesamiento de mineral como parte del circuito de molienda. Muchos de los minerales valiosos son liberados a menudo en los tamaños gruesos, sin embargo, estas partículas recirculan en el circuito de molienda con altas cargas circulante en las arenas del ciclón.

Además, los minerales de alta densidad son clasificados a las arenas del ciclón a pesar de ser de un tamaño muy fino.

Esto conlleva a una sobremolienda y dificulta la recuperación de los valores finos por flotación.

La flotación flash es usada para remover las partículas gruesas fácilmente flotables, las cuales son removidas lo más pronto posible para prevenir la sobremolienda.

El objetivo fue desarrollar un modelo integrado para simular la interacción de la flotación flash con el circuito cerrado de molienda y predecir el efecto de los cambios con el desempeño del circuito.

Finalmente, el resultado deseado es poder predecir el desempeño del circuito de flotación con o sin la celda de flotación flash.

Con las celdas SK flotación Flash, se puede flotar rápidamente, los minerales liberados en la carga circulante del circuito de molienda.

Los concentrados finales de alta ley, son recuperados en una sola etapa llamada flotación Flash.

Debido a que la flotación Flash recupera una considerable cantidad de minerales valiosos, los volúmenes de las celdas de flotación serán de menor dimensión o se puede ganar una capacidad extra en el circuito de flotación.

La celda de flotación Flash se alimenta por el underflow del ciclón en un circuito de molienda cerrado. El flujo de alimentación representa la distribución óptima del tamaño de partícula del mineral valioso y ganga para la cinética de flotación, selectividad y calidad. La celda de flotación flash trata la carga circulante del molino, y por consiguiente optimiza la eficiencia del molino y del clasificador del hidrociclón. Estableciendo una simulación en la computadora del circuito cerrado de molienda con la flotación flash, y la estimación de la interacción de la flotación flash con la molienda.

Los modelos usados predicen el efecto de los cambios en las condiciones de operación sobre el desempeño del circuito así como el desempeño de la molienda esperada en ausencia de la flotación flash. Esto permite también evaluar el efecto de la flotación flash y cualquier posible beneficio.

El modelo se desarrolló de modelos unitarios como el molino de bolas, clasificación del hidrociclón y proceso de flotación flash.

Un modelo empírico se usó para la celda flash, y modelos genéricos para el molino de bolas y hidrociclones. Los datos requeridos para el desarrollo de los modelos se obtuvieron de los estudios de la planta concentradora de Explorador, pruebas de laboratorio en molienda batch y pruebas de flotación.

El modelo representa con mucha precisión el circuito de molienda y el circuito de flotación flash de la planta bajo condiciones normales de operación y equilibrio.

La flotación por espuma se ha aplicado extensivamente y con gran éxito en la extracción del oro. Sin embargo, más allá de la flotación convencional, existe la oportunidad adicional para mejorar la recuperación total del oro con el uso del Flash Flotation. El concepto de Outokumpu Flash Flotation se ha conocido de largo como método estratégico para aumentar las recuperaciones del oro con una vuelta atractiva al cociente de la inversión. Esto es especialmente verdad para la recuperación del oro. Los principios detrás de la tecnología de Outokumpu Flash Flotation, así como las nuevas tecnologías de Outokumpu Flash Roughing y de Dual Outlet se demuestran fundamentalmente. La validez de estas tecnologías entonces se demuestra por la presentación de los estudios de caso de Flash Flotation en oro.

3.2 CONSIDERACIONES TÉCNICAS

1. Cuando los geólogos han detectado oro visible en las brocas de perforación
2. Cuando las pruebas metalúrgicas han confirmado la presencia de oro libre en circuitos de flotación.
3. Cuando los informes de ensayos metalúrgicos de muestreos en las colas finales de flotación dan picos ocasionales.
4. Cuando se ha detectado una alta carga circulante de oro en las arenas de los ciclones.
5. Cuando durante la limpieza y mantenimiento, se ha detectado oro libre acumulado en los sumideros, paredes interiores y bolas de los molinos, tuberías, codos, acoples, etc.
6. Cuando el mineral no es refractario, ni esta encapsulado, ni se encuentra en su estado libre.

3.3 COMPORTAMIENTO DEL ORO EN SISTEMAS DE CLASIFICACIÓN Y MOLIENDA

El oro se comporta de una manera muy diferente al resto de los minerales, puesto que tiende a acumularse en los circuitos de molienda, lo cual puede resultar en:

- Elevadas pérdidas debido a una excesiva molienda.
- Dificultades en la estimación de la ley de cabeza.
- Alto inventario de Oro.
- Problemas de seguridad.

Estos problemas pueden ser aliviados mediante la instalación de circuitos de flotación flash, pero la instalación de los mismos está basada en un buen conocimiento del comportamiento del oro dentro del circuito.

El comportamiento del oro es predecido por su maleabilidad y densidad, propiedades que afectan los mecanismos de reducción de tamaño, clasificación y liberación, los cuales a su vez condicionan el tiempo de residencia del oro en el circuito de molienda.

Laplante, Banisi y Marois en 1991, reportaron los siguientes hallazgos:

- La reducción de tamaño de las partículas de oro es entre seis y veinte veces más lenta que la de los minerales que la acompañan, debido principalmente a su maleabilidad. Esto ocasiona que las partículas de oro cambien varias veces de forma antes de producirse la partición de la partícula.
- En las operaciones de clasificación hidráulica el tamaño de corte es tres veces menor que el de los minerales con densidad de 3 g/cc.
- La maleabilidad del oro fomenta la interacción entre partículas de oro, las partículas de ganga y los medios moledores. Minerales mas duros son incrustados en los minerales de oro y las partículas de oro son impregnados sobre la superficie de partículas de ganga y medios moledores.

Todos estos comportamientos descritos tienen impacto directo sobre la recuperación del oro en los circuitos de flotación.

La primera y más importante consecuencia de este comportamiento es que la recuperación del oro se facilita significativamente dentro de los circuitos de molienda, la formación de altas cargas circulantes. Particularmente interesantes son entonces las arenas de los ciclones de clasificación y la descarga de los molinos secundarios. Una ventaja adicional es que estos flujos no necesitan ser tratados en su totalidad en virtud de la carga circulante y basta con tratar una porción del flujo total para obtener recuperaciones adecuadas.

Una decisión más debe ser tomada respecto al equipo a utilizar, y esta altamente influenciada por el oro presente. El oro grueso es tradicionalmente recuperado por canalones, jigs, etc. En cuyo caso el oro fino es sacrificado. Adicionalmente, el hecho de que el oro tenga un tamaño de corte menor que de los minerales acompañantes, implica que el oro presente en los flujos circulantes es de carácter fino.

Lo anterior permite concluir que la flotación flash, es una técnica que puede aumentar considerablemente la recuperación de oro en los circuitos de flotación, particularmente si las pérdidas de oro se pueden atribuir a uno de los siguientes factores:

- El oro presente es muy grueso para la flotación.
- Considerable cantidad de oro que ha sido impregnado en partículas de ganga o partículas de ganga ha sido impregnada en partículas de oro, convirtiéndose entonces en partículas mixtas.
- Condiciones de flotación no óptimas para la recuperación del oro.

Altas pérdidas, cuantificables en miles de onzas por año, sumado al hecho de que el contenido de oro en las arenas de los ciclones son considerablemente mayor que el rebose de los ciclones son excelentes indicadores de que pruebas adicionales deben ser realizadas con el fin de determinar el verdadero potencial.

Queda entonces planteada una pregunta muy importante y es como establecer si existe la posibilidad de mejorar la recuperación global mediante la combinación de la flotación flash y la flotación convencional con una mínima inversión.

Con las Celdas SK Flotación Flash, realizamos una flotación instantánea de los minerales liberados en la carga circulante en el circuito de Molienda.

Normalmente, en la Planta nos preguntamos, ¿En mi planta deberíamos contar con una Celda Flash? ¿Funcionará en nuestra planta? ¿Con nuestro mineral?

Cuando debo considerar la Flotación Flash:

- Cuando los minerales valiosos son más blandos en comparación con la roca encajonante.

· Cuando los minerales valiosos tienen una mayor gravedad específica que la roca encajonante.

¿Que ventaja me daría trabajar con una Celda de Flotación SK?

· Minimiza la sobremolienda de los minerales valiosos, debido a que la Flotación Flash se realiza a una granulometría gruesa.

· Concentrados Finales de alta ley, son recuperados solo en una sola etapa llamada Flotación Flash.

· Volúmenes Menores en las Celda Requeridos, debido a que la Flotación Flash recupera una considerable cantidad de minerales valiosos, los volúmenes de las celdas de flotación serán de menor dimensión o se puede ganar una capacidad extra en el circuito de flotación.

· Ahorro de Energía, se produce debido a que obtenemos un concentrado final grueso y en la reducción del volumen total de las celdas.

Las Celdas son dimensionadas en función de su tonelaje de alimentación y normalmente opera con el flujo de la carga circulante dentro del circuito de molienda.

TAMAÑO ALIMENTACION (aprox.)	
SK-80	80 TPH
SK-240	240 TPH
SK-500	500 TPH
SK-1200	1200 TPH

Pero en forma practica como debo analizar si es que el mineral con el que trabajo flotará en las Celdas SK de una forma esperada?

Primero contactarse con Outokumpu, para que se le envíe el Procedimiento a seguir en la prueba de flotación.

Otro procedimiento para la toma de decisión de un circuito de flotación flash son los siguientes:

Hacer un muestreo en los siguientes puntos:

- a) Cabeza o Alimentación al molino (Ley A)
- b) Arenas del Ciclón (Ley B)

Si $B > 3 \times A$, se debe considerar seriamente la instalación de una celda de flotación flash.

Si $B > 5 \times A$, se recomienda instalar una planta piloto con una celda de flotación flash pequeño para estudiar resultados.

Si $B > 10 \times A$, una Celda de flotación flash debiese estar instalado en su sistema. La recuperación de la inversión será inmediata.

3.4 FLOTABILIDAD DEL ORO

La flotación como medio para recuperar el oro, es establecida y también documentada ampliamente en la literatura. El oro se puede agrupar típicamente en tres categorías principales, a saber: como oro libre, mineral de oro y minerales asociados al oro.

Oro Libre

Bajo este grupo de oro libre, se puede agrupar típicamente al oro aluvial (tipo placer), oro nativo, aleaciones con el metal:

Oro nativo Au

Electrum (Au, Ag)

Auroestibita $AuSb_2$

Auricuprita $AuCu_3$

Maldonita Au_2Bi

El oro visible pertenece a este grupo, típicamente mayores a 0.1micrones, también es caracterizado por el concepto de GRG (oro recuperable por gravedad) según lo definido por A.R. Laplante. El término GRG debido a su implicancia será utilizado con frecuencia en este trabajo para la clasificación del grupo libre y ' visible ' del oro. El oro libre es naturalmente hidrofóbico, y exhibe un carácter no polar y flota por lo tanto bien.

Minerales de Oro

Entre los minerales de oro, típicamente son los telururos, con contenidos importantes de oro como cociente fijo.

Calaverita $AuTe_2$

Montbragita Au_2Te_3

Krennerita $(Au, Ag)Te_2$

Petzita Ag_3AuTe_2

Sylvanita $AgAuTe_4$

Minerales Asociados al Oro

Este grupo corresponde a los minerales sulfurados y oxidados que llevan al oro como componente de trazas, en solución sólida con los minerales o en forma coloidal encapsulada en el mineral. Este oro también a menudo se le refiere como oro invisible.

Entre los más conocidos tenemos:

Pirrotita Fe_7S_8

Pirita FeS_2

Calcopirita $CuFeS_2$

Arsenopirita $FeAsS$

Tetraedrita-tenantita $Cu_{12}(Sb,As)_4S_{13}$

Bornita Cu_5FeS_4

Calcocita Cu_2S

Los materiales carbonaceos participan en este grupo.

3.5 APLICACIONES DE LA FLOTACION DE ORO

La aplicación del diagrama de flujo de la flotación en el proceso de recuperación de oro esta en función de factores mineralógicos, ambientales y económicos.

Flotación como Etapa Primaria de Concentración

Cuando el oro esta asociado principalmente con minerales refractarios o encapsulados, de muy baja concentración, o cuando puede ser recuperado adicionalmente el mineral recirculante. El concentrado de la flotación es tratado como flujo principal.

Flotación como Etapa Scavenger

La flotación es aplicada a los relaves de lixiviación para recuperar el oro asociado con minerales refractarios o encapsulados.

Flotación como Etapa de Concentración para la Fundición Final de Oro

La flotación es adicionada al circuito gravimétrico para incrementar la ley gravimétrica, para la fundición posterior del concentrado de oro.

Flotación en el Circuito de Molienda

La recuperación de oro en los circuitos de molienda es deseable, porque reduce los inventarios de recirculación, produce un concentrado especifico para ser tratado separadamente y ser mas económico; o reducir la carga circulante del proceso de la fracción mas refractaria, o permitir la adopción de un flujo de caja mas rentable o simplemente lo mas importante incrementar la recuperación total del oro.

La flotación en el circuito de molienda puede ser dirigido especificamente a recuperar el oro libre (GRG), solo con el uso de reactivos muy específicos.

3.6 COMPORTAMIENTO DEL ORO EN LOS CIRCUITOS DE MOLIENDA

El oro exhibe características muy inusuales en el circuito de molienda. Ello se aprovecha con la separación gravimétrica y la flotación flash.

Oro libre

El oro pesado se acumula preferencialmente en el under flow de los ciclones. El mecanismo de molienda es un laminador de oro por su propiedad de maleabilidad. El proceso de

reducción de tamaño es de seis a veinte veces más lento que el proceso de reducción convencional de minerales y gangas.

Algunas láminas se van al over flow por arrastre. Estas láminas grandes se pierden generalmente a los relaves puesto que, en la parte inferior de las celdas de flotación no se suspenden por su diseño ni están preparados para la flotación de partículas gruesas.

El oro libre exhibe características excelentes en la flotación. Ello se debe a que las partículas laminadas de oro se unen generalmente más fácilmente a las burbujas de aire, y tienen un excelente ángulo del contacto, y la extensión de la superficie del área de contacto, y también porque los bordes aserrados permiten la penetración fácil de la película del líquido alrededor de la burbuja de aire.

Minerales de Oro y Minerales Asociados de Oro

Estos minerales se caracterizan por su rápida moliendabilidad, más que el oro libre. Típicamente los clivajes ocurren a lo largo de los bordes de grano de los cristales. Estos minerales son a menudo muy amorfos o frágiles, tendiéndose a acumular en las fracciones finas. La sobremolienda conduce a las pérdidas en las fracciones finas, pues las máquinas de la flotación no se engranan necesariamente hacia la flotación de las partículas finas.

3.7 LA FLOTACIÓN FLASH CONVENCIONAL DE OUTOKUMPU

El primer progreso de la flotación flash de Outokumpu fue realizado en los años 80 para la recuperación de material flotable del circuito de molienda. El desarrollo temprano originó una serie de investigaciones, hecho en las propias concentradoras de la compañía, iniciados para encontrar maneras de mejorar recuperaciones de la planta de flotación con alimentaciones de una calidad cada vez más compleja y de menor tenor. Los resultados demostraron que la naturaleza de clasificación de los hidrociclones, no solamente son por tamaño sino también por masa, y que los minerales y metales más pesados tales como oro, aunque estuvieran clasificados suficientemente seguirían siendo recirculadas hasta ser virtualmente sobremolidas. En este caso el oro libre, de partículas menores de 25 micrones recirculaban hasta 88-90%. Esto conduciría a una corriente enriquecida del under flow del ciclón con grados significativamente más altos que la alimentación fresca de la planta, con valores del metal significativos en la fracción de los tamaños de la partícula ideal para la flotación. El under flow del ciclón constituye el material ideal para la alimentación de la flotación, el tamaño de partícula ideal y con pocas partículas finas, incrementando la cinética de flotación.

La máquina de la celda de flotación flash de Outokumpu SkimAir tiene un especial propósito, pues se constituye para manejar partículas gruesas y densidades altas de pulpa

del under flow del ciclón en un circuito de molienda. Los tiempos cortos de retención con algunos pocos minutos, se utilizan para las velocidades altas de cinética en contraste con la cinética de las gangas, para producir un concentrado final de alta ley y recuperaciones moderadas, típicamente entre el 40 y 60% del grado de alimentación fresca de la planta. Las recuperaciones adicionales de 2 y 5% se reportan típicamente. Otras ventajas consideradas típicamente son la disminución del consumo de reactivo, mejora del espesamiento y eficiencia de los filtros reduciendo la humedad del cake y estabilizando las corrientes del circuito de flotación de la planta.

La figura 1 refleja una configuración estándar típica de la flotación Flash.

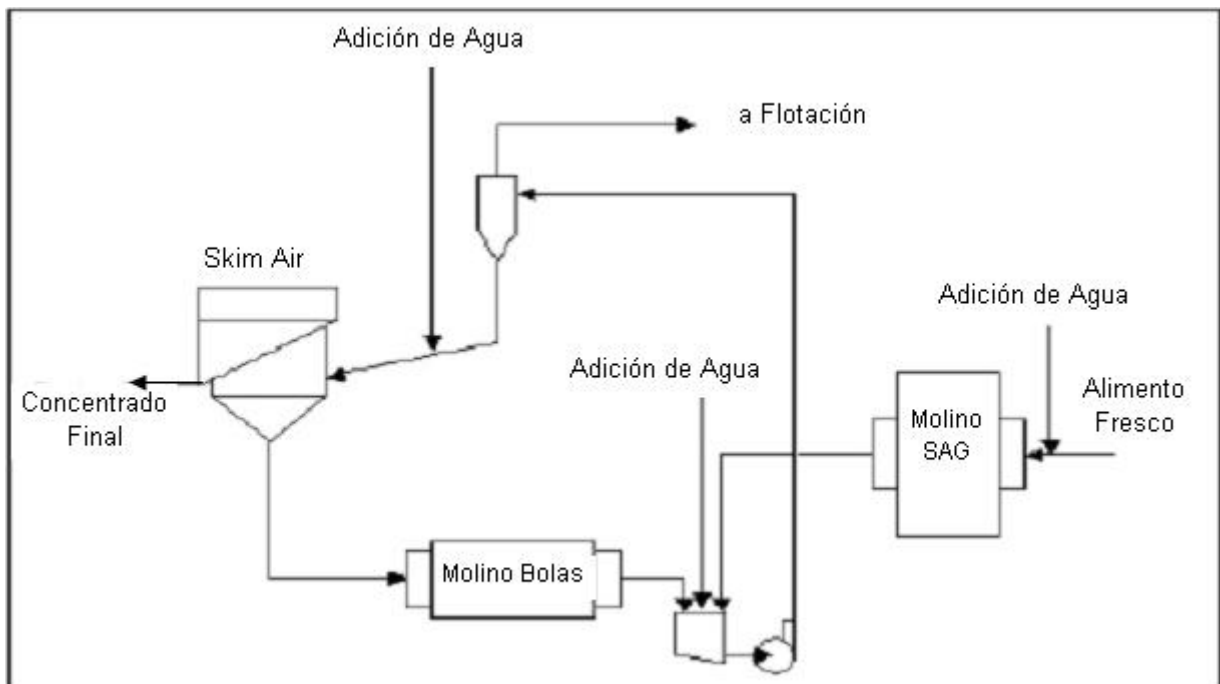


Figura N°1

El advenimiento de las máquinas más grandes de flotación Flash, la SK500 (con un rendimiento de procesamiento 500 t/h) en 1990 y del SK1200 (con rendimiento de procesamiento 1200 t/h) en 1996 tiende a conducir a las extensiones de la tecnología estándar de Outokumpu Flash-Flotation. El DualOutlet y las innovaciones de Flash Rougher han hecho Flash Flotation más universal usable en circuitos que molían, superando limitaciones tales como altas densidades de los sólidos y restricciones totales del tirón, y ampliando el principio de Flash Flotation.

INNOVACIÓN DUAL OUTLET

La acción natural de clasificación dentro de la máquina de flotación SkimAir promueve la flotación de las zonas superiores de la celda. La presencia del medio líquido facilita la dispersión del aire de la flotación y crea un paso menos obstáculo hacia arriba para los agregados de partícula/burbuja.

La dilución con agua de la alimentación a la celda Flash es por lo tanto necesaria ocasionalmente, para promover la cinética de la flotación. Esto conduce típicamente a una situación en la cual un equilibrio, tiene que ser encontrado por las operaciones entre el incremento de la recuperación y la pérdida del rendimiento de procesamiento debido a la dilución de la alimentación al molino.

La innovación del Dual Outlet por Peter Bourke de Outokumpu Australia, provee de la cinética mejorada de la flotación con una mejor dilución a la celda Flash, pero mantiene las densidades de la pulpa de alimentación del molino en el mismo nivel o más arriba que el under flow original del ciclón.

Esencialmente, la clasificación en la celda Flash es incluso promovido por una reducción del agua de la dilución en la alimentación e incrementa el tiempo de retención en la celda. Una baja densidad de pulpa se mantiene sobre el mecanismo de mezcla con el uso de un Outlet superior. Este control promueve la posibilidad de mantener el agua de la descarga del fondo de la celda Flash. Los finos y el agua del Outlet superior se encaminan al colector de la descarga del molino.

Estos finos hacen el by-pass al proceso de molienda. La sobremolienda es prevenida. La realimentación al ciclón asegura la mejora en la separación. A una constante carga de recirculación en el molino, los finos realizan el by-pass en un promedio mucho mayor que la carga fresca que alimenta al circuito. Esto tiene un efecto significativo en el retorno de flujo de caja.

Una implementación típica del Dual Outlet se muestra en la siguiente figura:

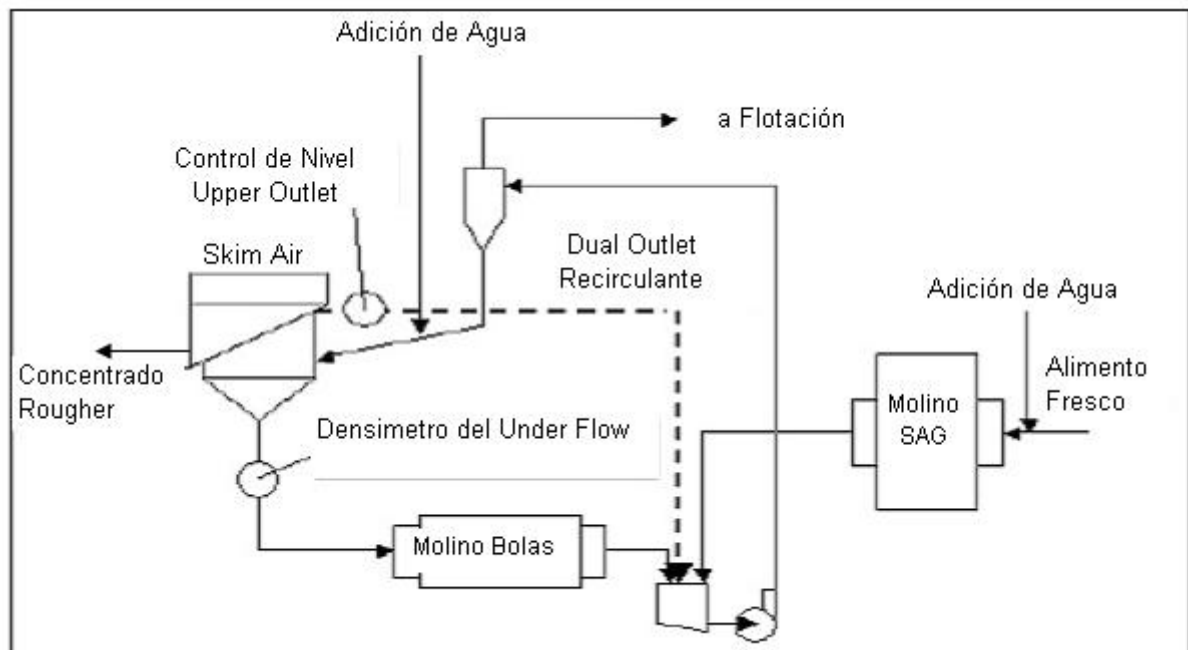


Figura N°2

El Dual Outlet mejora la cinética de flotación y el rendimiento del proceso. El flujo del Outlet superior realiza el by-pass al molino hacia el cajón de descarga del molino, no solo reduciendo la sobremolienda sino mejorando la eficiencia total de clasificación del molino, pero reduciendo la carga circulante en el circuito cerrado de molienda, incrementando la performance del circuito de molienda. La alta densidad en el fondo de la descarga de la celda flash mantiene una alta densidad de trabajo para el molino.

3.8 TECNOLOGÍA DE LA FLOTACIÓN FLASH OUTOKUMPU

La mayor diferencia de diseño entre la celda de flotación flash SkimAir y las celdas convencionales de flotación es la descarga cónica.

La descarga del fondo y la posición de la entrada fueron diseñadas para manejar el material extremadamente grueso en la alimentación a la celda de flotación flash.

Este material grueso realiza el by-pass directamente a la descarga del fondo. Esto previene que el material interfiera con la flotación, donde pudiera llevar a una densidad de pulpa muy alta en la celda e impedir que las partículas suban a la superficie.

La descarga máxima es de una densidad baja de pulpa entre (40–50% sólidos) comparado a la descarga del fondo (60–70% sólidos) y a veces es desviada a la descarga del molino. La descarga del fondo de la celda flash se usa como alimentación al molino de bolas.

En la celda, hay un perfil de densidad de pulpa distinto, donde la densidad aumenta con la profundidad de la celda. En este modo el circuito puede cubrirse de los requerimientos diferentes de agua en la molienda y flotación flash.

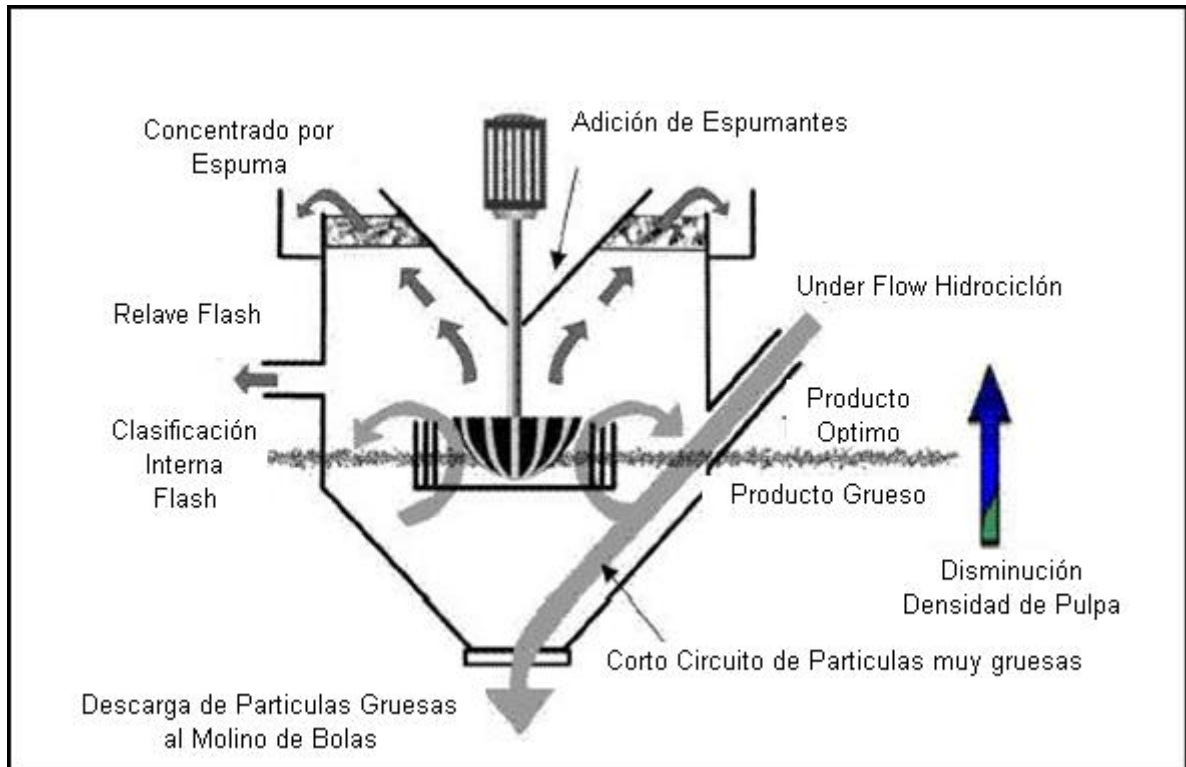


Figura N°3

3.9 MODELAMIENTO DE LA FLOTACIÓN FLASH EN UN CIRCUITO CERRADO DE MOLIENDA

Un modelo estándar muy aproximado para ser usado en una celda de flotación flash en un circuito cerrado de molienda, es similar al método usado por Laplante (1995) para predecir la recuperación de oro por concentración gravimétrica. Esta técnica modela la concentración gravimétrica en términos completos del circuito de molienda, por consiguiente incluso los conceptos de molienda y clasificación; así como la recuperación sin el concentrador. El modelo es un balance poblacional que fue desarrollado en combinación de los datos de planta y los resultados de laboratorio.

El método de simulación es el de recuperaciones parciales, el cual predice la recuperación de oro en un concentrado flash.

La flotación flash recupera los minerales valiosos liberados de la carga recirculante al molino. La ley de cabeza al molino es significativamente alterada por la presencia de una celda de flotación flash.

Esto cambia el producto del molino, el underflow del ciclón y la carga recirculante al molino. Los modelos de cada proceso unitario pueden ser integrados con iteraciones de la unidad para integrarse y estudiar el mejor desempeño de los modelos. Esto habilitará un circuito cerrado de molienda para ser simulado fijamente con o sin la inclusión de la celda flash, con el fin de determinar el efecto de la flotación flash sobre el desempeño del molino. El desempeño del molino puede observarse en términos de la carga circulante, flujo del concentrado flash, y la eficiencia de clasificación y tamaño de corte del hidrociclón. La distribución del tamaño de partícula y de los sulfuros en el rebose del ciclón es un indicativo del impacto de la flotación flash en la cabeza de la flotación convencional (rebose del ciclón) y los resultados esperados del circuito de flotación.

3.10 BENEFICIOS EN GENERAL

- La producción de 20 a 30% del concentrado final en una sola etapa con producto de alta ley de oro, disminuye la ley de cabeza de oro a la planta convencional. El resultado sería una mejora en eficiencia para el resto del circuito.
- Una captura del oro y plata mientras esta grueso resultará en una disminución en la pérdida de oro en las lamas.
- La producción de un concentrado mas grueso resultará en una mejor filtración y disminución del porcentaje de humedad en el concentrado efectivo.

3.11 BENEFICIOS COMPARADOS CON LA GRAVIMETRÍA

Las Concentradoras centrífugas Knelson y Falcón son otras tecnologías establecidas en el área de concentración de oro grueso en el circuito de molienda. Problemas con esta tecnología comparada con flotación flash incluyen:

- Tienen mayor costo que la flotación flash
- Requieren mayor mantenimiento
- Afectan seriamente el balance de agua, por su alto consumo de agua.
- Se necesita la instalación de una malla para sacar los gruesos de la alimentación.
- Concentran acero de la molienda, lo cual diluye la ley del concentrado.
- Producen concentrados en batch, lo cual es más difícil de contabilizar con muestreadores continuos automáticos.

4.0 ESTUDIOS BASICOS PRELIMINARES EN LA FLOTACION FLASH

4.1 CLASIFICACIÓN POR CICLÓN

El hidrociclón tiene muchos beneficios comparado con la clasificación por malla, pero todavía no es un equipo perfecto. La clasificación de partículas hacia el rebose o las arenas del ciclón depende de la resistencia del flujo de la partícula en el agua o pulpa. Por la ley de Stoke, una partícula sedimenta en agua no solo por su diámetro, sino también por su densidad y por su forma.

En el rebose se espera pequeñas partículas de baja densidad y formas de alta área superficial por volumen.

En las arenas se espera grandes partículas de alta densidad y de formas esféricas.

El grafico siguiente muestra las curvas de la ley de Stoke en donde se observa que una partícula de 0.02 de diámetro con la densidad de oro (GE 19) puede sedimentar tan rápido como una partícula de 0.4 de diámetro con la densidad de cuarzo (GE 2.8).

Entonces, aunque >>90% del mineral es cuarzo y tiene una molienda de $p_{80} = 125 \mu\text{m}$, el P_{80} del oro puede estar en $< 10 \mu\text{m}$.

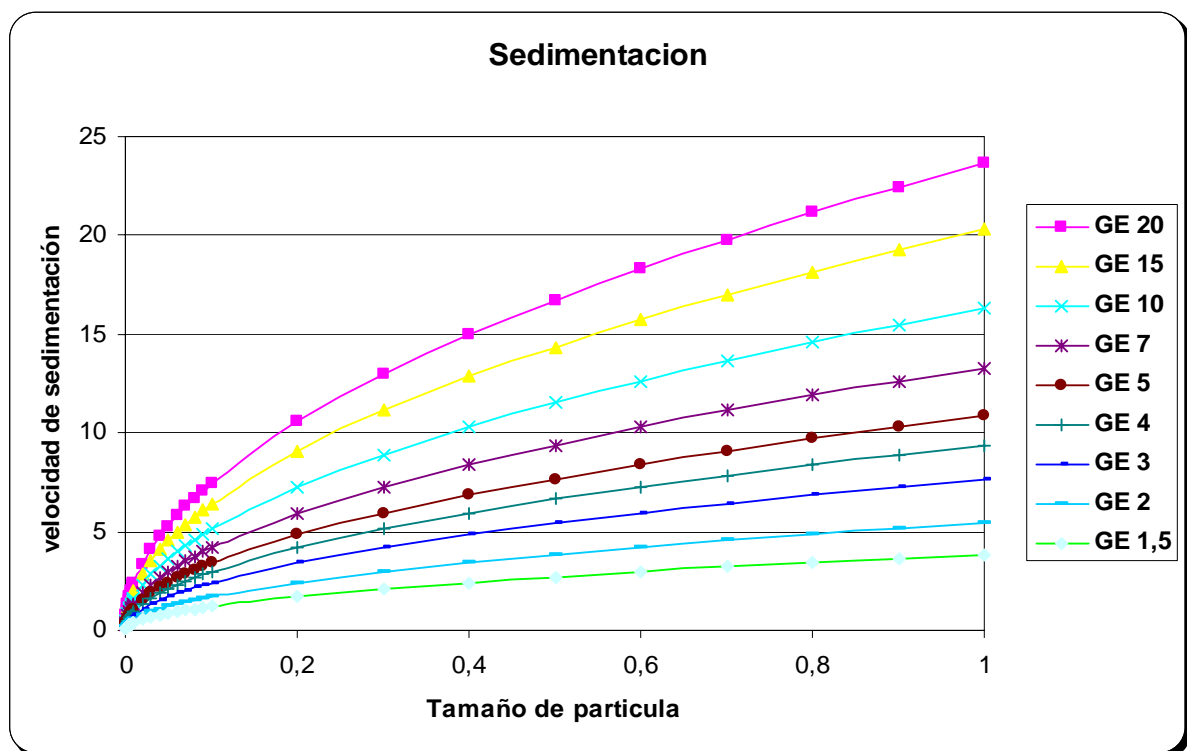


Figura N°4

En realidad el oro es muy maleable y tiene dos características que se presentan en el rebose:

- Tiene la tendencia de pegarse a otras partículas formando una mancha en la ganga gruesa;

- Tiene la tendencia de formar planos y discos los cuales aumentan la resistencia de sedimentación en el agua y que luego pasan al rebose.

En ambos casos la buena recuperación de oro por flotación es difícil.

El grafico abajo muestra las curvas de partición para los ciclones D-10. Se nota que hay una baja eficiencia de clasificación de mineral en general con una carga circulante muy alto.

Aunque el 30% del peso de mineral en la cabeza del ciclón reporta al rebose, solo el 7.3% del oro y el 23.2% de la plata se reporta al rebose. El resto vuelve al molino para molerse mas fino. También se nota la acumulación de oro y plata en las mallas finas.

4.1.1 CURVA DE PARTICIÓN DEL ORO Y PLATA, EN EL CICLÓN D-10

Balance Metalurgico para la Plata en el Ciclon D-10

Malla	Tonelaje t/h			Leyes g/t			Recuperacion de Finos %	
	Alimento	Rebose	Arenas	Alimento	Rebose	Arenas	Rebose	Arenas
100	36,94	1,97	34,97	240,27	152,36	245,21	3,4	96,6
140	22,83	5,75	17,07	332,40	141,97	396,56	10,8	89,2
200	12,83	5,07	7,77	578,47	156,45	853,81	10,7	89,3
270	7,84	3,87	3,97	873,00	236,21	1494,35	13,4	86,6
400	6,65	3,83	2,82	1095,89	370,74	2082,81	19,5	80,5
-400	18,47	12,71	5,76	1007,82	747,68	1581,29	51,0	49,0
Total	105,56	33,20	72,36	536,51	414,04	592,70	24,3	75,7
Distribución	100,00	31,45	68,55					

Balance Metalurgico para el Oro en el Ciclon D-10

Malla	Tonelaje t/h			Leyes g/t			Recuperacion de Finos %	
	Alimento	Rebose	Arenas	Alimento	Rebose	Arenas	Rebose	Arenas
100	36,94	1,97	34,97	13,07	1,47	13,72	0,6	99,4
140	22,83	5,75	17,07	26,93	2,64	35,11	2,5	97,5
200	12,83	5,07	7,77	22,17	2,51	35,00	4,5	95,5
270	7,84	3,87	3,97	20,17	3,32	36,61	8,1	91,9
400	6,65	3,83	2,82	19,69	4,20	40,78	12,3	87,7
-400	18,47	12,71	5,76	11,52	6,13	23,41	36,6	63,4
Total	105,56	33,20	72,36	17,85	4,14	24,13	7,3	92,7
Distribución	100,00	31,45	68,55					

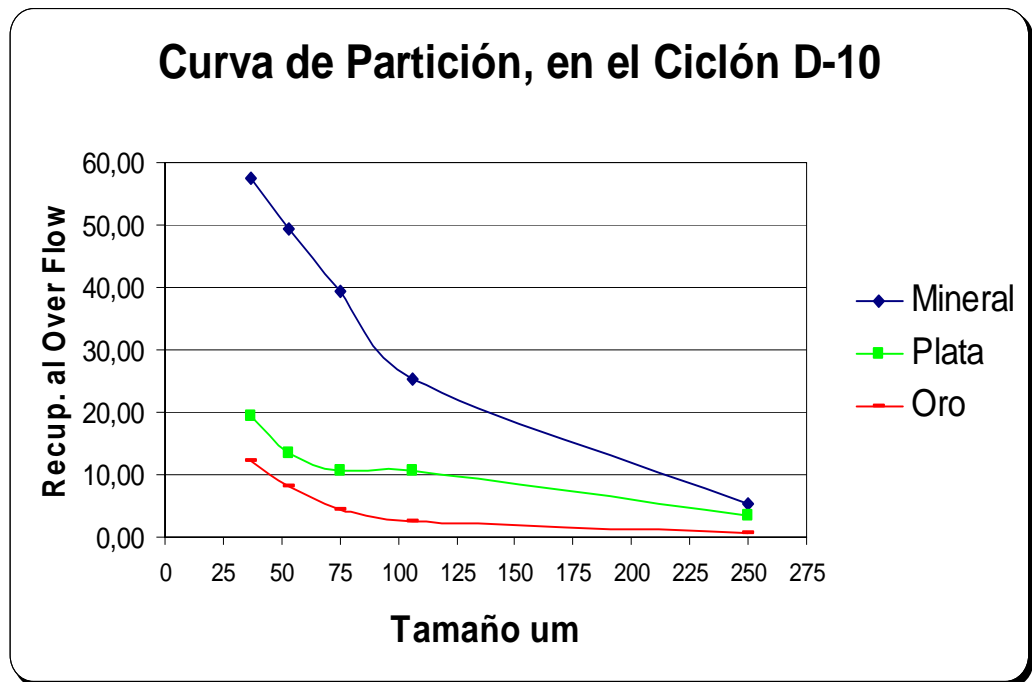


Figura N°5

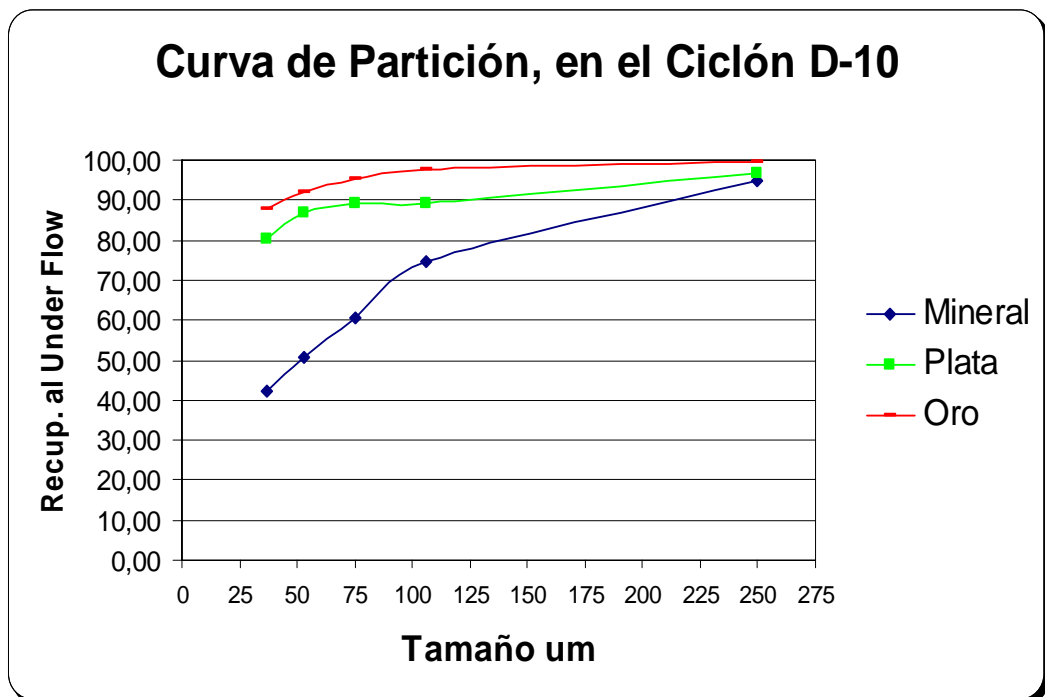
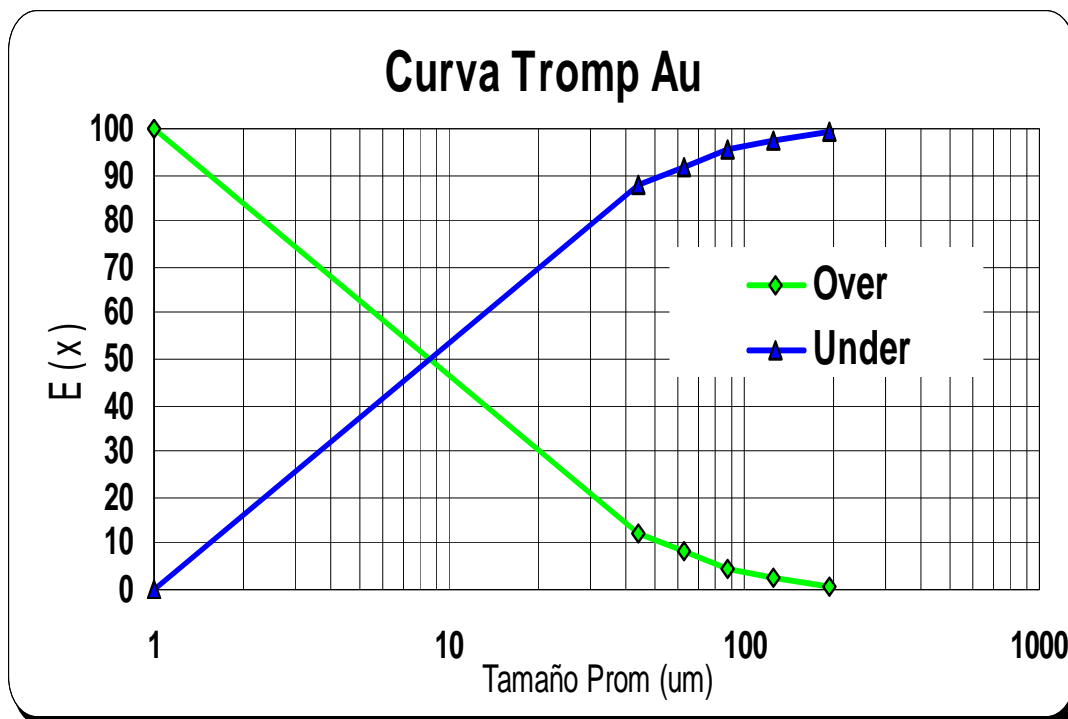


Figura N°6



D50 Au 8,6

Figura N°7

4.1.2 CURVA DE PARTICIÓN DEL ORO Y PLATA, EN EL CICLÓN D-15

Balance Metalurgico para la Plata en el Ciclon D-15

Malla	Tonelaje t/h			Leyes g/t			Recuperacion de Finos %	
	Alimento	Rebose	Arenas	Alimento	Rebose	Arenas	Rebose	Arenas
100	64,06	11,48	52,57	357,04	207,37	389,73	10,4	89,6
140	10,69	4,93	5,76	424,10	207,79	609,21	22,6	77,4
200	5,84	3,20	2,65	492,95	255,52	779,55	28,3	71,7
270	3,99	2,39	1,60	569,11	322,64	938,92	34,0	66,0
400	3,74	2,39	1,35	643,61	423,25	1034,67	42,1	57,9
-400	13,11	8,80	4,31	895,70	781,72	1128,58	58,6	41,4
Total	101,43	33,20	68,23	460,48	388,25	495,63	27,6	72,4
Distribución	100,00	32,73	67,27					

Balance Metalurgico para el Oro en el Ciclon D-15

Malla	Tonelaje t/h			Leyes g/t			Recuperacion de Finos %	
	Alimento	Rebose	Arenas	Alimento	Rebose	Arenas	Rebose	Arenas
100	64,06	11,48	52,57	18,57	2,39	22,11	2,3	97,7
140	10,69	4,93	5,76	29,78	4,19	51,67	6,5	93,5
200	5,84	3,20	2,65	18,38	4,22	35,48	12,6	87,4
270	3,99	2,39	1,60	15,28	3,94	32,29	15,5	84,5
400	3,74	2,39	1,35	11,93	4,71	24,75	25,2	74,8
-400	13,11	8,80	4,31	8,70	6,40	13,39	49,4	50,6
Total	101,43	33,20	68,23	18,09	4,18	24,86	7,6	92,4
Distribución	100,00	32,73	67,27					

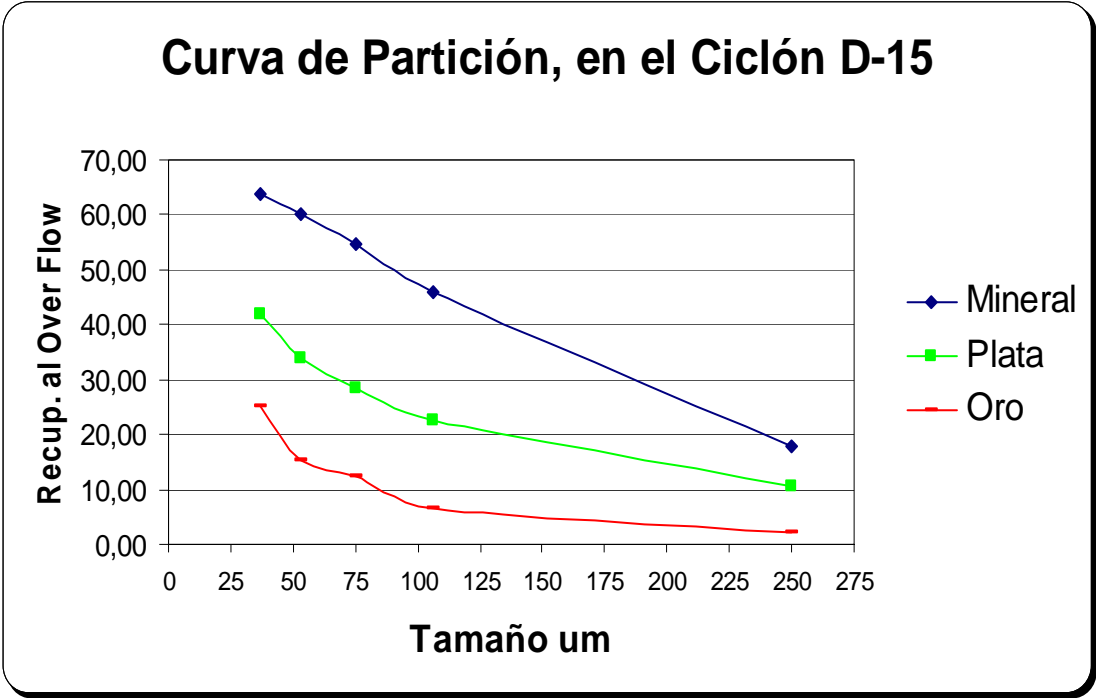


Figura N°8

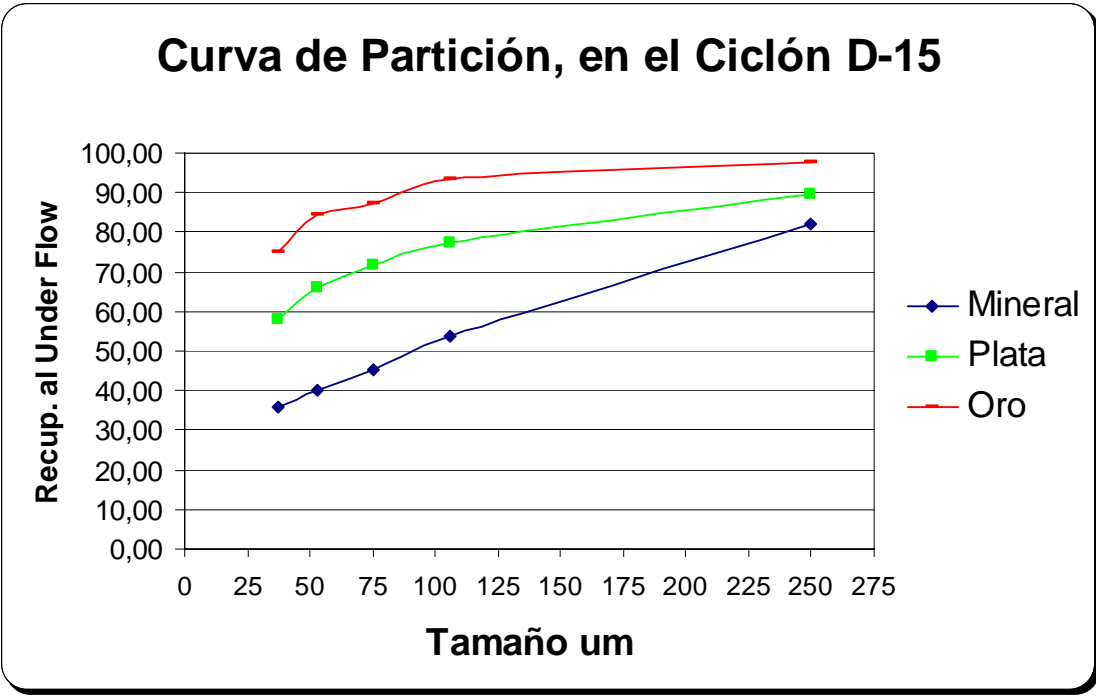
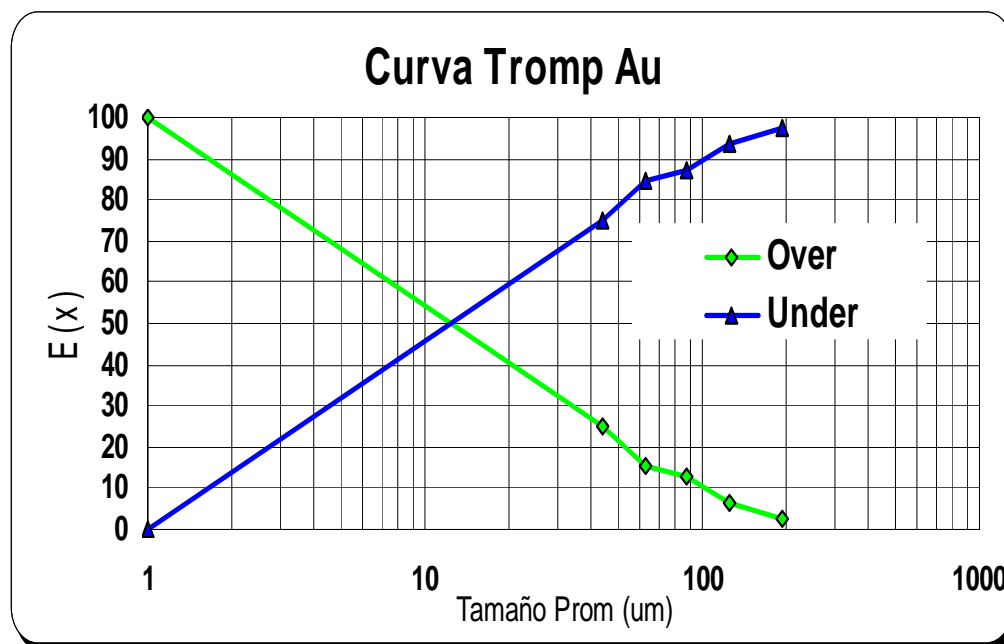


Figura N°9



D50 Au 13

Figura N°10

4.2 FLOTABILIDAD DEL MINERAL

Uno de los factores más importantes después de la química de flotación es la granulometría del mineral.

Las partículas gruesas tienen menos grado de liberación entre ganga y metales preciosos. La baja liberación reduce el área de contacto entre los minerales preciosos y el agua, lo cual implica la disminución en la recuperación del proceso. También en caso de que la partícula esté recuperada, la ganga asociada va a diluir la ley del concentrado. Un exceso de partículas no liberadas pueden formar cargas circulantes entre las etapas de Scavenger y Limpieza, disminuyendo el tiempo de retención de las celdas para la buena flotación de partículas liberadas, bajando la recuperación aun más.

En el caso de un exceso de molienda, las partículas finas también pueden causar problemas en la flotación. Un exceso de lamas en general puede resultar en un aumento de la viscosidad de la pulpa, lo cual aumenta la interacción de la ganga al concentrado con el agua de la espuma, y también reduce la dispersión de los reactivos y las burbujas.

Un exceso de lamas de las partículas de metales preciosos no afecta la viscosidad, pero las partículas serán difíciles de separar de la ganga.

La probabilidad de colisión y adhesión de una partícula con una burbuja varía con:

- Su Área Superficial: Las partículas pequeñas tienen áreas específicas menores.

- Inercia. Una partícula tiene que tener inercia suficiente para cruzar el flujo de agua desplazado por la burbuja.
- La posibilidad de despegarse de la burbuja con turbulencia (favorezca a partículas pequeñas)

En las siguientes tablas, se observa una diferencia entre la recuperación de los gruesos comparado con los finos. Esta diferencia grande como numero puede ser engañoso cuando se considera que el porcentaje de peso y la ley del metal en las fracciones gruesas son mucho menores que las leyes y pesos de las lamas. Aunque el porcentaje de recuperación de los finos parece alta, no esta considerando que hay una alta concentración de metales preciosos en esta fracción y entonces las perdidas representadas en la ley mas alta de los relaves de las lamas.

ANALISIS VALORADO DE CABEZA

MALLA	ABERT.	PESO	LEYES		DISTRIBUCION	
TYLER	(um)	(%)	g/t Ag	g/t Au	% Ag	% Au
100	149	15,67	181,64	1,85	6,87	7,69
140	105	15,80	207,77	2,35	7,93	9,85
200	74	14,13	241,67	2,97	8,25	11,14
270	53	9,92	291,13	3,41	6,97	8,97
400	37	9,22	401,24	4,90	8,93	11,99
-400	19	35,27	716,94	5,38	61,05	50,35
TOTAL		100,00	413,68	3,87	100,00	100,00
	LEY ENSAYADA		416.31	4,05		

ANALISIS VALORADO DEL CONCENTRADO

MALLA	ABERT.		LEYES		DISTRIBUCION	
TYLER	(um)	(%)	g/t Ag	g/t Au	% Ag	% Au
100	149	15,85	7444,62	88,33	3,62	5,03
140	105	18,62	11022,46	164,89	6,30	11,04
200	74	14,76	17393,08	238,28	7,89	12,65
270	53	9,09	29879,58	351,18	8,34	11,48
400	37	7,61	42451,61	392,56	9,92	10,74
-400	19	34,07	61091,01	400,58	63,92	49,06
TOTAL		100,00	32565,32	278,14	100,00	100,00
	LEY ENSAYADA		32396.95	276,22		

ANALISIS VALORADO DEL RELAVE

MALLA	ABERT.		LEYES		DISTRIBUCION	
TYLER	(um)	(%)	g/t Ag	g/t Au	% Ag	% Au
100	149	14,70	128,46	1,11	25,29	19,81
140	105	16,55	64,70	0,48	14,34	9,64
200	74	14,22	52,88	0,64	10,07	11,05
270	53	10,32	42,61	0,34	5,89	4,26
400	37	9,55	35,77	0,30	4,57	3,48
-400	19	34,67	85,85	1,23	39,85	51,76
TOTAL		100,00	54,68	0,62	100,00	100,00
	LEY ENSAYADA		57.49	0,66		

Tamaño	Peso	Leyes g/t Au			Recuper.
µm	%	Cabeza	Conc	Relave	%
149	15.7	1.85	88	1.11	40.5
105	15.8	2.35	165	0.48	79.8
74	14.1	2.97	238	0.64	78.7
53	9.9	3.41	351	0.34	90.1
37	9.2	4.90	393	0.3	93.9
< 37	35.3	5.38	401	1.23	77.4
Total	100	3.87	278.14	0.62	84.17

Tamaño	Peso	Leyes g/t Ag			Recuper.
Um	%	Cabeza	Conc	Relave	%
149	15.7	181,64	7433,74	128,46	29.8
105	15.8	207,77	11010,64	64,70	69.3
74	14.1	241,67	17386,86	52,88	78.4
53	9.9	291,13	29890,46	42,61	85.5
37	9.2	401,24	42456,28	35,77	91.2
< 37	35.3	718,49	61087,27	85,85	88.1
Total	100	413,68	32565,32	54,68	86.93

5.0 CARACTERIZACIÓN MINERALOGICA

5.1 CARACTERIZACIÓN DEL MINERAL DE CABEZA, CONCENTRADO Y RELAVE ANÁLISIS GRANULOMETRICO

Los resultados de la separación mediante tamizado aparecen en la tabla N° 1.

TABLA No. 1

	Análisis granulométrico (% peso)					
Muestra	+100M	+150M	+200M	+400M	+500M	-500M
Cabeza	11,00		35,10	21,30	8,00	24,60
Concentrado		21,75	13,80	19,75	8,55	36,15
Relave	12,80		36,65	17,85	7,20	25,50

COMPOSICION QUIMICA

La información respectiva, aparece en la Tabla No. 2.

TABLA No. 2

	Análisis químico				
Muestra	Ag g/t*	Au g/t*	Pb %	Cu %	Zn %
Cabeza	350,37	3,56			
Concentrado	33649,60	328,51	0,23	0,76	0,30
Relave	36,83	0,47			

RESULTADOS DEL ESTUDIO MICROSCOPICO

Muestra Cabeza

1) Aspectos cualitativos

Los minerales metálicos observados son: **calcopirita, esfalerita, galena, sulfosales de plata, oro nativo, arsenopirita, limonitas y pirita**. Usualmente, casi todos los sulfuros suelen presentarse como finas inclusiones dispersas dentro de las gangas.

La **calcopirita** se presenta como pequeños granos subredondeados, mayormente asociados con cobre gris o diseminado dentro de las gangas.

La **esfalerita** es sumamente escasa y puede encontrarse como partículas libres o formando entrecrecimientos de geometría simple con las gangas.

La **galena** se presenta como pequeñas partículas libres o asociadas con la **pirita** y/o con las gangas.

Las **sulfosales de plata** se presentan como partículas de tamaño fino; suelen ocurrir como inclusiones dentro de las gangas o bien asociadas con **calcopirita** y/o con **oro nativo** (electrum).

La **arsenopirita** es bastante escasa; ocurre generalmente como pequeños cristales aislados, libres o diseminados dentro de las gangas. Dentro de las playas de mayor tamaño, la **arsenopirita** generalmente corroe a la pirita.

La **pirita** es el sulfuro mas abundante. Una parte se presenta como partículas libres en granos subhedrales de variado tamaño muchos de los cuales contienen finas inclusiones de otros sulfuros. También forma partículas mixtas con los otros sulfuros y/o con las gangas. Una parte de la pirita forma ensambles de geometría compleja con la **marcasita** que aparentemente la corroe y otra parte se presenta parcial hasta totalmente reemplazada por **limonitas**.

En la fracción de malla -500 se observa completa liberación. Los sulfuros siguen siendo muy escasos pero se observa un ligero incremento de **pirita** y de **limonitas** mientras que **calcopirita, sulfuros secundarios de cobre y esfalerita** ocurren muy esporádicamente. Ocasionalmente se observa partículas de **sulfosales de plata**, algunas veces con pequeñas inclusiones de **electrum**.

2) Aspectos cuantitativos

Los resultados obtenidos, correspondientes a las 4 fracciones granulométricas que en conjunto representan poco más del 75% del peso total de la muestra, aparecen en la Tabla N° 3.

Los sulfuros son notoriamente escasos en esta muestra y, con cierta excepción de la pirita, se presentan normalmente en granos muy finos e incluso como diseminaciones de difícil observación e identificación dentro de las gangas (es probable que haya incluso diseminaciones submicroscópicas). La arsenopirita, que ha sido registrada dentro de las piritas, es sumamente escasa.

Es evidente que la ley de plata de esta muestra está mayormente ligada a las sulfosales de plata, el zinc a la esfalerita y el plomo a la galena; lo que resulta importante destacar es la relativa abundancia de cobre, que ocurre como calcopirita pero también como sulfuros secundarios de cobre. En cuanto al oro, los probables portadores directos serían la pirita y las limonitas (que son relativamente abundantes); entre los portadores indirectos, es probable que las sulfosales de plata contengan algo de oro en solución sólida. No se descarta la posible ocurrencia de minerales portadores de Au y/o Ag como inclusiones submicroscópicas dentro de algunas gangas.

Muestra Concentrado

1) Aspectos cualitativos

Los minerales metálicos observados en las diversas briquetas son: **oro nativo, cobre gris, calcopirita, esfalerita, galena, sulfosales de plata, sulfuros secundarios de cobre, limonitas, marcasita, arsenopirita y pirita.**

El **oro nativo** se presenta escasamente; unas veces ocurre como **electrum** (oro argentífero) otras veces como **kustelita** (plata aurífera), mayormente en forma de partículas libres.

El **cobre gris** es también escaso y suele ocurrir como partículas libres de tamaño fino; ocasionalmente aparece asociado a las gangas.

La **calcopirita** es el segundo sulfuro mas abundante después de la pirita. Aparece preferentemente con tamaño de grano muy fino; unas veces está como partículas libres pero muy frecuentemente forma amarres complicados, especialmente con **pirita** o **sulfosales de plata.**

La **esfalerita** es escasa y se presenta mayormente libre; ocasionalmente forma enlaces simples con **pirita** y/o gangas.

La **galena** es también escasa y ocurre mayormente libre; las pocas partículas mixtas son mayormente de los tipos **galena/pirita** o **galena/gangas.**

Las **sulfosales de plata** son algo abundantes. Una parte ocurre libre pero también suele formar amarres, especialmente con **calcopirita, pirita, sulfuros secundarios de cobre** y/o gangas.

Los **sulfuros secundarios de cobre** son también algo abundantes y consisten esencialmente de **calcosita**, con menor proporción de **bornita, digenita y covelita.**

Frecuentemente aparecen asociados con **calcopirita** o como finas inclusiones dentro de **pirita.**

Las **limonitas** son moderadamente abundantes; ocurren libres o asociadas a **pirita** a la cual reemplazan parcial hasta totalmente.

La **arsenopirita** se presenta mayormente libre y en granos de tamaño muy fino; mientras que la **marcasita** suele ocurrir asociada a la **pirita** a la cual reemplaza o bien como agregados fibrosos dentro de las gangas.

La **pirita** es abundante y mayormente ocurre libre; algunas veces ocurre asociada con las limonitas que la corroen o bien contiene finas inclusiones de otros sulfuros.

Forma variadas y abundantes partículas mixtas con los otros sulfuros y especialmente con las gangas.

2) Aspectos cuantitativos

Los resultados obtenidos, que corresponden al conjunto de fracciones que en conjunto representan casi el 64% del peso total de la muestra, aparecen en la Tabla N° 4.

Los resultados obtenidos indican que los valores de plata están contenidos en el cobre gris y en las sulfosales de plata, mientras que para el oro el portador principal parece ser la pirita aunque hay también ocurrencia de oro nativo (electrum y/o kustelita) especialmente en tamaños extremadamente finos (tal como ha sido observado en la briqueta de la muestra lavada de las fracciones +500 y -500M).

Es notable la elevada cantidad de gangas presentes, especialmente como partículas libres. Todo indica que los operadores de la planta tienen como principal objetivo intentar la mayor recuperación y por tal razón no hay selectividad en la flotación. Es indudable que si se deprime el exceso de gangas presentes, la ley del concentrado mejorará notablemente.

Una mayor selectividad en la flotación debería tener también como objetivo la depresión de esfalerita y galena que, aunque en menor escala que las gangas, contaminan igualmente el concentrado.

Muestra Relave

1) Aspectos cualitativos

Los minerales metálicos presentes son sumamente escasos y sólo se observa: **esfalerita, limonitas y pirita.**

Los sulfuros ocurren como pequeños granos, bien en forma de partículas libres o como muy finas diseminaciones dentro de las gangas. Las limonitas se presentan solas o acompañando a pirita, a la cual reemplazan parcial hasta totalmente.

En la fracción -500M la escasez de sulfuros es muy marcada; sólo se observa esporádica ocurrencia de pirita; las limonitas son también escasas.

2) Aspectos cuantitativos

Los resultados obtenidos, que corresponden al conjunto de fracciones que en conjunto representan casi el 75% del peso total de la muestra, aparecen en la Tabla N° 5 sólo se observa muy modestos porcentajes de ocurrencia de minerales metálicos, que son esencialmente: **esfalerita, limonitas** (que han sido registradas dentro de las gangas) y **pirita.**

Los resultados obtenidos indican que los valores de Au y Ag que escapan en el relave estarían probablemente asociados a la pirita y/o a las limonitas que, aunque son muy escasas, ocurren tanto en forma de partículas libres como en forma de diseminaciones dentro de las gangas.

En cuanto a las piritas, es importante tomar en cuenta la aparente paradoja de que si se compara los resultados de las briquetas de muestras lavadas y sin lavar de la fracción +500M, se encuentra más pirita en la segunda que en la primera, cuando debería ser al revés. La probable explicación es que debido a su estructura microgranular y a su comportamiento mecánico muy friable, la pirita se comporta como un material extraordinariamente frágil y con tendencia a formar micropartículas que se “lamean” fácilmente y por tal razón son fácilmente arrastradas durante el lavado.

Otra probable fuente de escape de valores serían los minerales oxidados (limonitas) que ocurren tanto en forma de partículas libres como en forma de finísimas diseminaciones dentro de las gangas (ver fotos). De ser este el caso, la única solución consistiría en lixiviar los relaves (descartando previamente la posible ocurrencia de argentojarosita que dificultaría claramente la recuperación).

5.2 CARACTERIZACIÓN MINERALOGICA DEL CONCENTRADO FLASH

GRANULOMETRIA

Los resultados del análisis mediante tamices son los indicados en la Tabla No. 6

Tabla No. 3

<i>Análisis granulométrico (% peso)</i>	
Malla	Muestra Conc. Flash
+65	11.90
+100	18.70
+200	35.90
+400	19.65
-400	13.85

1) Aspectos Cualitativos

Los minerales opacos observados son: **cobre gris, calcopirita, cobre nativo, electrum (oro nativo argentífero), esfalerita, galena, plata nativa, sulfosales de plata, sulfuros secundarios de cobre, arsenopirita, marcasita y pirita.**

El **cobre gris** es muy escaso; usualmente ocurre como partículas libres, especialmente en las fracciones por debajo de malla 100.

La **calcopirita**, ocurre muchas veces libre, en granos de tamaño variado; también aparece ocasionalmente asociada, especialmente con sulfuros secundarios, esfalerita y/o con pirita.

El **cobre nativo** y la **plata nativa** ocurren con relativa frecuencia, especialmente en las fracciones gruesas e intermedias. Se presentan como laminillas o placas de bordes irregulares, generalmente con tamaños >30 micrones y casi siempre como partículas libres.

El **oro nativo** presenta colores amarillos de tono muy pálido y reflectancias muy marcadas, lo cual indica que se trata de variedades con un amplio rango de contenidos de plata, usualmente denominadas **electrum**. Las partículas libres presentan forma de bastoncitos de bordes muy irregulares y tamaños muy variados.

Bajo la forma de partículas mixtas, suele ocurrir como inclusiones subredondeadas, con tamaños < 10 micrones, dentro de calcopirita, sulfosales de plata o pirita.

La **esfalerita** es bastante escasa bajo la forma de partículas libres; usualmente se presenta formando amarres complejos con pirita.

La **galena** es muy escasa y de tamaños mayormente finos; unas veces se presenta libre y otras asociada con sulfuros secundarios de cobre.

La plata nativa casi siempre presenta su superficie muy alterada por el medio ambiente, con colores iridiscentes que afectan su reflectancia normal. Ocurre como plaquitas o laminillas, generalmente libres, en forma de husos y con tamaños relativamente gruesos (generalmente > 30 micrones).

En lo que se refiere a los minerales de plata se observa que la gran mayoría de los granos observados corresponden a especies del grupo **proustita-pirargirita** (“platas rojas”) pero como no es posible precisar la especie mineralógica propiamente dicha se ha preferido utilizar la denominación genérica “**sulfosales de plata**”. Ellas son algo escasas en las fracciones gruesas pero se incrementan ostensiblemente en las finas.

Los **sulfuros secundarios de cobre** incluyen esencialmente las especies **calcosita** y **covelita**. Se presentan con gran variedad de tamaños; unas veces ocurren como partículas libres y otras veces forman partículas mixtas con los otros sulfuros y/o con las gangas, a todos los cuales reemplazan claramente. .

La **arsenopirita** se presenta unas veces libres y otras asociadas con pirita, gangas o venillas de marcasita, la cual la reemplaza claramente.

La **marcasita** se presenta generalmente como placas alargadas y aguzadas que corroen a la pirita o a arsenopirita.

La **pirita** es abundante. La gran mayoría de granos se presentan en forma de partículas libres de variado tamaño. Los ensambles mas importantes y difíciles de liberar son los que forma con **calcopirita** o con **esfalerita**; en muchos casos se observa granos de pirita con finas inclusiones de **esfalerita**, **sulfosales de plata** y, menos frecuentemente, de **electrum**.

En la fracción de malla –400 se observa una excelente liberación. Dentro de las partículas libres, hay una clara disminución de la pirita y un incremento de todos los otros sulfuros (calcopirita, esfalerita, sulfuros secundarios de cobre y sulfosales de plata y, especialmente de las gangas no metálicas). El oro nativo (electrum) ocurre escasamente libre. Las partículas mixtas son notablemente escasas; una de ellas es el amarre electrum/sulfosales de plata.

2) Aspectos Cuantitativos

Los resultados obtenidos son los mostrados en la Tabla No. 6; tales resultados corresponden a 3 fracciones granulométricas que en conjunto representan mas del 86% del peso total de la muestra. Dentro de las menas presentes como partículas libres, se observa sulfuros secundarios de cobre, sulfosales de plata, elementos nativos (oro, plata y cobre), calcopirita, esfalerita y, en menor medida, galena y cobre gris. La pirita es el sulfuro mas abundante mientras que las gangas presentan abundancia moderada. En el caso del oro, se observa finas inclusiones de electrum especialmente dentro de calcopirita, sulfosales de plata y pirita.

La pirita ha sido eficientemente captada. Sin embargo, en la fracción de malla -400 hay una clara disminución de la proporción de pirita con relación a los otros sulfuros; también se observa un fuerte incremento de las gangas.

6.0 PRUEBAS METALURGICAS A NIVEL DE LABORATORIO

6.1 ANALISIS VALORADO DEL CLASIFICADOR D10

Alimento Ciclón D10									
Malla	Abert. (um)	Peso (%)	Peso (t/h)	Leyes (g/t)		Finos (g/h)		Distribución (%)	
				Ag	Au	Ag	Au	Ag	Au
60	250	14,6	15,41	264,77	8,24	4080,6	127,0	6,9	6,6
100	149	20,2	21,32	234,4	17,18	4998,1	366,3	8,5	19,0
140	105	22,3	23,54	343,92	25,34	8095,8	596,5	13,8	30,9
200	74	11,9	12,56	603,99	25,21	7587,1	316,7	12,9	16,4
270	53	7,4	7,81	892,34	21,29	6970,5	166,3	11,9	8,6
400	37	6,2	6,54	1160,34	21,73	7594,1	142,2	12,9	7,4
-400	18	17,4	18,37	1056,96	11,81	19413,6	216,9	33,1	11,2
		100	105,56	556,46	18,30	58739,9	1931,9	100,0	100,0

PROYECTO DEL CIRCUITO DE FLOTACIÓN FLASH EN MEJORA DE LA RECUPERACIÓN DE ORO GRUESO

Under Flow Ciclón D10									
Malla	Abert. (um)	Peso (%)	Peso (t/h)	Leyes (g/t)		Finos (g/h)		Distribución (%)	
				Ag	Au	Ag	Au	Ag	Au
60	250	21,2	15,34	264,79	8,18	4062,0	125,5	9,3	7,2
100	149	27,1	19,61	243,60	20,10	4776,9	394,2	11,0	22,6
140	105	23,7	17,15	397,27	32,86	6812,9	563,5	15,7	32,3
200	74	10,7	7,74	870,95	35,00	6743,3	271,0	15,5	15,5
270	53	5,5	3,98	1499,51	35,74	5967,7	142,2	13,7	8,1
400	37	3,9	2,82	2109,43	40,79	5952,9	115,1	13,7	6,6
-400	18	7,9	5,72	1603,14	23,76	9164,3	135,8	21,1	7,8
		100,0	72,36	600,88	24,15	43480,0	1747,3	100,0	100,0

Over Flow Ciclón D10									
Malla	Abert. (um)	Peso (%)	Peso (t/h)	Leyes (g/t)		Finos (g/h)		Distribución (%)	
				Ag	Au	Ag	Au	Ag	Au
100	149	5,9	1,96	150,4	1,71	294,6	3,3	2,1	2,4
140	105	17,6	5,84	137,93	2,53	806,0	14,8	5,8	10,7
200	74	15,2	5,05	157,92	2,52	796,9	12,7	5,8	9,2
270	53	11,9	3,95	228,28	3,19	901,9	12,6	6,5	9,2
400	37	11,4	3,78	366,47	4,16	1387,0	15,7	10,1	11,4
-400	18	38,0	12,62	761,35	6,21	9605,2	78,3	69,6	57,0
		100,0	33,20	415,41	4,14	13791,6	137,5	100,0	100,0

Malla	Recuperación al Over			Recuperación al Under			Carga Circulante		
	Mineral	Ag	Au	Mineral	Ag	Au	Mineral	Ag	Au
100	5,33	3,38	0,60	94,67	96,62	99,40	2,18	3,12	12,69
140	25,20	10,77	2,47	74,80	89,23	97,53	2,18	3,12	12,69
200	39,48	10,68	4,46	60,52	89,32	95,54	2,18	3,12	12,69
270	49,39	13,36	8,13	50,61	86,64	91,87	2,18	3,12	12,69
400	57,64	19,50	12,30	42,36	80,50	87,70	2,18	3,12	12,69
-400	68,79	51,04	36,58	31,21	48,96	63,42	2,18	3,12	12,69
Total	31,45	24,27	7,30	68,55	75,73	92,70	2,18	3,12	12,69

- Se aprecia un retorno (CC) de 1269% Au y de 312% Ag, la cual es muy alto comparado al del mineral de 218%.

6.2 ANALISIS VALORADO DEL CLASIFICADOR D15

Alimento Ciclón D15									
Malla	Abert. (um)	Peso (%)	Peso (t/h)	Leyes (g/t)		Finos (g/h)		Distribución (%)	
				Ag	Au	Ag	Au	Ag	Au
10	2000	5,60	5,68	347,80	2,98	1975,5	16,9	4,3	1,0
16	1180	4,40	4,46	338,10	3,30	1508,9	14,7	3,3	0,9
20	850	4,30	4,36	378,10	3,87	1649,1	16,9	3,6	1,0
28	600	7,20	7,30	363,70	4,02	2656,1	29,4	5,8	1,7
60	250	26,90	27,28	333,30	10,10	9094,0	275,6	19,8	16,2
100	149	14,00	14,20	352,50	32,90	5005,6	467,2	10,9	27,4
140	105	10,60	10,75	426,80	34,00	4588,8	365,6	10,0	21,5
200	74	5,90	5,98	488,00	18,10	2920,4	108,3	6,3	6,4
270	53	4,10	4,16	566,60	14,90	2356,3	62,0	5,1	3,6
400	37	3,80	3,85	605,50	60,90	2333,8	234,7	5,1	13,8
-400	18	13,20	13,39	892,10	8,30	11944,1	111,1	25,9	6,5
		100,00	101,43	453,84	16,78	46032,5	1702,3	100,0	100,0

Under Flow Ciclón D15									
Malla	Abert. (um)	Peso (%)	Peso (t/h)	Leyes (g/t)		Finos (g/h)		Distribución (%)	
				Ag	Au	Ag	Au	Ag	Au
10	2000	8,4	5,73	347,90	2,64	1993,9	15,1	6,0	1,0
16	1180	6,7	4,57	338,30	2,92	1546,5	13,3	4,7	0,8
20	850	6,4	4,37	378,20	3,43	1651,5	15,0	5,0	0,9
28	600	10	6,82	376,30	23,80	2567,5	162,4	7,7	10,2
60	250	32	21,83	364,00	20,50	7947,4	447,6	24,0	28,2
100	149	13,4	9,14	442,10	46,00	4042,0	420,6	12,2	26,5
140	105	8,5	5,80	622,10	47,80	3607,9	277,2	10,9	17,4
200	74	3,9	2,66	783,00	36,50	2083,5	97,1	6,3	6,1
270	53	2,4	1,64	945,80	33,50	1548,8	54,9	4,7	3,5
400	37	2	1,36	936,80	23,80	1278,4	32,5	3,9	2,0
-400	18	6,3	4,30	1139,90	12,35	4899,8	53,1	14,8	3,3
		100	68,23	486,11	23,29	33167,3	1588,8	100,0	100,0

Over Flow Ciclón D15									
Malla	Abert. (um)	Peso (%)	Peso (t/h)	Leyes (g/t)		Finos (g/h)		Distribución (%)	
				Ag	Au	Ag	Au	Ag	Au
28	600	1,9	0,63	232,70	2,42	146,8	1,5	1,1	1,1
60	250	17,2	5,71	222,80	2,53	1272,3	14,4	9,8	10,4
100	149	15,1	5,01	197,80	2,09	991,6	10,5	7,6	7,5
140	105	14,8	4,91	209,90	3,77	1031,4	18,5	7,9	13,3
200	74	9,8	3,25	259,60	4,12	844,6	13,4	6,5	9,6
270	53	7,4	2,46	330,60	4,28	812,2	10,5	6,3	7,5
400	37	7,2	2,39	429,80	4,92	1027,4	11,8	7,9	8,4
-400	18	26,6	8,83	777,70	6,66	6868,0	58,8	52,9	42,2
		100,0	33,20	391,39	4,20	12994,3	139,5	100,0	100,0

Malla	Recuperación al Over			Recuperación al Under			Carga Circulante		
	Mineral	Ag	Au	Mineral	Ag	Au	Mineral	Ag	Au
100	17,93	10,41	2,31	82,07	89,59	97,69	2,06	2,62	12,23
140	46,11	22,59	6,50	53,89	77,41	93,50	2,06	2,62	12,23
200	54,69	28,35	12,55	45,31	71,65	87,45	2,06	2,62	12,23
270	60,01	34,02	15,47	39,99	65,98	84,53	2,06	2,62	12,23
400	63,96	42,06	25,24	36,04	57,94	74,76	2,06	2,62	12,23
-400	67,14	58,60	49,42	32,86	41,40	50,58	2,06	2,62	12,23
Total	32,73	27,60	7,56	67,27	72,40	92,44	2,06	2,62	12,23

Se aprecia un retorno (CC) de 1223% en Au, el cual esta muy por encima de los retornos de mineral y Ag, con 206 %y 262% respectivamente. Este excesivo retorno de oro se estaría sobremoliendo.

6.3 ANALISIS VALORADO DEL CONCENTRADO FLASH

ANALISIS VALORADO DEL CONCENTRADO FLASH CON LAS ARENAS DEL CLASIFICADOR D15						
Producto	Peso	Peso	Ensayes		Distribución	
	g	%	Ag g/t	Au g/t	% Ag	% Au
Conc. Flash+m100	9.5	27.1	11626,5	1334.09	19.9	42.2
Conc. Flash+m270	8.2	23.4	22693,1	1724.69	33.4	47.1
Conc. Flash-m270	17.4	49.6	14935,6	185.52	46.7	10.7
	35.1	100.0	15852,2	855.96	100.0	100.0

ANALISIS VALORADO DEL CONCENTRADO FLASH CON LAS ARENAS DEL CLASIFICADOR D10						
Producto	Peso		Ensayes		Distribución	
	g	%	Ag g/t	Au g/t	% Ag	% Au
Conc. Flash +m100	6.7	34.9	10993,5	1173.71	17.0	27.8
Conc. Flash +m270	8.0	41.7	27260,0	2251.54	50.3	63.7
Conc. Flash -m270	4.5	23.4	31590,3	536.64	32.8	8.5
	19.2	100.0	22598,6	1473.49	100.0	100.0

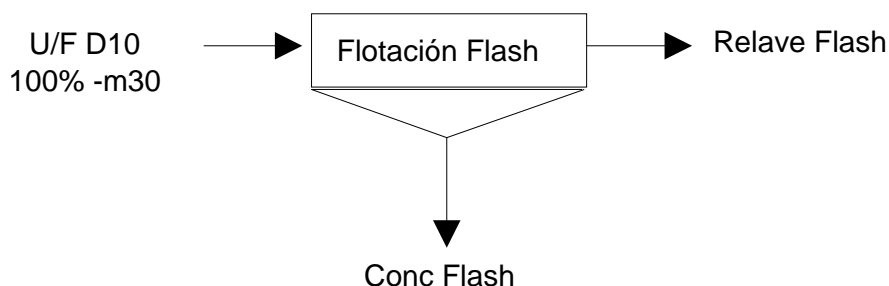
6.4 FLOTACIÓN FLASH EN LAS ARENAS DEL CLASIFICADOR D15

CARACTERÍSTICAS INICIALES DE LA MUESTRA:

Densidad:	1932.4 g/l
% S:	77.56
% -m30:	49.82
G.e.:	2.6464
% S en Flotación Flash:	45

ANALISIS GRANULOMETRICO VALORADO DE LA CABEZA							
Malla Tyler	Abert.	Peso		Leyes		Distribución	
	Um	G	%	g/t Ag	g/t Au	Ag	Au
60	250	101.6	20.3	330,32	10.99	13.2	7.3
100	149	159.4	31.9	419,90	36.89	26.4	38.3
200	74	169.5	33.9	567,02	43.03	37.8	47.5
270	53	22.3	4.5	667,48	22.55	5.9	3.3
400	37	15.1	3.0	755,50	15.75	4.5	1.6
-400	26	32.1	6.4	967,94	9.59	12.2	2.0
TOTAL		500	100	507,92	30.68	100.0	100.0

ESQUEMA DE LA PRUEBA DE FLOTACIÓN



6.4.1 CINÉTICA DE FLOTACIÓN FLASH EN U/F DEL CLASIFICADOR D15

CONDICIONES DE LA PRUEBA						
Etapa	Reactivos g/t *				T. Flotación	pH
	Z-6	A-404	A-208	MIBC*	min	
Conc. Flash 1	40	35	20	14	0.5	7.73
Conc. Flash 2					0.5	
Conc. Flash 3					0.5	
Conc. Flash 4					0.5	

* Esta dosificación incluye a la adición de planta. En el laboratorio solo se agrego 30 g/t de MIBC.

RESULTADOS METALÚRGICOS						
Producto	Peso	Peso	Ensayes		Distribución	
	G	%	Ag g/t	Au g/t	% Ag	% Au
Conc. Flash 1	18.3	1.34	20728,31	1243.50	48.8	58.97
Conc. Flash 2	7.5	0.55	11274,40	639.15	10.9	12.42
Conc. Flash 3	6.5	0.48	10803,80	601.52	9.0	10.13
Conc. Flash 4	5.4	0.40	7123,63	347.36	5.0	4.86
Relave Final	1324.1	97.23	154,27	3.97	26.3	13.62
Cabeza Calc.	1361.8	100.0	570,44	28.34	100.00	100.00

DISTRIBUCIÓN ACUMULADA		
Tiempo	Distribución	
Minutos	% Ag	% Au
0.0	0	0
0.5	48.83	58.97
1.0	59.71	71.39
1.5	68.75	81.52
2.0	73.70	86.38

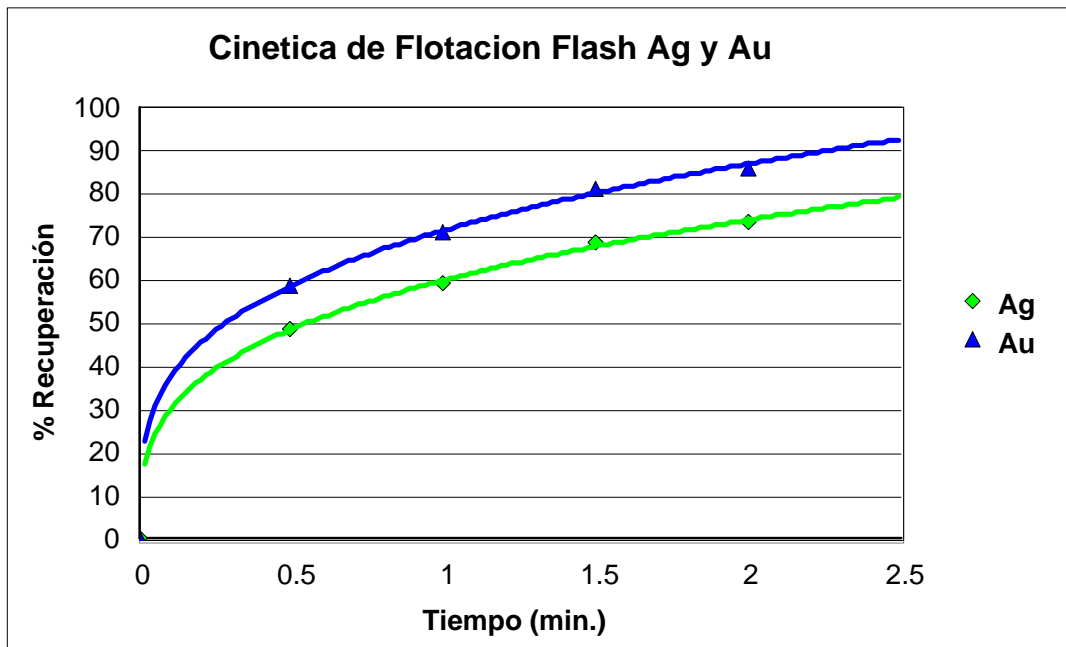


Figura N°11

Observaciones:

- Burbujas mineralizadas, con espumas frágiles.
- La burbuja mineralizada se agota a los 30 segundos de extracción.
- Después de los 30 segundos de extracción, la burbuja se torna de color crema lechoso.

6.4.2 ANALISIS VALORADO DEL CONCENTRADO FLASH Y SU RELAVE DEL U/F D15

CONDICIONES DE LA PRUEBA						
Etapa	Reactivos g/t *				T. Flotación	pH
	Z-6	A-404	A-208	MIBC*	Min	
Concentrado Flash	40	35	20	14	2.0	7.73
Relave Final						

* Esta dosificación incluye a la adición de planta. En el laboratorio solo se agrego 30 g/t de MIBC

RESULTADOS METALÚRGICO VALORADO DEL CONCENTRADO FLASH						
Producto	Peso	Peso	Ensayes		Distribución	
	g	%	Ag g/t	Au g/t	% Ag	% Au
Conc. Flash + m100	9,50	27,07	11626,49	1334,09	19,85	42,18
Conc. Flash +m270	8,20	23,36	22693,11	1724,69	33,44	47,07
Conc. Flash - m270	17,40	49,57	14935,59	185,52	46,71	10,74
Cabeza Calculada	35,10	100,00	15852,26	855,96	100,00	100,00

RESULTADOS METALÚRGICO VALORADO DEL RELAVE FLASH						
Producto	Peso	Peso	Ensayes		Distribución	
	g	%	Ag g/t	Au g/t	% Ag	% Au
Rel. Final + m100	622,1	47,05	175,11	2,09	60,70	45,76
Rel. Final + m200	308,2	23,31	86,78	1,87	14,90	20,28
Rel. Final + m270	77,6	5,87	69,05	0,93	2,99	2,54
Rel. Final - m270	314,4	23,78	122,24	2,84	21,41	31,42
Cabeza Calculada	1322,3	100,00	135,73	2,15	100,00	100,00

6.5 FLOTACIÓN FLASH EN EL REBOSE DEL CLASIFICADOR D15

CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA

Densidad:	1392 g/l
% S:	45.5
G.e.:	2.6464
% S en Flotación Flash:	45
% -m30:	97.48

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO VALORADO DE LA CABEZA							
MALLA TYLER	ABERT.	PESO		LEYES		DISTRIBUCIÓN	
	(um)	(g)	(%)	g/t Ag	g/t Au	Ag	Au
100	149	187.9	37.6	193,46	2.46	21.0	23.5
200	74	111.1	22.2	225,50	3.87	14.5	21.8
270	53	36.4	7.3	316,94	4.31	6.7	8.0
-270	26.5	164.6	32.9	609,94	5.60	57.9	46.8
TOTAL		500	100.00	346,80	3.94	100.00	100.00

6.5.1 FLOTACIÓN FLASH CON REMOLIENDA INICIAL DE 10 MINUTOS DEL REBOSE EN EL CLASIFICADOR D15

CONDICIONES DE LA PRUEBA				Flotación a 61 % -M200		
Etapa	Reactivos g/t *				T. Flotación	pH
	Z-6	A-404	A-208	MIBC*	Min	
Concentrado Flash	40	30	20	15	2.0	7
Relave Final						

* Esta dosificación corresponde a la adición de planta. En el laboratorio solo se agrego 25 g/t de MIBC

RESULTADOS METALÚRGICO VALORADO DEL CONCENTRADO FLASH D-15						
Producto	Peso	Peso	Ensayes		Distribución	
	g	%	Ag g/t	Au g/t	% Ag	% Au
Conc. Flash +m270	26,00	23,42	2813,31	45,05	20,19	35,86
Conc. Flash - m270	85,00	76,58	3402,1	24,65	79,81	64,14
Cabeza Calculada	111,00	100,00	3264,19	29,43	100,00	100,00

RESULTADOS METALÚRGICO VALORADO DEL RELAVE FLASH D-15						
Producto	Peso	Peso	Ensayes		Distribución	
	g	%	Ag g/t	Au g/t	% Ag	% Au
Rel. Final + m200	496,4	38,83	94,55	1,03	46,19	40,30
Rel. Final + m270	111,5	8,72	71,54	0,78	7,85	6,86
Rel. Final – m270	670,4	52,44	69,67	1,00	45,96	52,84
Cabeza Calculada	1278,3	100,00	79,49	0,99	100,00	100,00

RESULTADOS METALÚRGICOS FINALES						
Producto	Peso	Peso	Ensayes		Distribución	
	g	%	Ag g/t	Au g/t	% Ag	% Au
Concentrado Flash	111.0	7.99	3264,31	29.43	78.1	72.0
Relave Final	1278.3	92.01	79,63	0.99	21.9	28.0
Cabeza Calc.	1389.3	100.0	334,05	3.26	100.0	100.0

Observaciones:

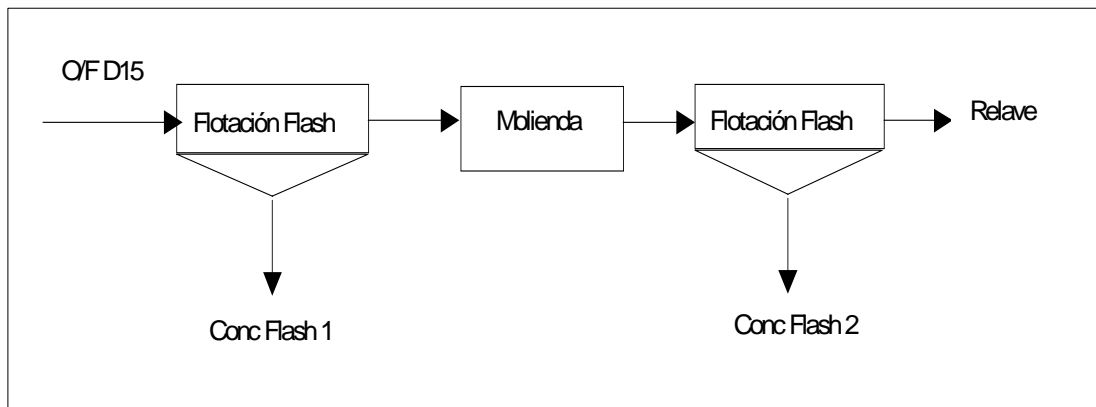
- a) Remolienda de 10 minutos a la muestra inicial de rebose D15, para llegar al 61% -m200
- b) Después de la remolienda se flota durante 2 minutos, las espumación es muy estable y abundante.
- c) Burbujas mineralizadas, con espumas estables
- d) La burbuja mineralizada se agota al minuto de extracción, tornándose de un color blanco lechoso.

6.5.2 FLOTACIÓN FLASH CON 5 MINUTOS DE REMOLIENDA DEL RELAVE FLASH DEL REBOSE EN EL CLASIFICADOR D15

CONDICIONES DE LA PRUEBA					Pulpa Inicial con 35 % -M200		
Etapa	Reactivos g/t *				T. Flotación	T. Remolienda	pH
	Z-6	A-404	A-208	MIBC*	min	Min	
Conc. Flash 1	40	30	20	20	2.0		7
Relave Flash 1						5.0	
Conc. Flash 2					2.0		
Relave Flash 2							

* Esta dosificación corresponde a la adición de planta. En el laboratorio solo se agrego 20 g/t de MIBC

ESQUEMA DE LA PRUEBA DE FLOTACIÓN CON REMOLIENDA



RESULTADOS METALÚRGICO VALORADO DEL CONC. FLASH N°1						
Producto	Peso	Peso	Ensayes		Distribución	
	G	%	Ag g/t	Au g/t	% Ag	% Au
Conc. Flash 1 +m270	14,50	24,13	6659,26	88,6	30,49	44,39
Conc. Flash 1 -m270	45,60	75,87	4827,26	35,29	69,51	55,61
Cabeza Calculada	60,10	100,00	5269,26	48,15	100,00	100,00

RESULTADOS METALÚRGICO VALORADO DEL CONC. FLASH N°2						
Producto	Peso	Peso	Ensayes		Distribución	
	G	%	Ag g/t	Au g/t	% Ag	% Au
Conc. Flash 2 +m270	32,4	25,39	894,85	12,44	33,53	41,09
Conc. Flash 2 -m270	95,2	74,61	603,72	6,07	66,47	58,91
Cabeza Calculada	127,60	100,00	677,64	7,69	100,00	100,00

RESULTADOS METALÚRGICO VALORADO RELAVE FINAL FLASH						
Producto	Peso	Peso	Ensayes		Distribución	
	G	%	Ag g/t	Au g/t	% Ag	% Au
Rel. Final + m200	598,5	49,84	62,52	0,93	65,11	62,17
Rel. Final + m270	132,8	11,06	28,93	0,57	6,68	8,46
Rel. Final - m270	469,6	39,10	34,52	0,56	28,21	29,37
Cabeza Calculada	1200,9	100,00	47,86	0,75	100,00	100,00

Producto	Peso	Peso	Ensayes		Distribución	
	g	%	Ag g/t	Au g/t	% Ag	% Au
Conc. Flash 1	60.1	4.3	5269,24	48.15	68.8	60.7
Conc. Flash 2	127.6	9.2	677,75	7.69	18.8	20.6
Conc. Flash	187.7	13.5	2147,70	20.64	87.5	81.2
Relave Final	1200.9	86.5	47,90	0.75	12.5	18.8
	1388.6	100.0	331.56	3.44	100.0	100.0

Observaciones:

- a) Burbujas mineralizadas, con espumas estables
- b) La burbuja mineralizada se agota al minuto de extracción

- c) Remolienda de 5 minutos al relave de la flotación flash; obteniéndose 50% -m200
- d) Después de la remolienda se flota durante 2 minutos, las espumación es muy estable pero pobremente enriquecido.

6.5.3 FLOTACIÓN FLASH CON REMOLIENDA DE 15 MINUTOS Y CON ESPUMANTE FLOTANOL H53 DEL REBOSE EN EL CLASIFICADOR D15

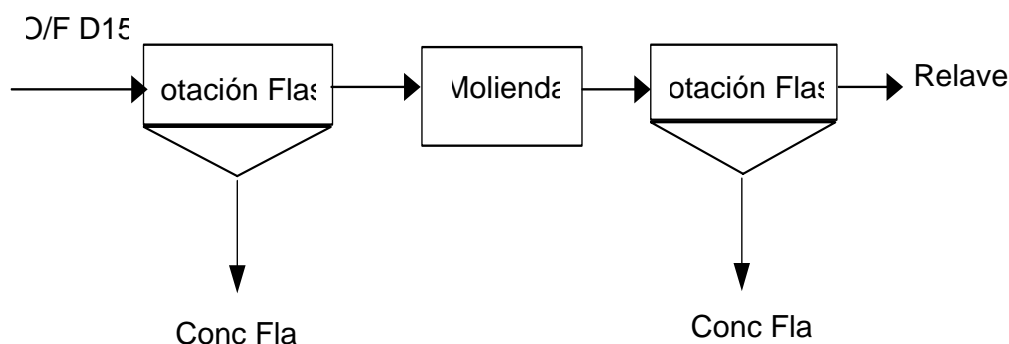
CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA

Densidad: 1530 g/l
 % S: 55
 G.e.: 2.6464
 % S en Flotación Flash: 45
 % -m200: 42

CONDICIONES DE LA PRUEBA								
Etapa	Reactivos g/t*					Flotación	Remolienda	pH
	Z-6	E668	PE B	MIBC*	Flotanol H53	min	Min	
Conc. Flash 1	30	25	20	13	28	2.0		7.65
Remolienda	20	15	6				15.0	
Conc. Flash 2						2.0		

* Corresponde a la Dosificación en Planta, solo se agregó 28 g/t Flotanol H53 (espumante) y colectores a la remolienda

ESQUEMA DE LA PRUEBA DE FLOTACIÓN CON REMOLIENDA



BALANCE METALURGICO						
Producto	Peso (g)	Peso %	Leyes		Recuperación (%)	
			Ag (g/t)	Au (g/t)	Ag	Au
Cabeza Ensayada	1375	100	369,82	3.88		
Conc. Flash 1	22.1	1.6	14373,86	127.28	61.6	50.9
Conc. Flash 2	32.2	2.3	3254,67	49.85	20.3	29.0
Relave Final	1320.7	96.1	70,60	0.84	18.1	20.1
Cabeza Calculada	1375	100.0	375,11	4.02	100.0	100.0

RESULTADOS METALURGICOS FINALES

Producto	Peso (g)	Peso %	Leyes		Recuperación (%)	
			Ag (g/t)	Au (g/t)	Ag	Au
Cabeza Ensayada	1375	100	369,82	3.88		
Conc. Flash *	54.3	3.95	7780,23	81.36	81.9	79.9
Relave Final	1320.7	96.05	70,60	0.84	18.1	20.1
Cabeza Calculada	1375	100.00	375,11	4.02	100.0	100.0

*Composito conc. Flash 1 y 2

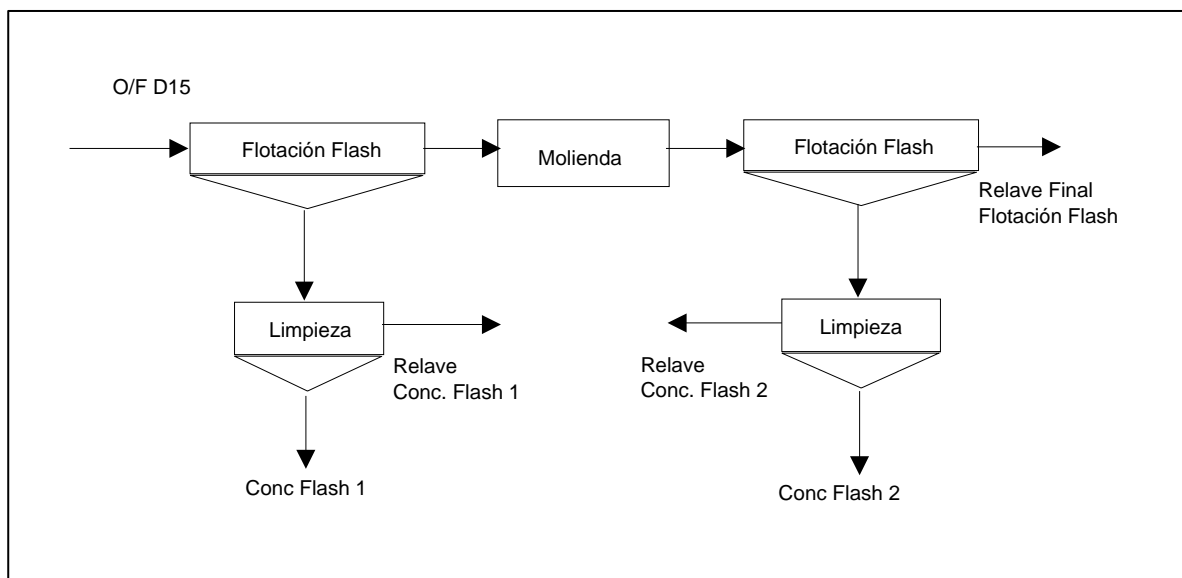
6.5.4 FLOTACIÓN FLASH CON REMOLIENDA DE 15 MINUTOS Y LIMPIEZA DEL REBOSE EN EL CLASIFICADOR D15

CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA		
Densidad	1382,7	g/l
Porcentaje de Sólidos	45	%
% -malla 200	40	%
Gravedad Específica	2,62	
Porcentaje de Sólidos en la celda	45	%

CONDICIONES DE LA PRUEBA							
Etapa	Reactivos g/t *				Flotación	Remolienda	pH
	Z-6	E668	PEB	MIBC*	Min	min	
Conc. Flash 1	35	35	21	26	2		7.65
Conc. Flash 2					2	15	
Limpieza Conc. Flash 1					3		
Limpieza Conc. Flash 2					3		

* Corresponde a la Dosificación en Planta, en el Laboratorio solo se agregó 20 g/t de MIBC

ESQUEMA DE LA PRUEBA DE FLOTACIÓN CON REMOLIENDA Y LIMPIEZA



Observación:

Concentrado1: Limpieza Concentrado Flash

Concentrado2: El Relave Final del Concentrado1 es molido a 60% -malla 200 y luego se hace Flotación Flash con Limpieza

BALANCE METALURGICO

Producto	Peso (g)	Peso %	Leyes		Recuperación	
			Ag (g/t)	Au (g/t)	Ag (%)	Au (%)
Cabeza Ensayada	1400.6	100.0	500,46	4.60		
Concentrado 1	7.1	0.5	66368,03	494.34	68.7	65.5
Relave Limpieza 1	12.3	0.9	785,36	7.23	1.4	1.7
Concentrado 2	2.4	0.2	31642,52	279.73	11.1	12.5
Relave Limpieza 2	38.1	2.7	270,60	3.16	1.5	2.2
Relave Final	1340.7	95.7	88,33	0.72	17.3	18.0
Cabeza Calculada	1400.6	100.0	489,57	3.82	100.0	100.0

RESULTADOS METALURGICOS FINALES

Producto	Peso (g)	% Peso	Leyes		Recuperación	
			Ag (g/t)	Au (g/t)	Ag (%)	Au (%)
Cabeza Ensayada	1400.6	100	500,46	4.60		
Concentrado	9.5	0.7	57595,28	440.12	79.8	78.1
Relave Limpieza	50.4	3.6	396,26	4.15	2.9	3.9
Relave Final	1340.7	95.7	88,33	0.72	17.3	18.0
Cabeza Calculada	1400.6	100.0	489,57	3.82	100.0	100.0

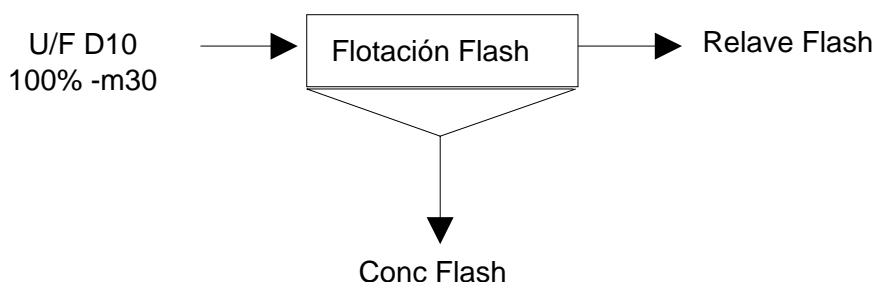
6.6 FLOTACIÓN FLASH EN EL CLASIFICADOR ARENAS D10

CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA

Densidad:	1824.9 g/l
% S:	72.66
G.E.:	2.6464
% S en Flotación Flash:	45
% -m30:	97.48

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO VALORADO DE LA CABEZA							
MALLA TYLER	ABERT.	PESO		LEYES		DISTRIBUCIÓN	
	(um)	(g)	(%)	Ag (g/t)	Au (g/t)	Ag (%)	Au (%)
60	250	101.6	20.32	232,97	4.53	10.48	3.93
100	149	159.4	31.88	228,61	11.69	16.13	15.90
200	74	169.5	33.90	457,53	44.15	34.32	63.84
270	53	22.3	4.46	1169,49	39.84	11.54	7.58
400	37	15.1	3.02	1441,96	33.31	9.64	4.29
-400	18	32.1	6.42	1259,38	16.31	17.89	4.47
TOTAL		500	100	451,93	23.44	100.00	100.00

ESQUEMA DE LA PRUEBA DE FLOTACIÓN



6.6.1 CINÉTICA DE FLOTACIÓN FLASH EN LAS ARENAS DEL CLASIFICADOR D10

CONDICIONES DE LA PRUEBA						
Etapa	Reactivos g/t *				Flotación	Ph
	Z-6	A-404	A-208	MIBC*	min	
Conc. Flash 1	40	35	20	14	0.5	7.4
Conc. Flash 2					0.5	
Conc. Flash 3					0.5	
Conc. Flash 4					0.5	

* Esta dosificación corresponde a la adición de planta. En el laboratorio solo se agregó 30 g/t de MIBC

RESULTADOS METALÚRGICOS						
Producto	Peso	Peso	Ensayes		Distribución	
	G	%	Ag (g/t)	Au (g/t)	Ag (%)	Au (%)
Conc. Flash 1	5,7	0,42	28184,13	1794.69	31,0	44,7
Conc. Flash 2	7,0	0,52	17993,69	1091.87	24,3	33,4
Conc. Flash 3	5,3	0,39	9667,28	457.88	9,9	10,6
Conc. Flash 4	4,4	0,32	4000,22	81.12	3,4	1,6
Relave Final	1331.7	98,35	121,61	1.67	31,3	9,7
Cabeza Calc.	1354.2	100.0	452,24	21.84	100.0	100.0

DISTRIBUCIÓN ACUMULADA		
Tiempo	Distribución	
Minutos	Ag (%)	Au (%)
0	0,0	0,0
0.5	31,0	44,7
1	55,4	78,1
1.5	65,3	88,7
2	68,7	90,3

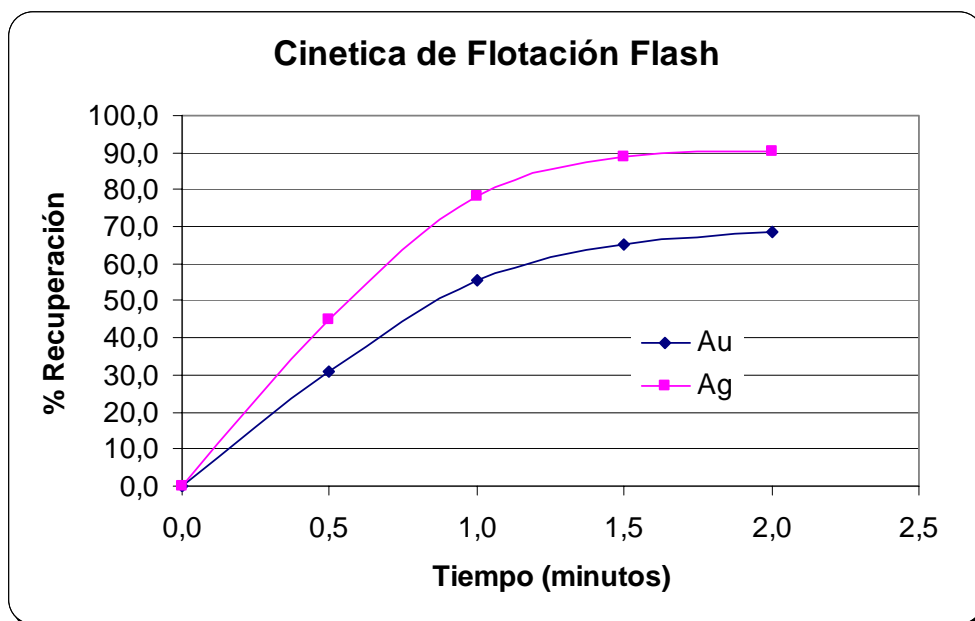


Figura N°12

Observaciones:

- a) Burbujas mineralizadas, con espumas frágiles
- b) La burbuja mineralizada se agota a los 30 segundos de extracción
- c) Después de los 30 segundos de extracción, la burbuja se torna de color crema lechoso.

6.6.2 ANALISIS VALORADO DE LA FLOTACIÓN FLASH EN LAS ARENAS DEL CLASIFICADOR D10

CONDICIONES DE LA PRUEBA						
Etapa	Reactivos g/t *				T. Flotación	pH
	Z-6	A-404	A-208	MIBC*	Min	
Conc. Flash	40	35	20	14	2.0	7.4
Relave Final						
* Esta dosificación corresponde a la adición de planta. En el laboratorio solo se agrego 30 g/t de MIBC						

RESULTADOS METALÚRGICOS POR MALLAS						
Producto	Peso g	Peso %	Ensayes		Distribución	
			Ag (g/t)	Au (g/t)	Ag (%)	Au (%)
Conc. Flash +m100	6.7	0.5	10993,53	1173.71	12.2	25.9
Conc. Flash +m270	8.0	0.6	27260,04	2251.54	36.1	59.3
Conc. Flash -m270	4.5	0.3	31590,27	536.64	23.6	7.9
Relave Final +m100	711.7	51.9	147,43	1.40	17.4	3.3
Relave Final +m200	437.6	31.9	90,82	1.59	6.6	2.3
Relave Final +m270	69.9	5.1	79,62	1.04	0.9	0.2
Relave Final -m270	133.0	9.7	145,25	2.52	3.2	1.1
Cabeza Calc.	1371.3	100.0	440,11	22.16	100.0	100.0

RESULTADOS METALÚRGICOS FINALES						
Producto	Peso G	Peso %	Ensayes		Distribución	
			Ag (g/t)	Au (g/t)	Ag (%)	Au (%)
Conc. Flash	19.2	1.40	22598,56	1473.49	71.9	93.1
Relave Final	1352.1	98.60	125,35	1.55	28.1	6.9
Cabeza Calc.	1371.3	100.0	440,11	22.16	100.0	100.0

Observaciones:

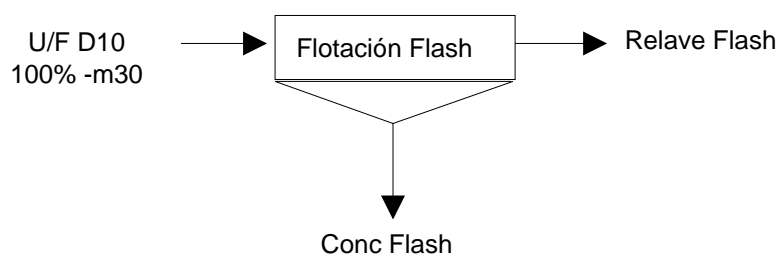
- a) Burbujas mineralizadas, con espumas frágiles
- b) La burbuja mineralizada se agota a los 30 segundos de extracción
- c) Después de los 30 segundos de extracción, la burbuja se torna de color crema lechoso.

6.6.3 FLOTACIÓN FLASH EN EL CLASIFICADOR ARENAS D10

CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA

Densidad:	1810 g/l
% S:	72
G.e.:	2.62
% S en Flotación Flash:	45
% -m200:	11.2

ESQUEMA DE LA PRUEBA DE FLOTACIÓN



CONDICIONES DE LA PRUEBA								
	Reactivos g/t					Flotación	Remolienda	pH
Etapa	Z-6	E668	PEB	MIBC*	Flotanol H53	Min	Min	
Conc. Flash	35	30	20	20	18	2.0		7.75
* Corresponde a la Dosificación en Planta, solo se agregó 18 g/t Flotanol H53 (espumante)								

RESULTADOS METALURGICOS FINALES

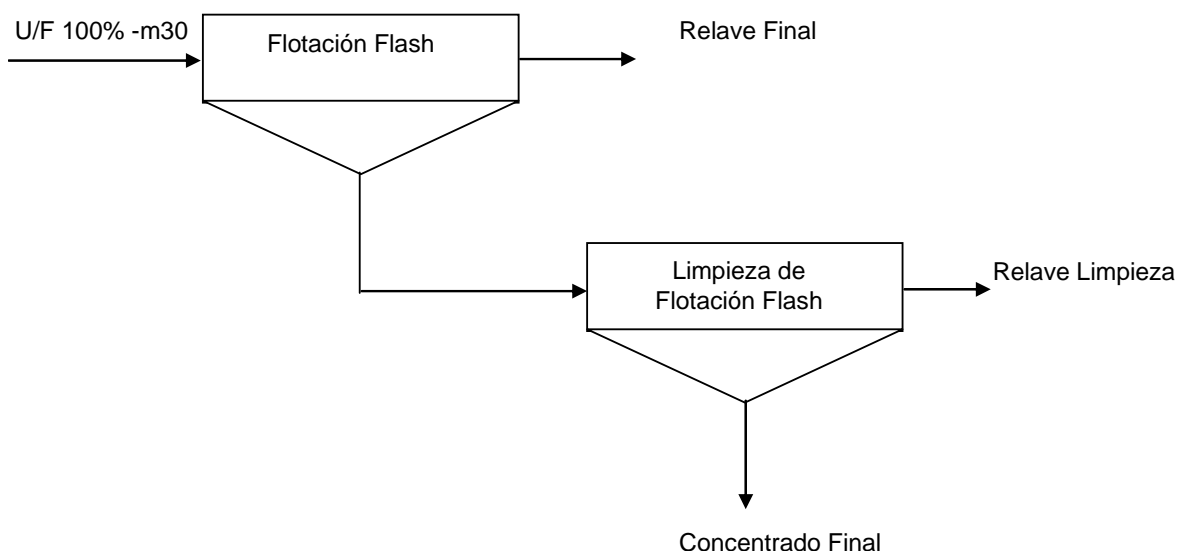
Producto	Peso (g)	Peso %	Leyes		Recuperación (%)	
			Ag (g/t)	Au (g/t)	Ag	Au
Cabeza Ensayada	1386.9	100	503,88	14.74		
Concentrado Flash	20.3	1.46	23428,40	922.89	69.24	88.39
Relave Final	1366.6	98.54	154,58	1.80	30.76	11.61
Cabeza Calculada	1386.9	100.00	495,24	15.28	100	100

6.6.4 FLOTACIÓN FLASH CON LIMPIEZA EN EL CLASIFICADOR ARENAS D10

CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA

Densidad:	1800 g/l
% S:	71.4
G.E.:	2.62
% S en Flotación Flash:	45
% -m200:	12.5

ESQUEMA DE LA PRUEBA DE FLOTACIÓN



CONDICIONES DE LA PRUEBA							
	Reactivos g/t				Flotación	Remolienda	pH
Etapa	Z-6	E668	PEB	MIBC	Min	Min	
Conc. Flash	35	35	20	44	2.0		7.55
Limpieza Conc. Flash					1.0		7.55

RESULTADOS METALURGICOS FINALES

Producto	Peso	Peso	Ley concentrado (g/t)		Recuperación %	
	(g)	%	Ag	Au	Ag	Au
Cabeza Ensayada	1411,06	100	480,1	11,03		
Concentrado	10,83	0,77	33402,17	1012,82	52,62	72,34
Rel. Limp	10,68	0,76	7560,05	131,2	11,74	9,24
Rel Final	1389,55	98,48	176,3	2,01	35,63	18,42
Cabeza Calculada	1411,06	100,00	487,20	10,75	100,00	100,00

6.7 RECUPERACIÓN Y BALANCE METALÚRGICO POR LA FLOTACIÓN FLASH EN EL ALIMENTO AL HIDROCICLON D10

CONDICIONES DE OPERACIÓN Y PARÁMETROS DE LA PRUEBA

Características Alimento Ciclón D10	
Densidad (g/l)	1510
Porcentaje de Sólidos	54.6
% -malla 200	28.8
Gravedad Específica.	2.62

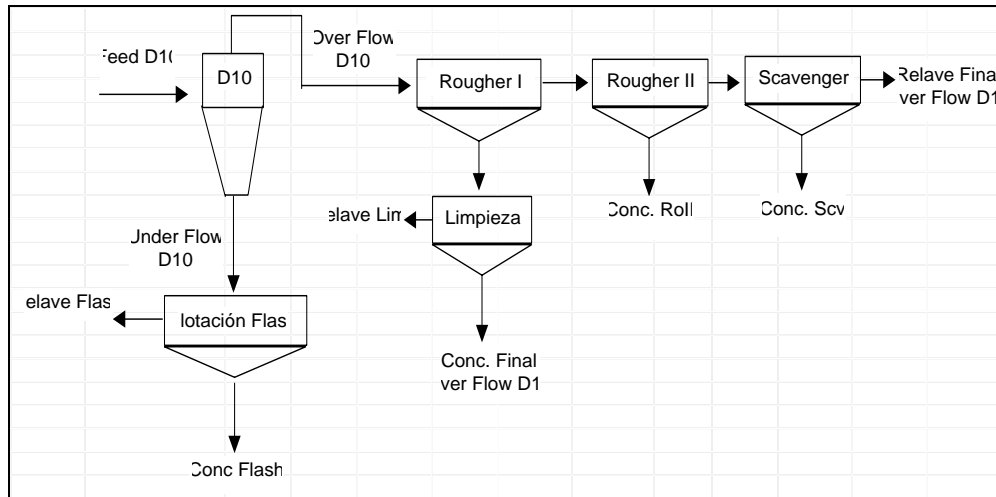
Características Over Flow D10	
Densidad (g/L)	1250
Porcentaje de Sólidos	32.3
% -malla 200	57.7
Gravedad Específica.	2.62
% Sólidos en la celda	30

Características Under Flow D10	
Densidad (g/L)	1880
Porcentaje de Sólidos	75.4
% -malla 200	17.4
Gravedad Específica.	2.64
% Sólidos en la celda	43

	Dilución	Mallas	Promedio
Carga Circulante	2.2	2.2	2.2

CONDICIONES DE FLOTACIÓN

Muestra	Peso (g)
Over Flow D10	1000
Under Flow D10	2616
Feed D10	3616



ESQUEMA DE LAS PRUEBAS

Etapa	Reactivos g/t					T. Flotación	pH
	Z-6	E668	PEB	MIBC	MIBC*	min	
Flotación Flash *	30	25	20	20	25	2	7,64
Acondicionamiento						5	
Rougher I						5	
Rougher II	30	25				4	
Scavenger	20	15				7	
Limpieza						5	

- Corresponde a la Dosificación en Planta, en esta etapa solo se agregó 20 g/t MIBC

Balance Metalúrgico Under Flow D10

Producto	Peso (g)	Peso %	Leyes		Recuperación (%)	
			Ag (g/t)	Au (g/t)	Ag	Au
Under Flow D10	2582,2	100	554,26	44,39		
Concentrado Flash	22,6	0,88	42221,76	4522,71	68,90	92,50
Relave Flash	2559,6	99,12	168,27	3,24	31,10	7,50
Cabeza Calculada	2582,2	100,00	536,22	42,80	100	100

Balance Metalúrgico Over Flow D10

Producto	Peso (g)	Peso %	Leyes		Recuperación (%)	
			Ag (g/t)	Au (g/t)	Ag	Au
Over Flow D10	1003,2	100	367,64	4,35		
Concentrado Final	8,3	0,83	36658,59	421,20	83,20	80,40
Medios	55,9	5,57	518,50	6,54	7,93	8,41
Conc. Scavenger	39,5	3,94	155,52	2,53	1,68	2,30
Relave Final	899,5	89,66	29,24	0,43	7,19	8,90
Cabeza Calculada	1003,2	100,00	364,53	4,33	100,00	100,00

Recuperación Estimada = Rec Conc + 0.5x (Rec Roll+ Rec Scv+Rec Rel 1ra limp)

Recuperación Estimada = 87.67 %Ag

85.29 %Au

Balance Metalúrgico en el Alimento al Ciclón D10

Producto	Peso (g)	Peso %	Leyes		Recuperación (%)	
			Ag (g/t)	Au (g/t)	Ag	Au
Alimento Ciclón D10	3585,4	100	506,05	30,75	100,00	100,00
Concentrado Flash	22,6	0,63	42221,76	4522,71	55,01	89,18
Relave Flash	2559,6	71,39	168,27	3,24	24,83	7,24
Concentrado O/F D10	8,75	0,24	36658,59	421,20	18,48	3,21
Relave Final O/F D10	994,45	27,74	29,24	0,43	1,68	0,37
Cabeza Calculada	3585,4	100	483,66	31,97	100,00	100,00

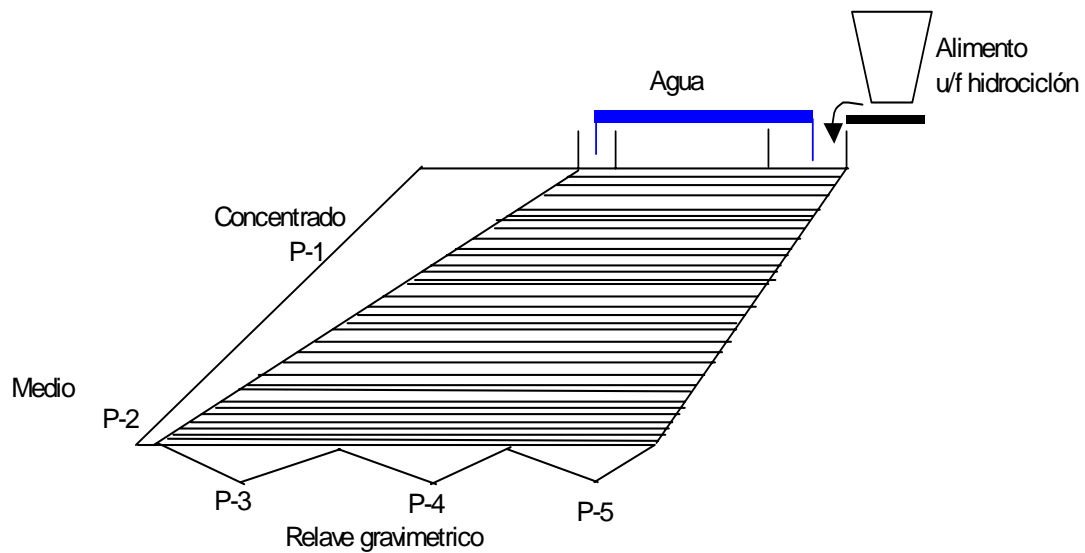
Comentarios:

- * En la Flotación Flash las espumas se agotan al minuto
- * Se uso MIBC, como espumante en la Flotación Flash, ya que otro espumante puede perjudicar el circuito de flotación que se viene trabajando
- * Se ve una mayor ley de oro en el Over Flow D10 (4.35g/t) para una ley de Ag baja (367.64 g/t)
- * De todo la Ag y Au que ingresa al Ciclón el 55.01% Ag, 89.18% Au se recupera en el concentrado Flash y solo el 18.48% Ag, 3.21 %Au en la Flotación Actual.
- * Lo anterior es un indicativo de que la ley de Au en el Over Flow D10 una vez implementado la Flotación Flash va disminuir, teniendo opción a recuperarse en el circuito actual.
- * Una de las posibles desventajas de este proceso, es mantener una ley de Au en el Alimento a la flotación flash óptima de tal manera que se forme un mínimo de colchón de espuma para que se pueda flotar
- * Como se puede notar la ley de Au respecto a la ley plata esta aumentando, y si esta tendencia aumenta, favorecería aún mas la Flotación Flash
- * La implementación de la flotación flash aparte de mejorar la recuperación de Au, tendría otra ventaja como es la de tratar minerales de alta ley de Au y Ag, como se observa el 55% de la plata que entra en el alimento al ciclón se recupera en el concentrado flash

En el Balance del Ciclón D10 se observa que el 83.25% del oro y un 56.98% plata que entra al ciclón se recupera en la Flotación Flash en un primer ciclo, esto es un indicativo que la ley de oro y plata que entra circuito de flotación actual va a disminuir, pudiendo procesar minerales de alta ley, no aumentando la ley del relave, una vez implementado la Flotación Flash.

6.8 CONCENTRACIÓN POR MESA GRAVIMÉTRICA

Se realizó una prueba de concentración de oro/plata por mesa gravimétrica Wilfley obteniéndose un concentrado rico de 2784 g/t de oro, 19937.4 g/t de plata, donde fue posible recuperar 82% oro, 34% plata, desplazándose un 18% del oro y 46% de plata hacia la etapa posterior con ley 2.43 g/t Au, 182.9 g/t Ag.



CONDICIONES DE LAS PRUEBAS

Se realizó 2 pruebas de concentración gravimétrica en la mesa Wilfley: la primera fue exploratoria a fin de ajustar las variables de operación de la mesa, y la segunda prueba fue diseñado al grado de molienda original (%menos malla 200 = 14.32%), como se muestra en el cuadro 1.

Cuadro 1: Diseño de pruebas en mesa Wilfley

Prueba	U/f ciclón menos Malla 200 %	Peso de u/f ciclón G
P-1	14.32	5000
P-2	14.32	5000

De acuerdo a las condiciones establecidas en el diseño experimental se procede a realizar las pruebas como sigue:

Concentración en Mesa (P-2):

Equipo : Denver
 Inclinación : m/m, 5° grados
 Stroke : ¼"
 Pulsación : 300 RPM
 Alimentación : 5 Kg/h
 %sólidos : 20

RESUMEN DE RESULTADOS

En el cuadro 2 se presenta el balance Metalúrgico de la concentración gravimétrica y granulometría original, los puntos de muestreo se esquematizan en el anexo1.

Cuadro 2: BALANCE METALURGICO CONCENTRACION GRAVIMETRICA

Producto	PESO		LEYES		DISTRIBUCION %	
	g	%	Au g/t	Ag g/t	Au	Ag
Cabeza	5082.3	100.00	20.27	344,32	100.00	100.00
Concentrado	28.8	0.57	2784.3	19963,47	82.38	34.28
Medios	834	16.41	8.27	396,26	7.09	19.71
Relave	4219.5	83.02	2.43	182,89	10.53	46.01
Cabeza Calc.	5082.3	100.00	19.15	330,01	100.00	100.00

COMENTARIOS

- ❖ El mineral de las arenas del ciclón en estudio contiene 14.32% del material con tamaño menor a malla 200. La ley de cabeza de este material 20.27 g/t Au, 344.32 g/t Ag, con respecto a la ley de cabeza del mineral que ingresa al molino hay una variación fuerte con respecto al oro, esto nos indica que hay una pre-concentración las arenas del ciclón, también indica la presencia de oro libre.
- ❖ Al procesar el material por la mesa, en la operación rougher se dio mayor ángulo de inclinación, en la operación de limpieza menor ángulo de inclinación, en cuya limpieza se

puede conseguir una ley de concentrado 2784 g/t Au, 19963.47 g/t Ag, pero la recuperación es muy interesante 82.38% Au, para una operación batch, para una operación continua a nivel industrial que recupere un 60% evitaría la recirculación del oro al molino y se pueda quedar dentro de las chaquetas o pueda lamearse dificultando su recuperación en la siguiente etapa.

El cuadro 2 se presenta el balance metalúrgico de la prueba, en la que se observa que la ley del relave de mesa 2.43 g/t Au, 182.89 g/t Ag/t desplazándose 15% Au, 45% Ag ha ser remolido para su posterior recuperación en la etapa de flotación.

6.9 PRUEBA PILOTO DEL CONCENTRADOR FALCON EN LAS ARENAS DEL CICLON D-10

PRUEBAS CONCENTRADOR FALCON SB 12

	14-Ago-05	15-Ago-05	16-Ago-05	17-Ago-05
	PROMEDIO	PROMEDIO	PROMEDIO	PROMEDIO
Presión inicial PSI	4.0	8.0	9.5	11.5
Presión final PSI	8.68	9.5	11.1	12.8
Tiempo cosecha horas	0.50	0.5	0.5	0.5
Tiempo de operación horas	8.00	10.5	12.0	8.0
CABEZA				
Sólidos t	30.99	40.1	44.3	30.1
Densidad t/M3	1.56	1.6	1.5	1.6
Au g/t	13.24	9.4	11.6	8.5
Ag g/t	337.63	375.3	443.2	337.2
Finos Au g	410.42	375.3	516.2	256.1
Finos Ag Oz	336.41	484.0	630.4	326.5
CONCENTRADO				
Peso concentrado kg	92.32	124.7	133.2	93.2
Au g/t	1,477.04	682.7	1080.3	705.5
Ag g/t	6,189.11	4217.6	6350.0	4288.0
Finos Au g	136.36	85.2	143.8	65.7
Finos Ag Oz	18.37	16.9	27.2	12.8
RELAVE				
Sólidos t	30.90	40.0	44.2	30.0
Densidad t/M3	1.38	1.4	1.4	1.4
Au g/t	8.87	7.3	8.4	6.4
Ag g/t	320.15	363.3	425.1	324.9
Finos Au g	274.07	290.1	372.4	190.4
Finos Ag Oz	318.04	467.1	603.2	313.7
Agua agregado al circuito M3/h	2.03	1.4	1.5	1.5
RECUPERACION				
Au %	33.22	22.9	28.8	25.3
Ag %	5.46	3.5	4.4	3.9
RADIO CONC.				
	335.69	321.5	332.4	323.0

7.0 SIMULACIÓN DE CIRCUITO DE FLOTACIÓN FLASH

Condiciones:

Muestra	Peso (g)	Peso (%)	Leyes (g/t)		Distribución (%)	
			Ag	Au	Ag	Au
U/F +m28	43,1	1,5	279,32	4,9	0,71	0,39
U/F -m28	2829,8	98,5	597,6	19,2	99,29	99,61

Under Flow -m28

Etapa	Reactivos, g/t				Tiempo, min			pH
	Z6	E668	PEB	MIBC*	Molienda	Acondic.	Flotación	
Acondicionamiento	40,00	35,00	20	44				
Flotación							2	7,60

*Esta dosificación incluye a la adición de planta. En el laboratorio solo se agregó 30 g/t de MIBC.

Producto	Tiempo	Peso (g)	Peso %	Leyes (g/t)		Finos (mg)		Finos Acum. (mg)		Recuperación (%)	
				Ag	Au	Ag	Au			Ag	Au
Cabeza Ens.				393,2	17,6						
Conc. 1	0,5	5,7	0,42	28184,1	1794,7	160,6	10,2	160,6	10,2	31,0	44,7
Conc. 2	1	7,0	0,52	17993,7	1091,9	126,0	7,6	286,6	17,9	24,3	33,4
Conc. 3	1,5	5,3	0,39	9667,0	457,9	51,2	2,4	337,8	20,3	9,9	10,6
Conc. 4	2	4,4	0,32	4000,2	81,1	17,6	0,4	355,4	20,7	3,4	1,6
Relave		1331,7	98,35	121,6	1,7	162,0	2,2	517,4	22,9	31,3	9,7
Cabeza Calc		1354,1	100,0	382,1	16,9	517,4	22,9			100,0	100,0

Tiempo (min)	Rec. Acum		Ley. Acum	
	Ag	Au	Ag	Au
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,5	31,0	44,7	28184,1	1794,7
1	55,4	78,1	22567,3	1407,3
1,5	65,3	88,7	18768,9	1127,8
2	68,7	90,3	15867,9	922,2

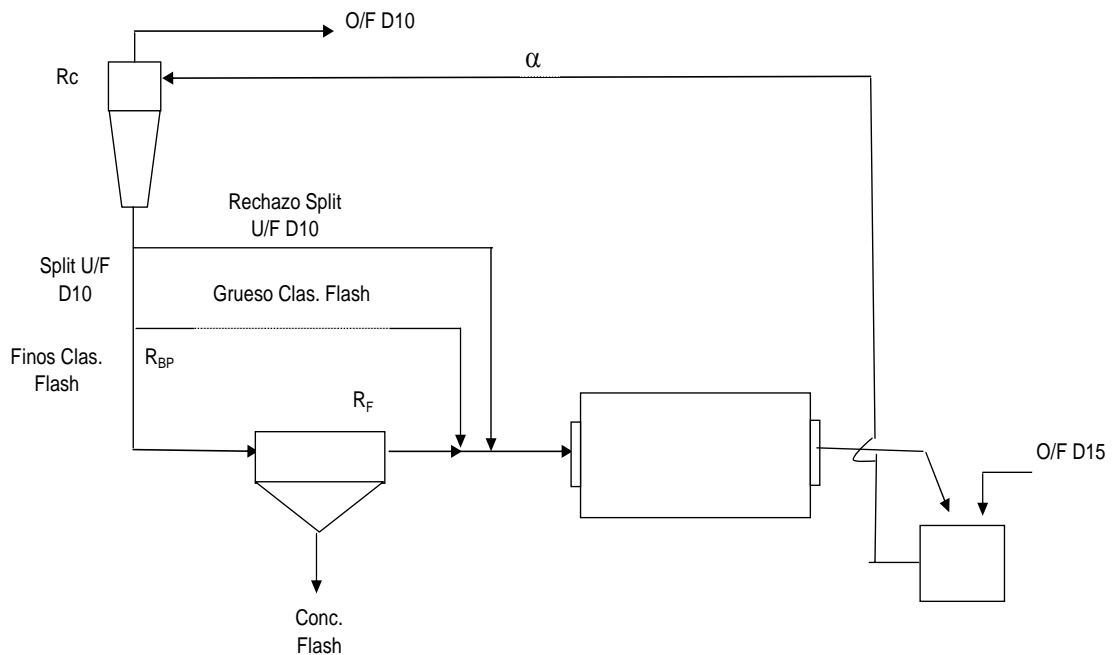


Figura N°13

Rc: Recup. Parcial del ciclón

R_{BP}: By-pass Parcial del ciclón

RF: Recup. Parcial de la flotación flash

Simulación	
O/F D15 (t/h)=	33,2
CC mineral	2,2
CC plata	3,12
CC oro	12,69
U/F / Feed*	3

*Sólo se alimentaría a la Flotación Flash la tercera parte de la descarga del ciclón

Etapa	t/h	Leyes (g/t)		Finos (oz)	
		Ag	Au	Ag	Au
Over D15	33,20	390,00	3,82	416,29	4,08
Over D10	33,10	296,47	1,33	315,50	1,41
Under D10	72,82	420,45	7,67	984,36	17,95
Rechazo Split Under D10	48,55	420,45	7,67	656,24	11,96
Split Under D10	24,27	420,45	7,67	328,12	5,98
Grueso Clas. Flash	0,36	299,98	2,16	3,51	0,03
Fino Clas Flash	23,91	422,29	7,75	324,61	5,96
Conc. Flash	0,10	31148,86	823,08	100,79	2,66
Relave Flash	23,81	292,40	4,30	223,82	3,29

	Mineral	Plata	Oro
Rf=	0,004	0,310	0,447
Rc=	0,688	0,757	0,927
Rbp=	0,985	0,989	0,996
α=	3,190	3,122	4,748

* Los Rf corresponden para un tiempo de 0,5 minutos

* Los Rc se determinan en función a muestreos del circuito de molienda

Balance Metalúrgico

Productos	Peso t/h	Leyes (g/t)		Finos (oz)		Recuperación (%)		Recup. Total(%)	
		Ag	Au	Ag	Au	Ag	Au	Ag	Au
Cabeza	33,20	390	3,8	416,3	4,1	100	100	100	100
Conc. Flash	0,10	31149	823	100,79	2,66	24,2	65,3	91,97	95,07
Conc. Flotación	0,33	26505	114,0	282,1	1,2	67,8	29,8		
Relave Final	32,77	31,7	0,19	33,44	0,20	8,0	4,9	8,0	4,9

	Mineral	Ag	Au
Rt**=	0,0100	0,894	0,8580

**Del Balance de Planta

Cálculo de la nueva Cabeza de Flotación

t/h	Leyes		Finos (oz)	
	Ag	Au	Ag	Au
33,10	296,5	1,33	315,50	1,41

Comentarios:

- 1, Como se puede apreciar la ley de cabeza disminuyó en un 24% para la plata y un 65,2% para el oro sólo flotando la tercera parte de la descarga del ciclón.
- 2 La ley del concentrado Flash en el equilibrio es de 31149 g/t Ag y 823 g/t Au.

7.1 SIMULACION VARIANDO DIFERENTES CONDICIONES EN LA RECUPERACION DE PLATA:

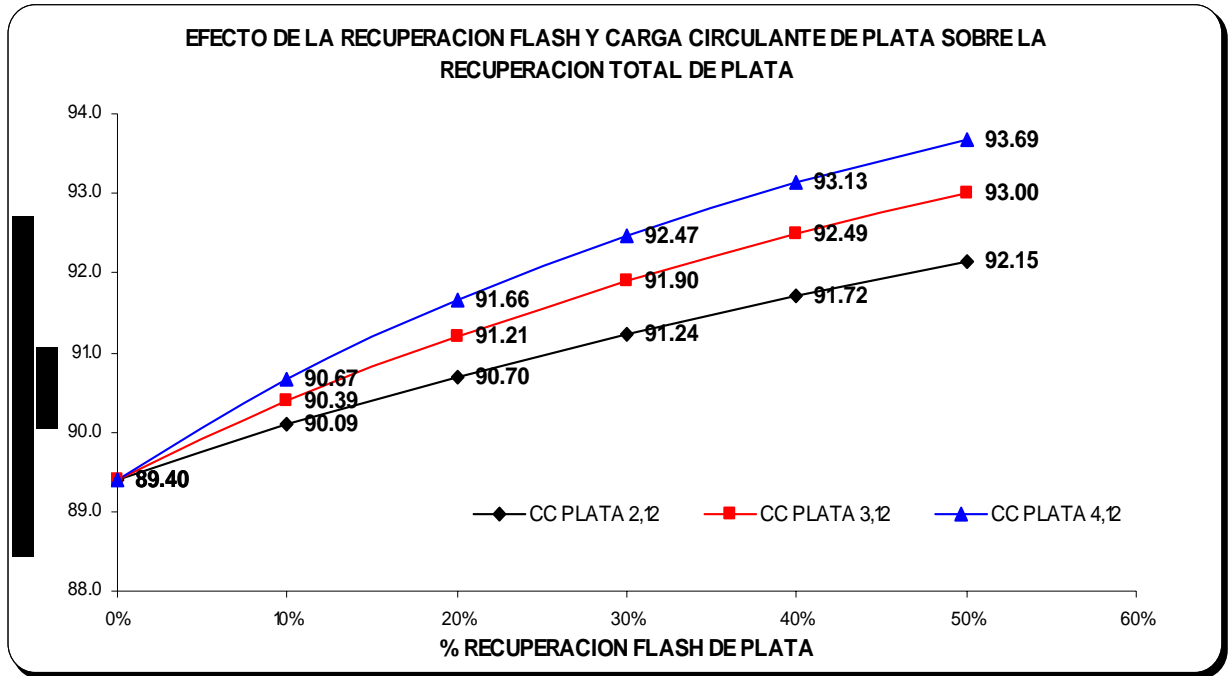


Figura Nº14

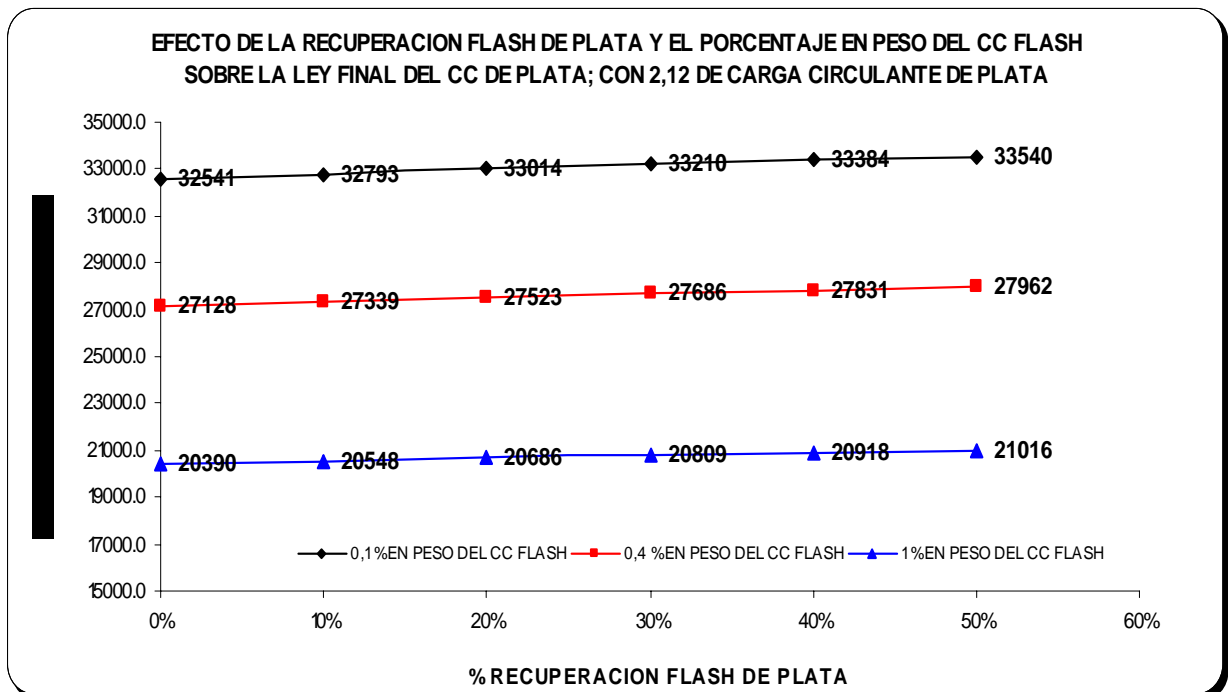


Figura Nº15

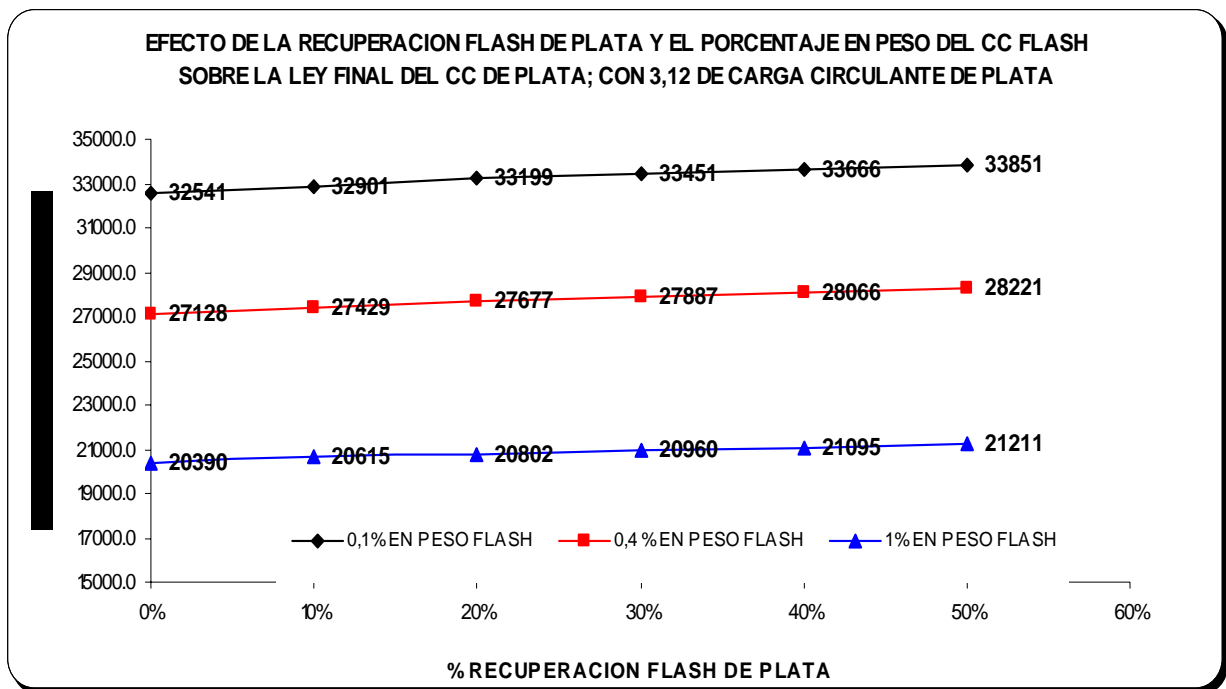


Figura N°16

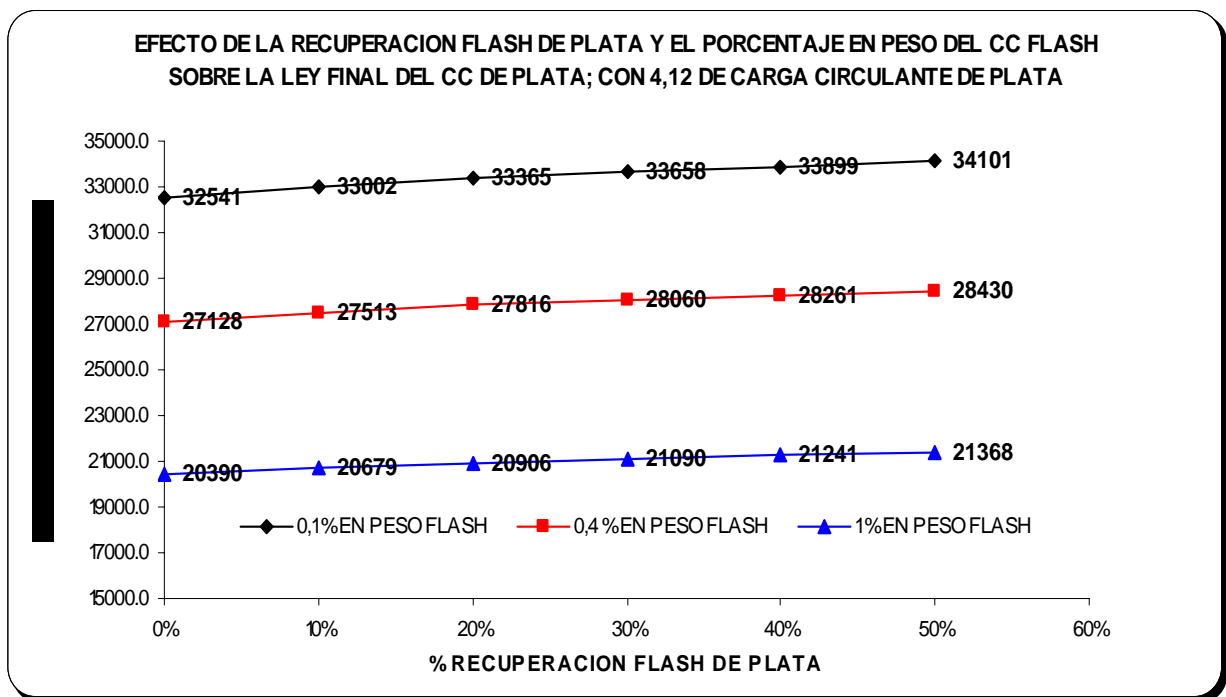


Figura N°17

7.2 SIMULACION VARIANDO DIFERENTES CONDICIONES EN LA RECUPERACION DE ORO:

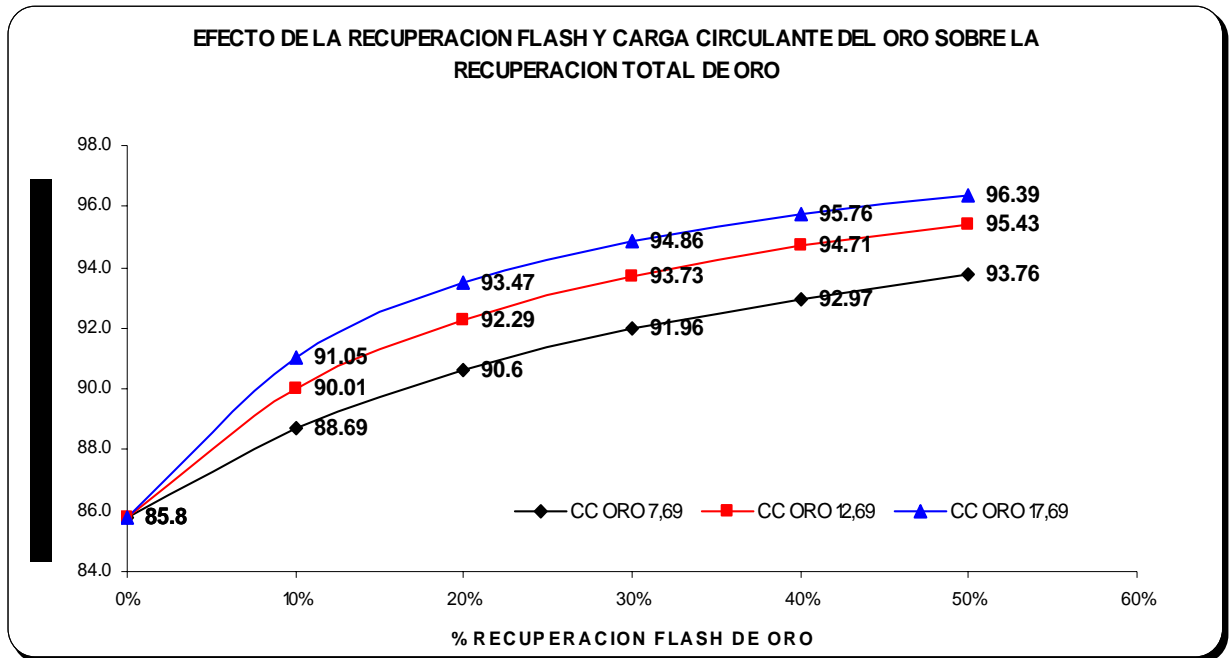


Figura N°18

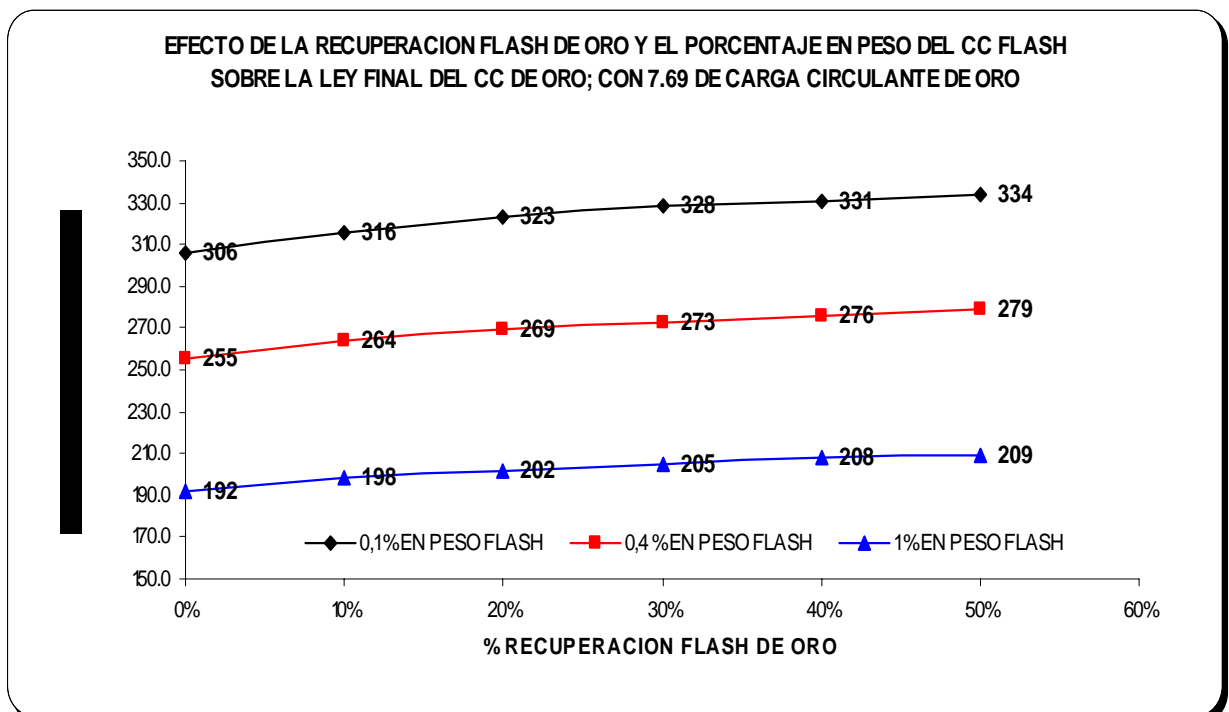


Figura N°19

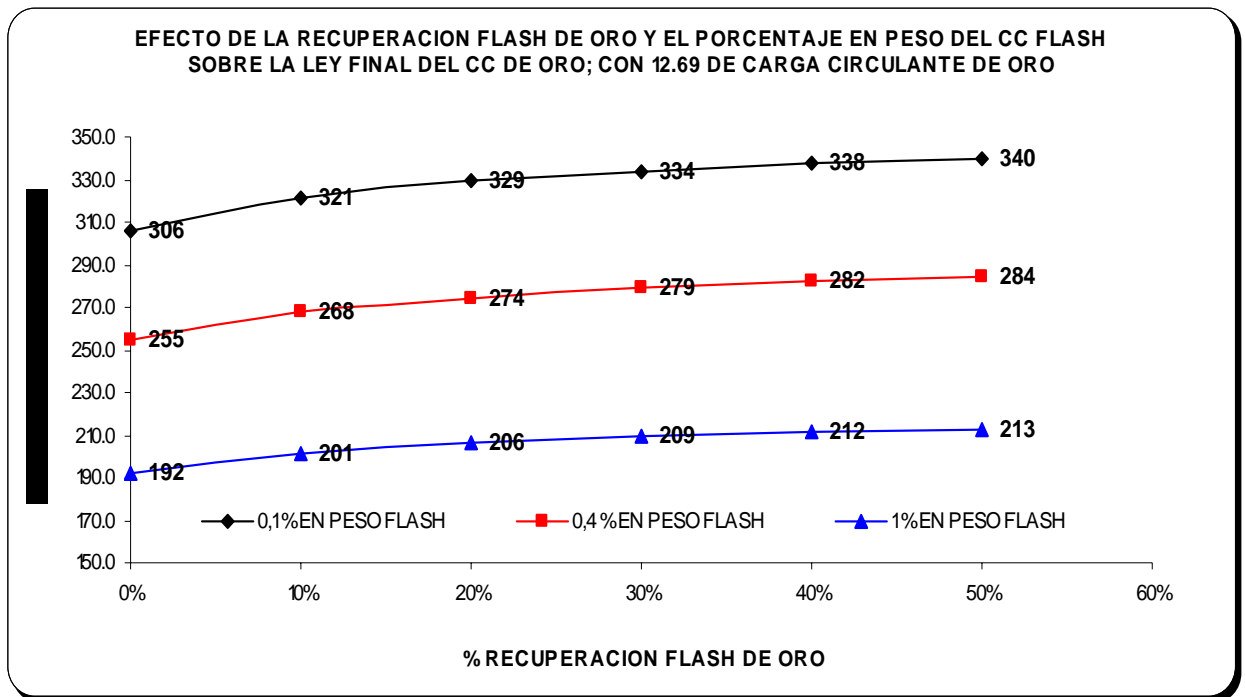


Figura N°20

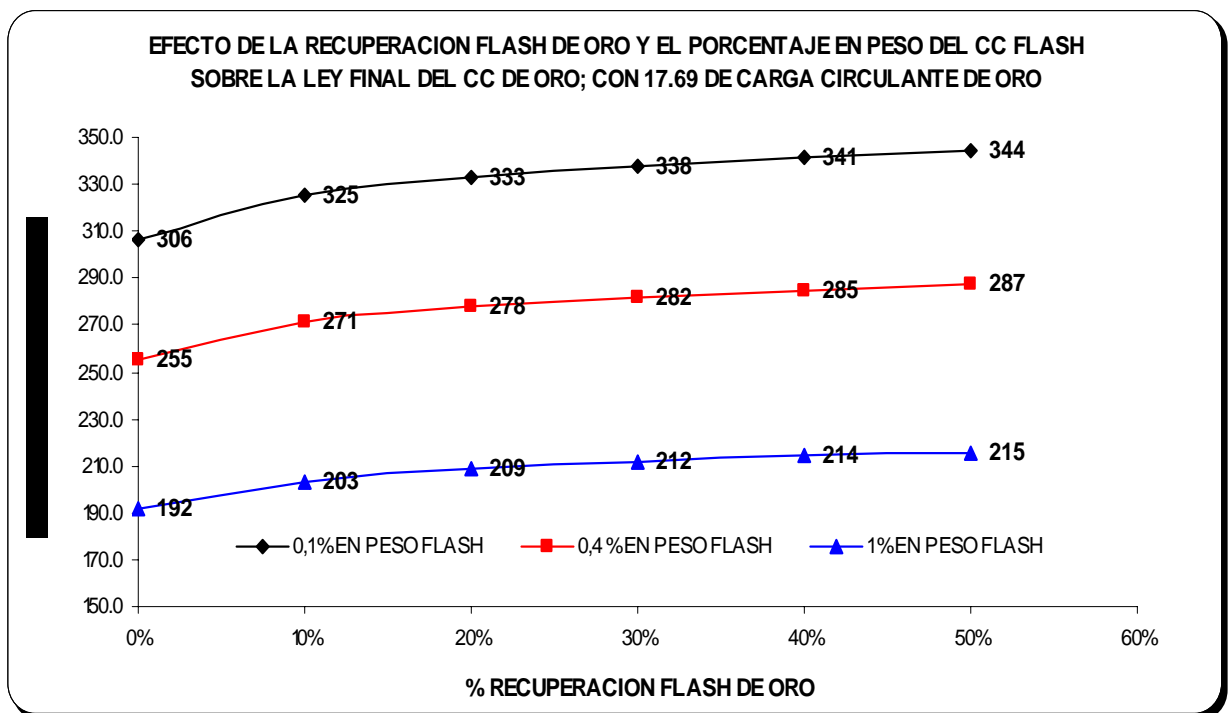


Figura N°21

8 BALANCE DE FLUJOS, EQUIPOS Y MAQUINARIAS

8.1 BALANCE DE FLUJOS

BALANCE DE MATERIA CON LA CELDA FLASH

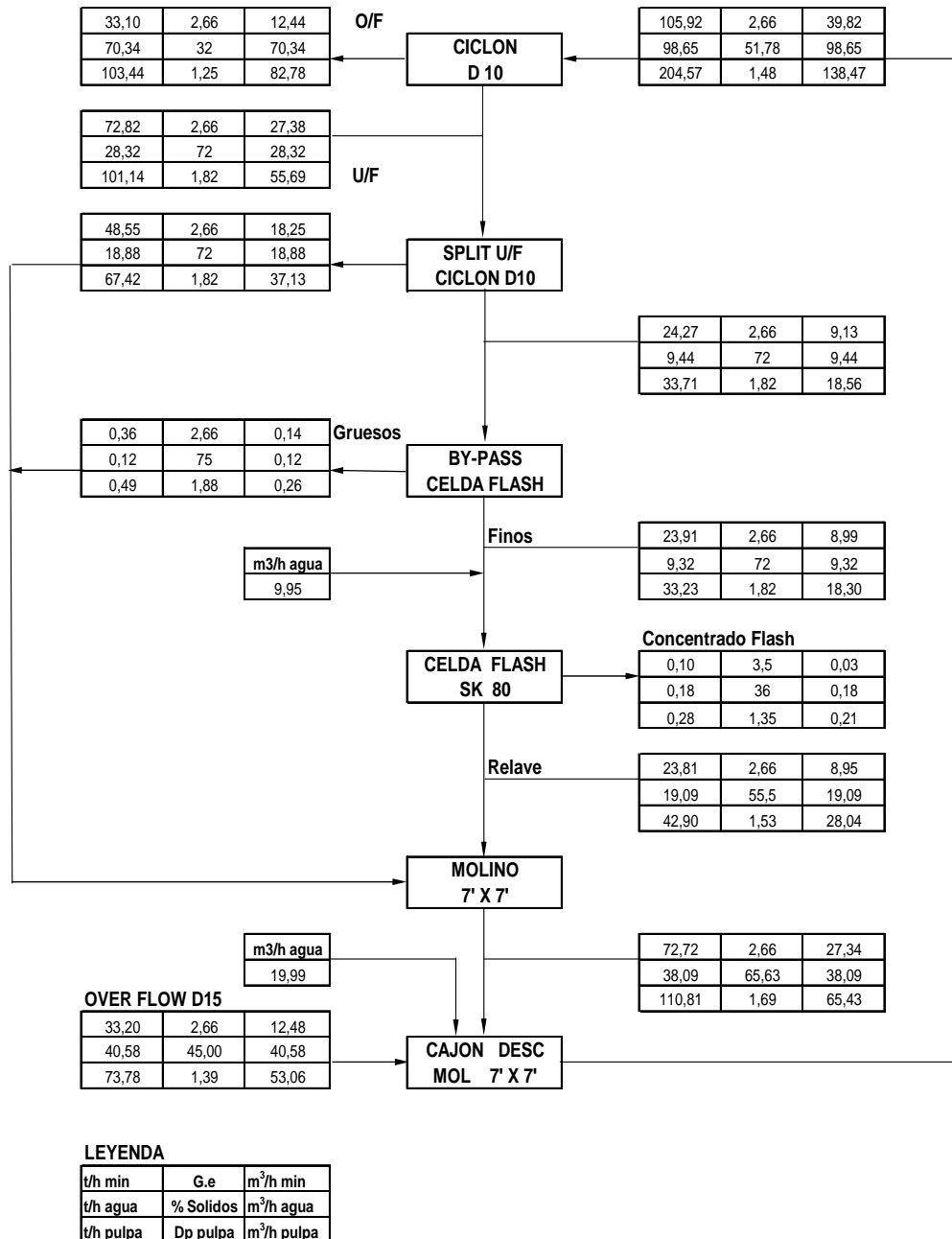


Figura N°22

8.2 EQUIPOS Y MATERIALES

Requerimiento De Equipos

Cantidad	Descripción	Capacidad	HP
1	Celda Flash SK 80	2.2 m3	20
2	Bomba Horizontal Relave	3" x 3"	5
2	Bomba Horizontal Concentrado	1.5" x 1.25"	2
1	Muestreador de cabeza		1

Requerimiento De Insumos

Reactivos

Ítem	Reactivos	g/t
1	Z - 6	40
2	A - 208	35
3	A - 404	20
4	MIBC	44

Aire

Ítem	m3/h	Presión PSI	Observaciones
1	90	3	Presión al ingreso de la celda

Agua

Ítem	m3/h	Observaciones
1	9.95	Alimentación a la celda Flash.
2	5,00	Chisguetes

Repuestos

Ítem		Observaciones
1	Manga de válvula pinch	Uno por mes por el alto Ai del mineral
2	Rotor del mecanismo	Dos por año por el alto Ai del mineral

9 INVERSION EN MAQUINARIAS Y EQUIPOS INDUSTRIALES

CANT	DESCRIPCION	COSTO UNIT US DOLAR	COSTO TOTAL US DOLAR
1	CELDA FLASH	19.500,00	19.500,00
	Confección estructuras - materiales	650,00	650,00
	Montaje	400,00	400,00
2	BOMBAS HORIZONTAL 3" x 3"	3.700,00	7.400,00
	Confección Cajones - Duplex	1.800,00	1.800,00
	Montaje	65,00	130,00
2	BOMBAS HORIZONTAL 1.5" x 1.25"	2.500,00	5.000,00
	Confección Cajones - Duplex	1.800,00	1.800,00
	Montaje	65,00	130,00
	TUBERIAS	1.000,00	1.000,00
	Instalación de tuberías para alimentación a la Celda	90,00	90,00
	Instalación de tubería descarga de la celda (relave)	110,00	110,00
	Instalación de tubería para el concentrado	140,00	140,00
1	MUESTREADOR DE CABEZA	2.000,00	2000,00
	Revisión y mantenimiento del muestreador	70,00	70,00
	Construcción de base para el muestreador	60,00	60,00
	Confección del cajón para recepción de pulpa	260,00	260,00
	Modificación de la línea del Over Flow del ciclón D 15	150,00	150,00
	Materiales	600,00	600,00
	AGUA		
	Instalación de líneas para los sellos de las bombas	120,00	120,00
	Instalación de líneas para alimentar agua a la celda	120,00	120,00
	ENERGIA		
	Instalación eléctrica para las celda Flash	90,00	90,00
	Instalación eléctrica para las bombas	60,00	60,00
	Instalación eléctrica para el muestreador de cabeza.	40,00	40,00
	SUB TOTAL	35.390,00	41.720,00
	CONTINGENCIAS 10 %		4.172,00
	TOTAL SIN IG		45.892,00
	TOTAL CON 19 % IG		54.611,48

Figura N°23

10 EVALUACION Y SIMULACION ECONOMICA

10.1 EVALUACION ECONOMICA

Figura N°24

EVALUACIÓN ECONÓMICA

			Estandar	Estandar + Flot. Flash	
Cabeza	Ag	g/t	390,00	390,00	
	Au	g/t	3,80	3,80	
	Peso	t/día	780,00	780,00	
Finos	Ag	oz/día	9780	9780	
	Au	oz/día	95,3	95,3	
Recuperación	Ag	%	89,4	92,0	
	Au	%	85,8	95,1	
Concentrado	Ag	Kg/t	34,87	35,87	
	Au	g/t	326,04	361,27	
	Peso seco	t/día	7,8	7,8	
	%Humedad		18	18	
Ratio			100	100	
Precios	Ag	\$/oz	7	7	
	Au	\$/oz	500	500	
Descuentos de Ley	Ag	%	3	3	
	Au	%	4	4	
Producción	Bruto	oz Ag	8744	8995	
		oz Au	82	91	
	Neto	oz Ag	8481	8725	
		oz Au	78	87	
	Valor	\$ Ag	59369	61075	
		\$ Au	39246	43486	
		Total Venta	\$/día	98615	104562
	Costo Transporte		\$/t h	71	71
Total Transp.		\$/día	675	675	
Maquila		\$/t	107	107	
	Total Maquila	\$/día	835	835	
Costo de Refinación	\$0.3/oz Ag		2623	2698	
	\$6/oz Au		491	544	
		\$/día	3114	3242	
Flujo de caja	Total Venta	\$/día	98615	104562	
	Total Transp.	\$/día	675	675	
	Total Maquila	\$/día	835	835	
	Total Costo Refinac	\$/día	3114	3242	
	Total	\$/día	93991	99810	
	Total	\$/tconc	12050	12796	
		\$/tmin	120,50	127,96	

10.2 SIMULACION ECONOMICA

SIMULACION ECONOMICA

			Estandar	Estandar y Rec. Au(+1%)	Estandar y Rec. Au(+2%)	Estandar y Rec. Au(+3%)
Cabeza	Ag	g/t	390.00	390.00	390.00	390.00
	Au	g/t	3.80	3.80	3.80	3.80
	Peso	t/día	780.00	780.00	780.00	780.00
Finos	Ag	oz/día	9780	9780	9780	9780
	Au	oz/día	95.3	95.3	95.3	95.3
Recuperación	Ag	%	89.4	89.4	89.4	89.4
	Au	%	85.8	86.8	87.8	88.8
Concentrado	Ag	Kg/t	34.87	34.87	34.87	34.87
	Au	g/t	326.04	329.84	333.64	337.44
	Peso seco	t/día	7.8	7.8	7.8	7.8
	%Humedad		18	18	18	18
Ratio			100	100	100	100
Cotización	Ag	\$/oz	10	10	10	10
	Au	\$/oz	600	600	600	600
Descuentos	Ag	%	3	3	3	3
	Au	%	4	4	4	4
Producción	Bruto	oz Ag	8744	8744	8744	8744
		oz Au	82	83	84	85
	Neto	oz Ag	8481	8481	8481	8481
		oz Au	78	79	80	81
	Valor	\$ Ag	84812	84812	84812	84812
		\$ Au	47095	47644	48193	48742
	Total Venta	\$/día	131908	132457	133006	133555
Costo Transporte		\$/t h	71	71	71	71
	Total Transp.	\$/día	675	675	675	675
Maquila		\$/t	107	107	107	107
	Total Maquila	\$/día	835	835	835	835
Costo de Refinación	\$0.3 / oz Ag		2623	2623	2623	2623
	\$6 / oz Au		491	496	502	508
		\$/día	3114	3119	3125	3131
Flujo de caja	Total Venta	\$/día	131908	132457	133006	133555
	Total Transp.	\$/día	675	675	675	675
	Total Maquila	\$/día	835	835	835	835
	Total Costo Refinación	\$/día	3114	3119	3125	3131
	Total	\$/día	127284	127828	128371	128914
	Total	\$/t cc	16319	16388	16458	16527
		\$/t min	163.19	163.88	164.58	165.27

Figura N°25

11.0 DISCUSION DE RESULTADOS

1. Las recuperaciones de oro y plata obtenidas en las pruebas metalúrgicas a escala de laboratorio no siempre son reflejados en los resultados a nivel industrial, por una serie de factores mineralógicos, concentraciones recirculantes de oro y plata en los hidrociclones.
2. La implementación de un proceso que recupere este oro y plata recirculante; incrementaría la recuperación de oro que se esta obteniendo actualmente. Para ello existen 2 procesos probados: la Flotación Flash y la Gravimetría mediante un concentrador centrífugo (Falcón).
3. La flotación Flash solo ha sido probado a nivel de laboratorio, obteniendo recuperaciones de 93.1% de este oro que recircula, el cual es un resultado muy superior a la gravimetría de 27.55% del oro recirculante, la siguiente etapa es mediante una prueba piloto de la Flotación Flash para confirmar el resultado obtenido a nivel de laboratorio. Debido a que no se cuenta con la celda de pilotaje; para estimar este incremento se realizo un programa de simulación matemática con el método de recuperaciones parciales para predecir su efecto.
4. La predicción de la recuperación por recuperación flash en circuitos de molienda es una tarea de naturaleza compleja, sin embargo el problema puede plantearse en términos de variables mas simples que pueden ser evaluadas en laboratorio o medidas en planta para luego ser modeladas con el fin de predecir con precisión aceptable los beneficios económicos de esta opción.
5. El objetivo del modelamiento fue desarrollar un modelo integrado para simular la interacción de la flotación flash con el circuito cerrado de molienda y predecir el efecto de los cambios con el desempeño del circuito. Finalmente, el resultado deseado es poder predecir el desempeño del circuito de flotación con o sin la celda de flotación flash.
6. La instalación de celdas de flotación flash puede aumentar dramáticamente la eficiencia de flotación y la recuperación total del oro, con un rápido retorno de inversión. Siendo este muy fácil de operar, requiriendo un mantenimiento mínimo y una logística muy elemental. Para el óptimo desempeño de este circuito es necesaria una operación totalmente automatizada.
7. El costo total de instalación de un circuito de flotación flash, seria de 54 611 US\$, lo cual se paga con tan solo el 1% de mejora en la recuperación de oro durante 3.5 meses. Se espera una mejora mayor del 2% de recuperación de oro. La simulación determino un incremento de hasta 92% en plata y a 95.1 en oro, dependiendo de la carga circulante del oro. El modelo representa con mucha precisión el circuito de molienda y el circuito de flotación flash de la planta bajo condiciones normales de operación y equilibrio.

8. El oro recuperable por gravedad se encuentra en diferentes tamaños y en diferentes depósitos aluviales de roca dura. Debido a este criterio la flotación flash es una operación unitaria importante dentro de muchos circuitos de molienda. Resultando en una buena oportunidad para recuperar el mineral valioso lo más pronto posible dentro del proceso de la planta. Esto previene que el mineral valioso recircule en la carga del molino, reduciendo la ocurrencia de la sobremolienda. La sobremolienda pone una limitación significativa en la recuperación, porque causa la producción de ultrafinos valiosos que son difíciles de recuperar por flotación.
9. La única desventaja de este proceso es el exceso de mineral arcilloso, debido al incremento de la viscosidad generando dificultades para producir una espuma estable, situación que no ha de presentarse en este mineral por tener altos niveles de cuarzo. En cuanto a la recuperación de oro del proyecto, creemos que este, ha llegado a su límite debido a que el oro se esta sobremoliendo, de acuerdo al análisis valorado del relave indicado en la distribución; el oro se encuentra por encima del 35% en tamaños menores a 37 micras. Este oro ya liberado no sale por el rebose de los hidrociclones secundarios, debido su alto peso específico; sino que recircula y se vuelve a remoler, ello queda demostrado por las altas leyes de oro entre 20 a 40 g/t (dependiendo de la ley de cabeza) en las descarga de los hidrociclones secundarios.
10. La mina peruana de Consorcio Minera Horizonte también ha puesto en marcha un circuito de flotación flash después de los jig. Actualmente esta recuperando un promedio de 70% con la celda de flotación flash, es decir un 30% de oro por encima de los 30 a 40% de recuperación de oro grueso recuperado por los jig.
11. El principio metalúrgico básico es : “ Recuperar el oro de su estado natural en la primera oportunidad posible, antes que se rompa, aplane, empaste, enrolle, contamine o se convierta parte de una solución química”.
12. La flotación flash es un proceso que esta siendo incluido en muchas plantas de procesamiento de mineral como parte del circuito de molienda. Muchos de los minerales valiosos son liberados a menudo en los tamaños gruesos, sin embargo, estas partículas recirculan en el circuito de molienda con altas cargas circulante en las arenas del ciclón. Además, los minerales de alta densidad son clasificados a las arenas del ciclón a pesar de ser de un tamaño muy fino. Esto conlleva a una sobremolienda y dificulta la recuperación de los valores finos por flotación.

La flotación flash es usada para remover las partículas gruesas fácilmente flotables, las cuales son removidas lo más pronto posible para prevenir la sobremolienda.

13. Los concentrados finales de alta ley, son recuperados en una sola etapa llamada flotación Flash. Debido a que la flotación Flash recupera una considerable cantidad de minerales valiosos, los volúmenes de las celdas de flotación serán de menor dimensión o se puede ganar una capacidad extra en el circuito de flotación.
14. La celda de flotación Flash se alimenta por el underflow del ciclón en un circuito de molienda cerrado. El flujo de alimentación representa la distribución óptima del tamaño de partícula del mineral valioso y ganga para la cinética de flotación, selectividad y calidad. La celda de flotación flash trata la carga circulante del molino, y por consiguiente optimiza la eficiencia del molino y del clasificador del hidrociclón. Estableciendo una simulación en la computadora del circuito cerrado de molienda con la flotación flash, y la estimación de la interacción de la flotación flash con la molienda.
15. Las consideraciones técnicas necesarias es la detección del oro visible y grueso; cuando las pruebas metalúrgicas han confirmado la presencia de oro libre en circuitos de flotación, cuando los informes de ensayos metalúrgicos de muestreos en las colas finales de flotación dan picos ocasionales, cuando se ha detectado una alta carga circulante de oro en las arenas de los ciclones, cuando durante la limpieza y mantenimiento, se ha detectado oro libre acumulado en los sumideros, paredes interiores y bolas de los molinos, tuberías, codos, acoples, etc y cuando el mineral no es refractario, ni esta encapsulado.
16. El oro se comporta de una manera muy diferente al resto de los minerales, puesto que tiende a acumularse en los circuitos de molienda, lo cual puede resultar en:
 - Elevadas pérdidas debido a una excesiva molienda.
 - Dificultades en la estimación de la ley de cabeza.
 - Alto inventario de Oro.
 - Problemas de seguridad.
- 17 La reducción de tamaño de las partículas de oro es entre seis y veinte veces más lenta que la de los minerales que la acompañan, debido principalmente a su maleabilidad. Esto ocasiona que las partículas de oro cambien varias veces de forma antes de producirse la partición de la partícula.
- 18 La maleabilidad del oro fomenta la interacción entre partículas de oro, las partículas de ganga y los medios moledores. Minerales mas duros son incrustados en los minerales de oro y las partículas de oro son impregnados sobre la superficie de partículas de ganga y medios moledores.
- 19 La primera y más importante consecuencia de este comportamiento anterior es que la recuperación del oro se facilita significativamente dentro de los circuitos de molienda, la formación de altas cargas circulantes. Particularmente interesantes son entonces las

arenas de los ciclones de clasificación y la descarga de los molinos secundarios. Una ventaja adicional es que estos flujos no necesitan ser tratados en su totalidad en virtud de la carga circulante y basta con tratar una porción del flujo total para obtener recuperaciones adecuadas.

- 20 Altas pérdidas, cuantificables en miles de onzas por año, sumado al hecho de que el contenido de oro en las arenas de los ciclones son considerablemente mayor que el rebose de los ciclones son excelentes indicadores de que pruebas adicionales deben ser realizadas con el fin de determinar el verdadero potencial.
- 21 El oro libre exhibe características excelentes en la flotación. Ello se debe a que las partículas laminadas de oro se unen generalmente más fácilmente a las burbujas de aire, y tienen un excelente ángulo del contacto, y la extensión de la superficie del área de contacto, y también porque los bordes aserrados permiten la penetración fácil de la película del líquido alrededor de la burbuja de aire.
- 22 Los hidrociclones, no solamente clasifican por tamaño sino también por masa, y que los minerales y metales más pesados tales como oro, aunque estuvieran clasificados suficientemente seguirían siendo recirculadas hasta ser virtualmente sobremolidas. En este caso el oro libre, de partículas menores de 25 micrones recirculaban hasta 88-90%. Esto conduciría a una corriente enriquecida del under flow del ciclón con grados significativamente más altos que la alimentación fresca de la planta, con valores del metal significativos en la fracción de los tamaños de la partícula ideal para la flotación.
- 23 El under flow del ciclón constituye el material ideal para la alimentación de la flotación, el tamaño de partícula ideal y con pocas partículas finas, incrementando la cinética de flotación. La máquina de la celda de flotación flash de Outokumpu SkimAir tiene un especial propósito, pues se constituye para manejar partículas gruesas y densidades altas de pulpa del Under Flow del ciclón en un circuito de molienda. Los tiempos cortos de retención con algunos pocos minutos, se utilizan para las velocidades altas de cinética en contraste con la cinética de las gangas, para producir un concentrado final de alta ley y recuperaciones moderadas, típicamente entre el 40 y 60% del grado de alimentación fresca de la planta.
- 24 Las recuperaciones adicionales de 2 y 5% se reportan típicamente. Otras ventajas consideradas típicamente son la disminución del consumo de reactivo, mejora del espesamiento y eficiencia de los filtros reduciendo la humedad del cake y estabilizando las corrientes del circuito de flotación de la planta.
- 25 La acción natural de clasificación dentro de la máquina de flotación SkimAir promueve la flotación de las zonas superiores de la celda. La presencia del medio líquido facilita la dispersión del aire de la flotación y crea un paso menos obstáculo hacia arriba para los

agregados de partícula/burbuja. La dilución con agua de la alimentación a la celda Flash es por lo tanto necesaria ocasionalmente, para promover la cinética de la flotación. Esto conduce típicamente a una situación en la cual un equilibrio, tiene que ser encontrado por las operaciones entre el incremento de la recuperación y la pérdida del rendimiento de procesamiento debido a la dilución de la alimentación al molino.

- 26 La mayor diferencia de diseño entre la celda de flotación flash SkimAir y las celdas convencionales de flotación es la descarga cónica. La descarga del fondo y la posición de la entrada fueron diseñadas para manejar el material extremadamente grueso en la alimentación a la celda de flotación flash. Este material grueso es bypassado directamente a la descarga del fondo. Esto previene que el material interfiera con la flotación, donde pudiera llevar a una densidad de pulpa muy alta en la celda e impedir que las partículas suban a la superficie.
- 27 La descarga máxima es de una densidad baja de pulpa entre (40–50% sólidos) comparado a la descarga del fondo (60–70% sólidos) y a veces es desviada a la descarga del molino. La descarga del fondo de la celda flash se usa como alimentación al molino de bolas. En la celda, hay un perfil de densidad de pulpa distinto, donde la densidad aumenta con la profundidad de la celda. En este modo el circuito puede cubrirse de los requerimientos diferentes de agua en la molienda y flotación flash.
- 28 Los modelos de cada proceso unitario pueden ser integrados con iteraciones de la unidad para integrarse y estudiar el mejor desempeño de los modelos. Esto habilitará un circuito cerrado de molienda para ser simulado fijamente con o sin la inclusión de la celda flash, con el fin de determinar el efecto de la flotación flash sobre el desempeño del molino. El desempeño del molino puede observarse en términos de la carga circulante, flujo del concentrado flash, la eficiencia de clasificación y tamaño de corte del hidrociclón.
- 29 La producción del 20 a 30% del concentrado final en una sola etapa como producto de alta ley de oro, disminuye la ley de cabeza de oro a la planta convencional. El resultado sería una mejora en eficiencia para el resto del circuito.
- 30 Una captura del oro y plata mientras se encuentre grueso resultará en una disminución en la pérdida de oro en las lamas.
- 31 Las Concentradoras centrífugas Knelson y Falcón son otras tecnologías establecidas en el área de concentración de oro grueso en el circuito de molienda. Problemas con esta tecnología comparada con flotación flash incluyen lo siguiente:
 - Tienen mayor costo que la flotación flash
 - Requieren mayor mantenimiento
 - Afectan seriamente el balance de agua, por su alto consumo de agua.

- Se necesita la instalación de una malla para sacar los gruesos de la alimentación.
 - Concentran acero de la molienda, lo cual diluye la ley del concentrado.
 - Producen concentrados en batch, lo cual es más difícil de contabilizar con muestreadores continuos automáticos.
- 32 El hidrociclón tiene muchos beneficios comparado con la clasificación por malla, pero todavía no es un equipo perfecto. La clasificación de partículas hacia el rebose o las arenas del ciclón depende de la resistencia del flujo de la partícula en el agua o pulpa. Por la ley de Stoke, una partícula sedimenta en agua no solo por su diámetro, sino también por su densidad y por su forma.
- 33 Las curvas de la ley de Stoke demuestran que una partícula de 0.02 mm de diámetro con la densidad de oro (GE 19) puede sedimentar tan rápido como una partícula de 0.4 mm de diámetro con la densidad de cuarzo (GE 2.8).
- 34 Entonces, aunque >>90% del mineral es cuarzo y tiene una molienda de $p_{80} = 125 \mu\text{m}$, el P80 del oro puede estar en tamaños menores a $10 \mu\text{m}$.
- 35 En realidad el oro es muy maleable y tiene dos características que se presentan en el rebose:
- Tiene la tendencia de pegarse a otras partículas formando una mancha en la ganga gruesa;
 - Tiene la tendencia de formar planos y discos los cuales aumentan la resistencia de sedimentación en el agua y que luego pasan al rebose.
- En ambos casos la buena recuperación de oro por flotación es difícil.
- 36 De acuerdo grafico N°5, se observa una baja eficiencia de clasificación del mineral en general con una carga circulante muy alta. Aunque el 30% del peso de mineral en la cabeza del ciclón reporta al rebose, solo el 7.3% del oro y el 23.2% de la plata se reporta al rebose. El resto vuelve al molino para molerse mas fino. También se nota la acumulación de oro y plata desde las mallas gruesas hasta las más finas.
- 37 El corte D-50 para el clasificador D-10 es de 8.6 micras, razón por la cual se confirma la presencia de oro grueso. En la malla 100 la recuperación del oro hacia el over flow es de 0.6% y en la malla -400 es de 36.6%. Para el caso de la plata, también por su alto peso específico, en la malla 100 y – malla 400 se recupera 3.4% y 51% respectivamente en el over flow. Ello se debe también a la mayor presencia de kustelita indicado en el informe mineralógico.
- 38 El corte D-50 en el clasificador D-15, es de 13 micras, este valor es ligeramente mayor que el hidrociclón anterior, confirmando de igual manera la presencia de oro grueso. Para el caso del oro la recuperación en la malla 100 es de 2.3% y en la malla -400 es 49.4%. Para la plata en la malla 100 se recupera 10.4% y en la malla -400 58.6%, en el

- over flow. Asimismo observamos que aunque el 32.73% del mineral en porcentaje en peso se reporta al over flow, solo una mínima cantidad de oro y plata es enviada al over flow. Concluyendo que la diferencia es lo que se sobremuele en el molino, y disminuyendo en este caso la capacidad del molino.
- 39 Si evaluamos el incremento del oro en el hidrociclón D-10 desde 4.14 a 24.13 g/t, el ratio de incremento corresponde a 5.83; y para el caso del hidrociclón D-15 el incremento de 4.18 a 24.86, similarmente indica un ratio de 5.95; ambos ratios se encuentran dentro de la recomendación de Outokumpu, en el caso siguiente: Arenas (Au g/t) > 5 x Rebose (Au g/t), se recomienda instalar una planta piloto con una celda de flotación flash pequeño para estudiar resultados.
- 40 Uno de los factores más importantes después de la química de flotación es la granulometría del mineral. Las partículas gruesas tienen menos grado de liberación entre ganga y metales preciosos. La baja liberación reduce el área de contacto entre los minerales preciosos y el agua, lo cual implica la disminución en la recuperación del proceso. También en caso de que la partícula esté recuperada, la ganga asociada va a diluir la ley del concentrado. Un exceso de partículas no liberadas pueden formar cargas circulantes entre las etapas de Scavenger y Limpieza, disminuyendo el tiempo de retención de las celdas para la buena flotación de partículas liberadas, bajando la recuperación aun más.
- 41 En el caso de un exceso de molienda, las partículas finas también pueden causar problemas en la flotación. Un exceso de lamas en general puede resultar en un aumento de la viscosidad de la pulpa, lo cual aumenta la interacción de la ganga al concentrado con el agua de la espuma, reduciendo la dispersión de los reactivos y las burbujas. Un exceso de lamas de las partículas de metales preciosos no afectara la viscosidad, pero las partículas serán difíciles de separar de la ganga.
- 42 De acuerdo al análisis valorado de la cabeza, concentrado y relave, observamos una diferencia entre la recuperación de los gruesos comparado con los finos. Esta diferencia grande como numero puede ser engañoso cuando se considera que el porcentaje de peso y la ley del metal en las fracciones gruesas son mucho menores que las leyes y pesos de las lamas. Aunque el porcentaje de recuperación de los finos parece alta, no esta considerando que hay una alta concentración de metales preciosos en esta fracción y entonces las perdidas representadas en la ley mas alta de los relaves de las lamas.
- 43 En el análisis valorado de la cabeza el 50.35% del oro y 61.05% de la plata se ve representado en la malla -400. Y en el relave la plata disminuye a 39.85% y en el oro se incrementa ligeramente a 51.76%, indicándonos una baja de eficiencia en el

desplazamiento de los valores de oro producto de la recirculación de las etapas de Scavenger y Limpiezas. Ello también queda evidenciado en la distribución de 63.92% de la plata y 49.06% en el análisis valorado del concentrado.

- 44 La baja recuperación del oro y la plata en la malla 100 con 40.5% y 29.8% respectivamente, nos indican que esta malla no es la óptima para una buena eficiencia de flotación, observando que la óptima malla de flotación se da entre 37 y 53 micras, con recuperaciones de 93.2% de oro y 91.2% de plata. Pero en los tamaños menores a 37 micras la recuperación disminuye a 77.4% en oro y 88.1% en plata, producto de los metales preciosos perdidos en las lamas por sobremolienda de minerales densos.
- 45 La evaluación del impacto económico de la recuperación flash, lleva consigo el incremento de la selectividad, incremento del ratio de concentración, con porcentajes de peso menores al 1%, y necesariamente no están liberados por estar presente en partículas grandes.
- 46 Cerca del 99% del GRG se reporta al Under Flow, por debajo de 25 micrones. Las partículas de 75 micrones recircularan entre 50 y 100 veces el circuito de molienda. Solo una parte de esta carga circulante es necesaria para la flotación flash, y cuando el GRG grueso se muele y acumule como fino GRG, la recuperación fina de oro se hace más importante.
- 47 Los minerales metálicos observados en la cabeza son: **calcopirita, esfalerita, galena, sulfosales de plata, oro nativo, arsenopirita, limonitas y pirita.**

La **calcopirita** se presenta como pequeños granos subredondeados, mayormente asociados con cobre gris o diseminado dentro de las gangas.

La **esfalerita** es sumamente escasa y puede encontrarse como partículas libres o formando intercrecimientos de geometría simple con las gangas.

La **galena** se presenta como pequeñas partículas libres o asociadas con la **pirita** y/o con las gangas.

Las **sulfosales de plata** se presentan como partículas de tamaño fino; suelen ocurrir como inclusiones dentro de las gangas o bien asociadas con **calcopirita** y/o con **oro nativo** (electrum).

La **arsenopirita** es bastante escasa; ocurre generalmente como pequeños cristales aislados, libres o diseminados dentro de las gangas.

La **pirita** es el sulfuro más abundante. Una parte se presenta como partículas libres en granos subhedrales de variado tamaño muchos de los cuales contienen finas inclusiones de otros sulfuros. También forma partículas mixtas con los otros sulfuros y/o con las gangas. Una parte de la pirita forma ensambles de geometría compleja con la **marcasita**

que aparentemente la corroe y otra parte se presenta parcial hasta totalmente reemplazada por **limonitas**.

- 48 Los sulfuros son notoriamente escasos en la cabeza y, con cierta excepción de la pirita, se presentan normalmente en granos muy finos e incluso como diseminaciones de difícil identificación dentro de las gangas (es probable que haya incluso diseminaciones submicroscópicas). La arsenopirita, que ha sido registrada dentro de las piritas, es sumamente escasa.
- 49 Es evidente que la ley de plata de la cabeza está mayormente ligada a las sulfosales de plata, el zinc a la esfalerita y el plomo a la galena; lo que resulta importante destacar es la relativa abundancia de cobre, que ocurre como calcopirita pero también como sulfuros secundarios de cobre. En cuanto al oro, los probables portadores directos serían la pirita y las limonitas (que son relativamente abundantes); entre los portadores indirectos, es probable que las sulfosales de plata contengan algo de oro en solución sólida. No se descarta la posible ocurrencia de minerales portadores de Au y/o Ag como inclusiones submicroscópicas dentro de algunas gangas.
- 50 Los minerales metálicos observados en el concentrado son: **oro nativo, cobre gris, calcopirita, esfalerita, galena, sulfosales de plata, sulfuros secundarios de cobre, limonitas, marcasita, arsenopirita y pirita.**

El **oro nativo** se presenta escasamente; unas veces ocurre como **electrum** (oro argentífero) otras veces como **kustelita** (plata aurífera), mayormente en forma de partículas libres.

El **cobre gris** es también escaso y suele ocurrir como partículas libres de tamaño fino; ocasionalmente aparece asociado a las gangas.

La **calcopirita** es el segundo sulfuro mas abundante después de la pirita. Aparece preferentemente con tamaño de grano muy fino; unas veces está como partículas libres pero muy frecuentemente forma amarres complicados, especialmente con **pirita** o **sulfosales de plata**.

La **esfalerita** es escasa y se presenta mayormente libre; ocasionalmente forma enlaces simples con **pirita** y/o gangas.

La **galena** es también escasa y ocurre mayormente libre; las pocas partículas mixtas son mayormente de los tipos **galena/pirita** o **galena/gangas**.

Las **sulfosales de plata** son algo abundantes. Una parte ocurre libre pero también suele formar amarres, especialmente con **calcopirita, pirita, sulfuros secundarios de cobre** y/o gangas.

Los **sulfuros secundarios de cobre** son también algo abundantes y consisten esencialmente de **calcosita**, con menor proporción de **bornita, digenita y covelita**.

Frecuentemente aparecen asociados con **calcopirita** o como finas inclusiones dentro de **pirita**.

Las **limonitas** son moderadamente abundantes; ocurren libres o asociadas a **pirita** a la cual reemplazan parcial hasta totalmente.

La **arsenopirita** se presenta mayormente libre y en granos de tamaño muy fino; mientras que la **marcasita** suele ocurrir asociada a la **pirita** a la cual reemplaza o bien como agregados fibrosos dentro de las gangas.

La **pirita** es abundante y mayormente ocurre libre; algunas veces ocurre asociada con las limonitas que la corroen o bien contiene finas inclusiones de otros sulfuros.

- 51 Los resultados obtenidos en el concentrado indican que los valores de plata están contenidos en el cobre gris y en las sulfosales de plata, mientras que para el oro el portador principal parece ser la pirita aunque hay también ocurrencia de oro nativo (electrum y/o kustelita) especialmente en tamaños extremadamente finos.

Es notable la elevada cantidad de gangas presentes, especialmente como partículas libres.

- 52 Los minerales metálicos presentes en el relave son sumamente escasos y sólo se observan: **esfalerita, limonitas y pirita**.

Los sulfuros ocurren como pequeños granos, bien en forma de partículas libres o como muy finas diseminaciones dentro de las gangas. Las limonitas se presentan solas o acompañando a pirita, a la cual reemplazan parcial hasta totalmente.

- 53 Los resultados obtenidos indican que los valores de Au y Ag que escapan en el relave estarían probablemente asociados a la pirita y/o a las limonitas que, aunque son muy escasas, ocurren tanto en forma de partículas libres como en forma de diseminaciones dentro de las gangas.

- 54 Los minerales opacos observados en el concentrado Flash son: **cobre gris, calcopirita, cobre nativo, electrum (oro nativo argentífero), esfalerita, galena, plata nativa, sulfosales de plata, sulfuros secundarios de cobre, arsenopirita, marcasita y pirita**.

El **cobre gris** es muy escaso; usualmente ocurre como partículas libres, especialmente en las fracciones por debajo de malla 100.

La **calcopirita**, ocurre muchas veces libre, en granos de tamaño variado; también aparece ocasionalmente asociada, especialmente con sulfuros secundarios, esfalerita y/o con pirita.

El **cobre nativo** y la **plata nativa** ocurren con relativa frecuencia, especialmente en las fracciones gruesas e intermedias. Se presentan como laminillas o placas de bordes irregulares, generalmente con tamaños >30 micrones y casi siempre como partículas libres.

El **oro nativo** presenta colores amarillos de tono muy pálido y reflectancias muy marcadas, lo cual indica que se trata de variedades con un amplio rango de contenidos de plata, usualmente denominadas **electrum**. Las partículas libres presentan forma de bastoncitos de bordes muy irregulares y tamaños muy variados.

Bajo la forma de partículas mixtas, suele ocurrir como inclusiones subredondeadas, con tamaños < 10 micrones, dentro de calcopirita, sulfosales de plata o pirita.

La **esfalerita** es bastante escasa bajo la forma de partículas libres; usualmente se presenta formando amarres complejos con pirita.

La **galena** es muy escasa y de tamaños mayormente finos; unas veces se presenta libre y otras asociada con sulfuros secundarios de cobre.

La plata nativa casi siempre presenta su superficie muy alterada por el medio ambiente, con colores iridiscentes que afectan su reflectancia normal. Ocurre como plaquitas o laminillas, generalmente libres, en forma de husos y con tamaños relativamente gruesos (generalmente > 30 micrones).

- 55 En lo que se refiere a los minerales de plata en el concentrado de flotación flash se observa que la gran mayoría de los granos observados corresponden a especies del grupo **proustita-pirargirita** (“platas rojas”) pero como no es posible precisar la especie mineralógica propiamente dicha se ha preferido utilizar la denominación genérica “**sulfosales de plata**”.

Los **sulfuros secundarios de cobre** incluyen esencialmente las especies **calcosita** y **covelita**. Se presentan con gran variedad de tamaños; unas veces ocurren como partículas libres y otras veces forman partículas mixtas con los otros sulfuros y/o con las gangas, a todos los cuales reemplazan claramente. .

La **arsenopirita** se presenta unas veces libres y otras asociadas con pirita, gangas o venillas de marcasita, la cual la reemplaza claramente.

La **marcasita** se presenta generalmente como placas alargadas y aguzadas que corroen a la pirita o a arsenopirita.

La **pirita** es abundante. La gran mayoría de granos se presentan en forma de partículas libres de variado tamaño. Los ensambles mas importantes y difíciles de liberar son los que forma con **calcopirita** o con **esfalerita**; en muchos casos se observa granos de pirita con finas inclusiones de **esfalerita**, **sulfosales de plata** y, menos frecuentemente, de **electrum**.

- 56 La pirita es el sulfuro mas abundante en el concentrado flash, mientras que las gangas presentan abundancia moderada. En el caso del oro, se observa finas inclusiones de **electrum** especialmente dentro de calcopirita, sulfosales de plata y pirita.

La pirita ha sido eficientemente captada. Sin embargo, en la fracción de malla -400 hay una clara disminución de la proporción de pirita con relación a los otros sulfuros; también se observa un fuerte incremento de las gangas.

- 57 Se aprecia en el hidrociclón D-10 un retorno (CC) de 1269% Au y de 312% Ag, la cual es muy alto en el caso del oro, comparado con el mineral de 218%. La recuperación tanto de mineral, oro y plata en el over flow se incrementa a menores tamaños de partículas.
- 58 Se aprecia en el hidrociclón D-15 un retorno (CC) de 1223% Au y de 262% Ag, la cual es muy alto en el caso del oro, comparado con el mineral de 206%. De manera similar con respecto al hidrociclón D-10 la recuperación tanto de mineral, oro y plata en el over flow se incrementa a menores tamaños de partículas. Este exceso es lo que se estaría sobremoliendo.
- 59 De acuerdo al análisis valorado del concentrado Flash en las Arenas del clasificador D-10, la mayor distribución de oro se halla entre las mallas +100 y +270 con 91.5%; con el mayor contenido de ley 2251.54 g/t de oro, en la malla -100 a +270 (37 a 53 micrones). La mayor distribución de plata se reporta en la malla -100 a +270 con 50.3%, con el mayor contenido de plata de 31590.3 g/t en la malla -270 (menor a 37 micrones). Debido a que no existe una secuencia estándar en la flotación Flash, de acuerdo a los 2 análisis anteriores, a priori podríamos escoger la muestra de las arenas del clasificador D-10, pero para ello es necesario confirmar mediante pruebas de laboratorio.
- 60 La prueba N°1 de flotación flash en las arenas del hidrociclón D-15, fue realizado simulando un equipo a nivel industrial con 45% de sólidos y 100% -m30. Los reactivos usados fueron el Z-6 40 g/t, A-404 35 g/t, A-208 20 g/t y MIBC 44 g/t; a un pH natural de 7.73 y una granulometría de 13.9% -m200. La cinética fue realizada cada 0.5 minutos, con un tiempo total de 2 minutos. Los resultados indicaron una recuperación de 48.8% de plata y 58.97% de oro al 0.5 minuto de flotación, con un concentrado de 20728,31 g/t Ag y 1243.50 g/t Au, al 0.5 minuto la burbuja mineralizada se agota, tornándose luego de un color crema lechoso. La recuperación acumulada de plata fue de 68.75% y de oro 86.38%, con un concentrado final de 15166.8 Ag y 882.9 g/t Au; con una cabeza inicial de 570.44 g/t Ag y 28.34 g/t Au.
- 61 Asimismo se evaluó el análisis valorado del concentrado flash con muestra de las Arenas del hidrociclón D-15, obteniendo la mayor distribución de oro entre las mallas -100 y +270 con 47.1%; con el mayor contenido de ley 1724.69 g/t de oro, en la malla -100 a +270 (53 a 150 micrones). La mayor distribución de plata se reporta en la malla -270 con 46.7%, con el mayor contenido de plata de 22693.1 g/t en la malla -100 a +270 (53 a 150 micrones).

- 62 El análisis valorado del relave flash con la muestra anterior, indico una mayor distribución de plata 60.70% y oro 45.76% en la malla +100 (mayor a 150 micras), con leyes de 175.11 g/t Ag y 2.09 g/t Au. La menor distribución se hallo entre la malla -200 y +270 con 2.99% de plata y 2.54% de oro, con una ley de 69.05 g/t Ag y 0.93 g/t Au.
- 63 La prueba N°2, de flotación flash en el rebose del hidrociclón D-15, fue realizado simulando un equipo a nivel industrial con 45% de sólidos y 100% -m30. Se le realizo una molienda de 10 minutos para llevarlo a una granulometría de 61% -m200. Los reactivos usados fueron el Z-6 40 g/t, A-404 30 g/t, A-208 20 g/t y MIBC 30 g/t; a un pH natural de 7.00. Los resultados indicaron una recuperación de 78.1% de plata y 72.00% de oro al cabo de 2 minutos de flotación, con un concentrado de 3264.31 g/t Ag y 29.43 g/t Au, la burbuja mineralizada se presenta con espumas estables, tornándose luego después del minuto un color blanco lechoso; con una cabeza inicial de 334.05 g/t Ag y 3.26 g/t Au.
- 64 La prueba N°3, de flotación flash en el rebose del hidrociclón D-15, fue realizado simulando un equipo a nivel industrial con 45% de sólidos y 100% -m30. Se le realizo una remolienda de 5 minutos al relave de la flotación flash N°1, para llevarlo a una granulometría de 51% -m200; y se floto durante 2 minutos, para evaluar el efecto de la remolienda posterior. Los reactivos usados fueron el Z-6 40 g/t, A-404 30 g/t, A-208 20 g/t y MIBC 30 g/t; a un pH natural de 7.00. Los resultados indicaron una recuperación de 68.8% de plata y 60.7% de oro al cabo de los 2 primeros minutos de flotación denominado concentrado de Flash N°1, y un adicional de 18.8% de plata y 20.6% de oro, con el concentrado flash N°2, haciendo un total de 87.5% en la recuperación de plata y 81.2% en la recuperación final de oro; con un concentrado total de 2147.7 g/t Ag y 20.64 g/t Au, con una cabeza inicial de 331.56 g/t Ag y 3.44 g/t Au. Con estos resultados se descarto la molienda inicial en el rebose del hidrociclón D-15
- 65 Asimismo se evaluó el análisis valorado del concentrado flash N°1 y N°2, con muestra del rebose del hidrociclón D-15, obteniendo la mayor distribución de oro en las mallas -270 (menor a 53 micras), en el concentrado Flash N°1 con 69.51% y 55.61% de plata y oro respectivamente, con una ley de 4827.26 g/t Ag y 35.29 g/t Au. En el concentrado N°2 la mayor distribución tambien fue en las mallas -270 (menor a 53 micras) con 66.47% y 58.91% de plata y oro respectivamente, con una ley de concentrado de 603.72 g/t Ag y 6.07 g/t Au.
- 66 El análisis valorado del relave flash con la muestra anterior, indico una mayor distribución de plata 65.11% y oro 62.17% en la malla +200 (mayor a 74 micras), con leyes de 62.52 g/t Ag y 0.93 g/t Au. La menor distribución se hallo entre la malla -200 y +270 con 6.68% de plata y 8.46% de oro, con una ley de 28.93 g/t Ag y 0.57 g/t Au.

Estos resultados nos llevaron a considerar una etapa de remolienda en la etapa del relave Flash.

- 67 La prueba N°4, de flotación flash en el rebose del hidrociclón D-15, fue realizado simulando un equipo a nivel industrial con 45% de sólidos y 100% -m30. Se le realizó una remolienda de 15 minutos al relave de la flotación flash 1; para llevarlo a una granulometría de 61% -m200; posteriormente se floto durante 2 minutos, para evaluar el efecto de una remolienda mas fina. Los reactivos usados fueron el Z-6 30 g/t, A-404 20 g/t, A-208 20 g/t y Flotanol H53 36 g/t; a un pH natural de 7.65 y en la remolienda se agrego Z-6 20 g/t, A-404 15 g/t, A-208 6 g/t y Flotanol H53 0 g/t; en la etapa de adición de reactivos se evaluó el espumante Flotanol H53 en reemplazo del MIBC. Los resultados indicaron una recuperación de 61.6% de plata y 50.9% de oro al cabo de los 2 primeros minutos de flotación denominado concentrado de Flash N°1, y un adicional de 20.3% de plata y 29% de oro, con el concentrado flash N°2, haciendo un total de 81.9% en la recuperación de plata y 79.9% en la recuperación final de oro; con un concentrado total de 7780.23 g/t Ag y 81.36 g/t Au, con una cabeza inicial de 375.11 g/t Ag y 4.02 g/t Au.
- 68 Debido a la disminución en la recuperación de plata y oro con respecto a la prueba de flotación flash N°3, al cambiar el espumante MIBC, con el flotanol H53, se repitió la prueba anterior con la inclusión del MIBC, y una limpieza de 3 minutos para ambos concentrados flash N°1 y N°2.
- 69 La prueba N°5, de flotación flash en el rebose del hidrociclón D-15, fue realizado simulando un equipo a nivel industrial con 45% de sólidos y 100% -m30. Se le realizó una remolienda de 15 minutos al relave de la flotación flash N°1, para llevarlo a una granulometría de 61% -m200; posteriormente se realizó una etapa de limpieza tanto a la etapa flash N°1 y N°2, sin reactivos y se floto durante 3 minutos. Los reactivos usados fueron el Z-6 35 g/t, A-404 35 g/t, A-208 21 g/t y MIBC 46 g/t; a un pH natural de 7.65. Los resultados indicaron una recuperación parcial en la flotación con limpieza flash N°1 de 68.7% de plata y 65.5% de oro y un adicional de 11.1% en plata y 12.5% en oro en la flotación con limpieza flash N°2, haciendo un total de 79.8% en la recuperación de plata y 78.1% en la recuperación final de oro; con un concentrado total de 57595.28 g/t Ag y 440.12 g/t Au, con una cabeza inicial de 500.46 g/t Ag y 4.60 g/t Au.
- 70 La recirculación del relave en las limpiezas indicaron un total de plata de 2.9% y en oro 3.9%, con una ley de 396.26 g/t Ag y 4.15 g/t Au, lo cual es un indicativo de que es necesario una etapa adicional de limpieza, con un recirculante de 3.6% en peso. Cabe indicar que los resultados de la prueba flash N°5, son los mejores tanto en ley como en recuperación.

- 71 La prueba N°6 de flotación flash en las arenas del hidrociclón D-15, fue realizado simulando un equipo a nivel industrial con 45% de sólidos y 100% -m30. Los reactivos usados fueron el Z-6 40 g/t, A-404 35 g/t, A-208 20 g/t y MIBC 44 g/t; a un pH natural de 7.4 y una granulometría de 13.1% -m200. La cinética fue realizada cada 0.5 minutos, con un tiempo total de 2 minutos. Los resultados indicaron una recuperación de 31% de plata y 44.7% de oro al 0.5 minuto de flotación, con un concentrado de 28184.13 g/t Ag y 1794.69 g/t Au, al 0.5 minuto la burbuja mineralizada se agota, tornándose luego de un color crema lechoso. La recuperación acumulada de plata fue de 71.9% y de oro 93.1%, con un concentrado final de 22598.56 Ag y 1473.49 g/t Au; con una cabeza inicial de 440.11 g/t Ag y 22.16 g/t Au.
- 72 Asimismo se evaluó el análisis valorado del concentrado flash con muestra de las Arenas del hidrociclón D-10, obteniendo la mayor distribución de oro entre las mallas -100 y +270 con 59.3%; con el mayor contenido de ley 2251.54 g/t de oro, en la malla -100 a +270 (53 a 106 micrones). La mayor distribución de plata se reporta en la malla -100 y +270 con 36.1%, con el mayor contenido de plata de 31590.27 g/t en la malla -270 (menor a 53 micrones).
- 73 El análisis valorado del relave flash con la muestra anterior, indico una mayor distribución de plata 17.40% y oro 3.3% en la malla +100 (mayor a 150 micras), con leyes de 147.43 g/t Ag y 1.40 g/t Au. La menor distribución se hallo entre la malla -200 y +270 con 0.9% de plata y 0.2% de oro, con una ley de 79.62 g/t Ag y 1.04 g/t Au. Esta menor distribución indica que la flotación flash tiene mayor performance de flotación entre el rango de tamaños de 53 a 150 micras.
- 74 La prueba N°7, de flotación flash con las arenas del hidrociclón D-10, fue realizado simulando un equipo a nivel industrial con 45% de sólidos y 100% -m30. Los reactivos usados fueron el Z-6 35 g/t, A-404 30 g/t, A-208 20 g/t, MIBC 8 g/t y Flotanol H53 36 g/t; a un pH natural de 7.75 en la etapa de adición de reactivos se evaluó la mezcla del espumante MIBC y Flotanol H53. Los resultados indicaron una recuperación de 69.24% de plata y 88.39% de oro; con un concentrado final de 23428.4 g/t Ag y 922.89 g/t Au, con una cabeza inicial de 495.24 g/t Ag y 15.28 g/t Au.
- 75 De acuerdo a los resultados se confirmo el efecto negativo de la adición del espumante flotanol H53 disminuyendo la recuperación de plata de 71.9% a 69.24%, y en el oro de 93.1% a 88.39%.
- 76 Con el criterio obtenido en la prueba de flotación flash N°5, se realizo una prueba de flotación flash N°8 con muestra de las arenas del hidrociclón D-10, con una etapa de limpieza sin reactivos y se floto durante 1 minuto. Los reactivos usados fueron el Z-6 35 g/t, A-404 35 g/t, A-208 20 g/t y MIBC 44 g/t; a un pH natural de 7.55. Los resultados

indicaron una recuperación de 52.62% en la recuperación de plata y 72.34% en la recuperación final de oro; con un concentrado final de 33402.17 g/t Ag y 1012.82 g/t Au, con una cabeza inicial de 487.20 g/t Ag y 10.75 g/t Au. Estos resultados son muy satisfactorios teniendo en cuenta la baja ley de cabeza de oro. Estos resultados confirman el efecto benéfico en la ley final del concentrado de plata y oro.

- 77 Considerando que de acuerdo al contrato de comercialización se necesita un concentrado con las siguientes leyes mínimas de 22000 g/t Ag y 250 g/t Au, se concluye en la colocación del reactor del concentrado flash en las arenas del hidrociclón D-10 y asimismo considerar un adicional de etapa de limpieza con el espumante MIBC al 40 g/t.
- 78 Se realizaron pruebas batch simulando el impacto de la flotación flash sobre la recuperación convencional de oro y plata así como su balance metalúrgico respectivo, para ello se tomaron muestras del alimento, rebose y arenas del hidrociclón D-10. Los resultados en la flotación flash con muestra de las arenas del hidrociclón D-10 fue una recuperación de 68.90% en plata y 92.50% en oro, con una ley de concentrado de 42221.76 g/t Ag y 4522.71 g/t Au, con una cabeza de 554.26 g/t Ag y 44.39 g/t Au, estos excelentes resultados se debieron a la alta ley de cabeza de oro. Y con respecto a los resultados convencionales de planta, con muestra rebose del hidrociclón D-10, fue de 87.67% en plata y 85.29% en oro, con una ley de concentrado de 36658.59 g/t Ag y 421.20 g/t Au.
- 79 En base a los resultados anteriores el 55.01% de plata y 89.18% de oro es recuperado en la flotación flash y solamente el 18.48% de plata y 3.21% de oro es recuperado en el concentrado convencional de flotación. Estos resultados nos confirman el aporte benéfico de la flotación flash en la recuperación de oro grueso. Hay que considerar que estos resultados son obtenidos en un primer desbaste y que la ley de cabeza del oro y la plata irán disminuyendo a medida que la celda de flotación flash funcione de manera continua.
- 80 Una de las posibles desventajas de este proceso, es mantener una ley de Au en el Alimento a la flotación flash óptima de tal manera que se forme un mínimo colchón de espuma para que se pueda flotar
- 81 Como se puede notar la ley de Au respecto a la ley plata esta aumentando, y si esta tendencia aumenta, favorecería aún mas la Flotación Flash.
- 82 La implementación de la flotación flash aparte de mejorar la recuperación de Au y Ag, tendría otra ventaja como es la de tratar minerales de alta ley de Au y Ag, como se observa el 55% de la plata que entra en el alimento al ciclón se recupera en el concentrado flash. Se aprecia una buena concentración y recuperación de oro que

- recircula de 2188.63 g/t, 88.88% respectivamente en un primer ciclo, esto va disminuir una vez que el circuito se estabilice.
- 83 En el Balance del Ciclón D10 se observa que el 83.25% del oro y un 56.98% plata que entra al ciclón se recupera en la Flotación Flash en un primer ciclo, esto es un indicativo que la ley de oro y plata que entra circuito de flotación actual va a disminuir, pudiendo procesar minerales de alta ley, no aumentando la ley del relave, una vez implementado la Flotación Flash.
- 84 Se realizó también una prueba de concentración de oro y plata por mesa gravimétrica Wilfley obteniéndose un concentrado rico de 2784 g/t de oro, 19937.4 g/t de plata, donde fue posible recuperar 82% oro, 34% plata, desplazándose un 18% del oro y 46% de plata hacia la etapa posterior con ley 2.43 g/t Au, 182.9 g/t Ag.
- 85 El mineral de las arenas del ciclón en estudio contienen 14.32% del material con tamaño menor a malla 200. La ley de cabeza de este material 20.27 g/t Au, 344.32 g/t Ag, con respecto a la ley de cabeza del mineral que ingresa al molino hay una variación fuerte con respecto al oro, esto nos indica que hay una pre-concentración las arenas del ciclón, también indica la presencia de oro libre.
- 86 Al procesar el material por la mesa, en la operación rougher se dio mayor ángulo de inclinación, en la operación de limpieza menor ángulo de inclinación, en cuya limpieza se puede conseguir una ley de concentrado 2784 g/t Au, 19963.47 g/t Ag, pero la recuperación es muy interesante 82.38% Au, para una operación batch, para una operación continua a nivel industrial que recupere un 60% evitaría la recirculación del oro al molino y se pueda quedar dentro de las chaquetas o pueda lamearse dificultando su recuperación en la siguiente etapa.
- 87 Para confirmar estos resultados se evaluó a nivel piloto un concentrador falcón con muestra de las arenas del hidrociclón D-10. Los resultados indicaron un concentrado de plata entre 4217.6 g/t a 6350 g/t y de oro entre 682.7 g/t a 1477.04 g/t; para una cabeza de plata entre 337.63 a 443.2 g/t y cabeza de oro entre 8.5 a 13.24 g/t. Bajo las condiciones establecidas de 10 a 11 psi como presión de trabajo y un tiempo de operación promedio de 8 horas, a una densidad de alimentación de 1560 g/l; se obtienen recuperaciones de plata entre 3.5 a 5.46 % y de oro entre 22.9% a 33.22%; con un ratio de concentración entre 321.5 a 335.69. Con estas bajas recuperaciones de plata y oro se descarto el proceso por concentración centrifuga con mineral de las arenas del hidrociclón D-10.

- 88 Debido a que no se pudo llevar los resultados de las pruebas de laboratorio a un nivel piloto, se simularon estos resultados mediante la técnica de recuperaciones parciales, para ello se considero una serie de condiciones tales como; el tamiz de corte de la celda flash, -malla 28, obteniendo el 98.5% en peso pasante y distribución de 99.29% en plata y 99.61% en oro. Con una dosificación optima de Z-6 40 g/t, A-404 35 g/t, A-208 20 g/t y MIBC 44 g/t.
- 89 Y considerando una cinética conservadora de 0.5 minutos con 0.42% en peso, 31% en plata y 4.7% en oro; para un ley de concentrado de 28184.1 g/t Ag y 1794.7 g/t Au. Se procedió a modelar de acuerdo al grafico N°15 con las cargas circulantes del mineral 220%; oro 1269%; y plata 312%, flujo de alimentación 24.27 t/h, % de distribución en peso, oro y plata, Recuperación parcial del ciclón, By pass parcial de ciclón y recuperación parcial de la flotación flash de oro.
- 90 De acuerdo a la simulación la alimentación al circuito secundario es el rebose del hidrociclón D-15 con una ley de cabeza de 390 g/t Ag y 3.82 g/t Au. Por efecto de la flotación flash disminuye su cabeza a 296.47 g/t Ag y 1.33 g/t Au y la recirculación de las arenas con 420.45 g/t Ag y 7.67 g/t Au, con un flujo de 24.27 t/h (tercera parte de las arenas del hidrociclón), y una alimentación al concentrado flash con 23.91 t/h con una ley de 422.29 g/t Ag y 7.75 g/t Au. Bajo estas condiciones de equilibrio se obtuvo un concentrado flash de 0.10 t/h con una ley de concentrado de 31148.86 g/t Ag y 823.08 g/t Au. Estas leyes son adecuadas de acuerdo al contrato de comercialización.
- 91 Y de acuerdo a esta simulación con datos de muestreo a nivel industrial y de laboratorio; la recuperación final de plata se incrementa de 89.4% a 91.97% y la recuperación de oro de 85.80% a 95.07% (dependiendo de la carga circulante de oro). Y un incremento en el porcentaje en peso del concentrado de 1% a 1.3%. Con un concentrado final de 27585 g/t Ag y 279 g/t Au.
- 92 Para evaluar la susceptibilidad de la simulación variando diferentes condiciones se analizo el efecto de la recuperación flash y la carga circulante de plata sobre la recuperación de final de plata. Los resultados indicaron una mayor recuperación de plata a medida que se incrementa la recuperación flash desde 0 a 50% y la carga circulante de plata desde 212% a 412%. La recuperación de plata se incremento desde 89.40% a 92.15% con una recuperación flash de plata en 50% y 212% de carga circulante; y hasta 93.69% con una carga circulante de 412%.
- 93 Asimismo se evaluó el efecto de la recuperación flash de plata y el porcentaje en peso del CC flash entre 0.1%, 0.4% y 1% en peso con 212%, 312% y 412% de carga circulante sobre la ley final del concentrado de plata. De acuerdo a este análisis para obtener un concentrado comerciable el máximo % en peso del concentrado flash es de

0.4% para obtener leyes máximas de 27962 g/t a partir de 27128 g/t; y mayores leyes de concentrado con 0.1% en peso de 33540 g/t a partir de 32541 g/t.

A medida que se incrementa la carga circulante de plata la ley del concentrado se incrementa de manera proporcional. Este incremento se mínimo comparado a los resultados de la recuperación del oro.

- 94 También se analizo el efecto de la recuperación flash y la carga circulante del oro sobre la recuperación de final de oro. Los resultados indicaron una mayor recuperación de oro a medida que se incrementa la recuperación flash desde 0 a 50% y la carga circulante de plata desde 769% a 1769%. La recuperación de oro se incremento desde 85.80% a 93.76% con una recuperación flash de plata en 50% y 769% de carga circulante; y hasta 96.39% con una carga circulante de 1769%. Podemos observar que la recuperación de oro se incrementa en mayor proporción por su elevada carga circulante.
- 95 El efecto de la recuperación flash de oro y el porcentaje en peso del CC flash entre 0.1%, 0.4% y 1% en peso con 769%, 1269% y 1769% de carga circulante sobre la ley final del concentrado de oro. De acuerdo a este análisis para obtener un concentrado comerciable el máximo % en peso del concentrado flash es de 0.4% para obtener leyes máximas de 279 g/t a partir de 255 g/t; y mayores leyes de concentrado con 0.1% en peso de 334 g/t a partir de 306 g/t.
- 96 Una mayor carga circulante de oro incrementa la ley de oro en el concentrado; para la mayor carga circulante simulada, 1769% la ley de oro se incrementa de 306 a 344 g/t a una recuperación flash de 50%.
- 97 El balance de materia incorporando la celda flash establece un requerimiento de agua de 9.95 m³/h y 5 m³/h para los chisquetes circulares, con un flujo de alimentación de 24.27 t/h con una densidad de 1820 g/l. El concentrado representa 0.10 t/h con una densidad de 1350 g/l; el relave del circuito flash alimentaría al molino 7x7 con una densidad de 1530 g/l.
- 98 La inversión en el proyecto de flotación flash asciende a 54611.5 US \$. El proyecto considera el montaje de la celda flash, bombas, tuberías, muestreadores, energía, etc. Es necesario indicar que debido a la elevada abrasión del mineral será necesario considerar como reposición mensual la manga de la válvula pinch y de manera anual el rotor del mecanismo de la celda flash.
- 99 La evaluación económica considerando una cabeza de 3.80 g/t Au y 390 g/t Ag, con 780 t/d, con y sin la implementación del proyecto, indica 12050 US\$/t de concentrado, a condiciones actuales y de 12796 US\$/t de concentrado con la implementación del proyecto, lo que confirma la rentabilidad técnica y económica.

Pero analizándolo desde un punto de vista conservador se simulo económicamente

solamente el incremento de la recuperación de oro a 1, 2 y 3%, para evaluar la sensibilidad económica de la inversión, obteniendo un ingreso diario de 543 US\$ por cada de punto de incremento en la recuperación de oro; y ahora considerando el mínimo incremento de recuperación de 1% como un escenario pesimista, obtenemos una utilidad mensual de 16290 US\$, con un tiempo de retorno de la inversión de 3.35 meses.

101 El caso base de la evaluación muestra un proyecto atractivo para la inversión, a pesar del carácter conservador que este consigna, tanto en los precios internacionales de los metales preciosos (500 y 7 \$/oz. oro y plata) como en su recuperación de oro y plata.

102 Es prudente comentar que, al cierre de este informe los precios internacionales de los metales preciosos se ubicaban por el orden de los 606.7 y 11.00 US \$/oz de oro y plata, respectivamente.

12.0 CONCLUSIONES

1 Los minerales opacos observados en el concentrado flash son: cobre gris, calcopirita, cobre nativo, electrum (oro nativo argentífero), esfalerita, galena, plata nativa, sulfosales de plata, sulfuros secundarios de cobre, arsenopirita, marcasita y pirita. En lo que se refiere a los minerales de plata en el concentrado de flotación flash se observa que la gran mayoría de los granos observados corresponden a especies del grupo **proustita-pirargirita** (“platas rojas”).

2 La baja recuperación de oro y plata en la flotación convencional, sobre la malla 100 con 40.5% y 29.8% respectivamente, nos indican que esta malla no es la optima para una buena eficiencia de flotación, observando que la optima malla de flotación se da entre 37 y 53 micras, con recuperaciones de 93.2% de oro y 91.2% de plata. Pero en los tamaños menores a 37 micras la recuperación disminuye a 77.4% en oro y 88.1% en plata, producto de los metales preciosos perdidos en las lamas por sobremolienda de minerales densos.

3 De acuerdo al análisis valorado en el hidrociclón se observa que el 30% del peso de mineral en la cabeza del ciclón reporta al rebose, y tan solo el 7.3% del oro y el 23.2% de la plata se reporta al rebose. También se aprecia una acumulación de oro y plata desde las mallas gruesas hasta las más finas; indicándonos la probable presencia de oro grueso.

4 De acuerdo al corte D-50 del clasificador D-10 y D-15, de 8.6 y 13 micras, respectivamente, nos confirmaría la presencia de oro grueso.

5 Tanto en el hidrociclón D-10 y D-15 observamos una carga circulante de oro en 1269% y 1223% respectivamente. En el caso de la plata fue de 312% y 262%, respectivamente; estas recirculaciones son muy altas comparadas con la del mineral 212%, lo cual evidencia que este exceso es lo que se estaría sobremoliendo.

6 Asimismo, evaluando el incremento del oro en los hidrociclón D-10 desde 4.14 a 24.13 g/t, el ratio de incremento corresponde a 5.83; y para el caso del hidrociclón D-15 el incremento de 4.18 a 24.86, similarmente indica un ratio de 5.95; ambos ratios se encuentran dentro de la recomendación de Outokumpu, cuyo caso comprende el siguiente: Arenas (Au g/t) > 5 x Rebose (Au g/t), recomienda la instalación de una planta piloto con una celda de flotación flash para estudiar resultados.

7 La única desventaja de este proceso es el exceso de mineral arcilloso, debido al incremento de la viscosidad generando dificultades para producir una espuma estable, situación que no ha de presentarse en este mineral por tener altos niveles de cuarzo.

8 Debido a que no existe una secuencia estándar en la flotación Flash, y de acuerdo a los análisis valorados de las arenas de los hidrociclones D-10 y D-15 y rebose del hidrociclón D-15; se realizaron 8 pruebas de flotación flash interaccionando varias variables

del proceso, como limpiezas del concentrado, espumantes, remoliendas, configuración del circuito, etc.

De acuerdo a una serie de análisis se selecciono a las arenas del hidrociclón D-10, por reportar leyes de concentrado aceptables comercialmente.

9 La prueba de flotación flash con arenas del hidrociclón D-10, fue realizado simulando un equipo a nivel industrial con 45% de sólidos y 100% -m30. Los reactivos mas óptimos fueron Z-6 40 g/t, A-404 35 g/t, A-208 20 g/t y MIBC 44 g/t; a un pH natural de 7.73 y a una granulometría de 13.9% -m200.

10 Para confirmar los resultados de concentración gravimétrica a nivel de laboratorio se evaluó a nivel piloto un concentrador falcón con muestra de las arenas del hidrociclón D-10. Los resultados indicaron un concentrado de plata entre 4217.6 g/t a 6350 g/t y de oro entre 682.7 g/t a 1477.04 g/t; para una cabeza de plata entre 337.63 a 443.2 g/t y cabeza de oro entre 8.5 a 13.24 g/t. Bajo las condiciones establecidas se obtienen recuperaciones de plata entre 3.5 a 5.46 % y de oro entre 22.9% a 33.22%; con un ratio de concentración entre 321.5 a 335.69. Con estas bajas recuperaciones de plata y oro se descarto el proceso por concentración centrifuga con mineral de las arenas del hidrociclón D-10.

11 La flotación flash solo ha sido probado a nivel de laboratorio, obteniendo recuperaciones del 93.1% de este oro que recircula, el cual es un resultado muy superior a la gravimetría de 27.55% del oro recirculante, la siguiente etapa se realizo mediante una prueba piloto de la Flotación Flash para confirmar el resultado obtenido a nivel de laboratorio. Debido a que no se contaba con la celda de pilotaje; para estimar este incremento se realizo un programa de simulación matemática con el método de recuperaciones parciales para predecir su efecto.

12 La ley del concentrado flash en el equilibrio fue de 31148.9 g/t Ag y 823.1 g/t Au, considerando como base al contrato de comercialización, el cual establece leyes mínimas de 22000 g/t Ag y 250 g/t Au, lo cual se concluye en la colocación del reactor del concentrado flash en las arenas del hidrociclón D-10 y asimismo considerando una etapa adicional de limpieza.

13 De acuerdo a la simulación matemática la alimentación al circuito secundario es el rebose del hidrociclón D-15 con una ley de cabeza de 390 g/t Ag y 3.82 g/t Au; y por efecto de la flotación flash disminuye su cabeza a 296.47 g/t Ag y 1.33 g/t Au y la recirculación de las arenas con 420.45 g/t Ag y 7.67 g/t Au, con un flujo de 24.27 t/h (tercera parte de las arenas del hidrociclón D-10), y una alimentación al concentrado flash con 23.91 t/h con una ley de 422.29 g/t Ag y 7.75 g/t Au. Bajo estas condiciones de equilibrio se obtuvo un concentrado flash de 0.10 t/h con una ley de concentrado de 31148.86 g/t Ag y 823.08 g/t Au.

14 De acuerdo a esta simulación con datos de muestreo a nivel industrial y de laboratorio; la recuperación final de plata se incrementa de 89.4% a 91.97% y la recuperación de oro de 85.80% a 95.07% (dependiendo de la carga circulante de oro). Y un incremento en el porcentaje en peso del concentrado de 1% a 1.3%. Con un concentrado final de 27585 g/t Ag y 279 g/t Au.

15 A medida que se incrementa la carga circulante del oro y plata, la ley del concentrado se incrementa de manera proporcional. Así también cuando se incrementa la recuperación de flotación flash y disminuye el porcentaje en peso del concentrado flash, se incrementa la ley del concentrado. Este incremento es mínimo en la plata comparado a los resultados de la recuperación del oro. Este incremento se debe mayormente a la mayor carga circulante de oro con respecto al de plata.

16 En base a los resultados del balance metalúrgico de flotación en el hidrociclón D-10, el 55.01% de plata y 89.18% de oro es recuperado en la flotación flash y solamente el 18.48% de plata y 3.21% de oro es recuperado en el concentrado convencional de flotación. Estos resultados nos confirman el aporte benéfico de la flotación flash en la recuperación de oro grueso. Hay que considerar que estos resultados son obtenidos en un primer desbaste y que la ley de cabeza del oro y la plata irán disminuyendo a medida que la celda de flotación flash funcione de manera continua.

17 La inversión del proyecto de flotación flash asciende a 54611.5 US \$. El proyecto considera el montaje de la celda flash, bombas, tuberías, muestreadores, energía, etc. Es necesario indicar que debido a la elevada abrasión del mineral será necesario considerar como reposición mensual la manga de la válvula pinch y de manera anual el rotor del mecanismo de la celda flash.

18 La evaluación económica se analiza considerando una cabeza de 3.80 g/t Au y 390 g/t Ag, con 780 t/d, con y sin la implementación del proyecto, indicándonos 12050 US\$/t de concentrado, a condiciones actuales y de 12796 US\$/t de concentrado con la implementación del proyecto, lo que confirma la rentabilidad técnica y económica.

Pero analizándolo desde un punto de vista conservador se simulo económicamente solamente el incremento de la recuperación de oro a 1, 2 y 3%, para evaluar la sensibilidad económica de la inversión, obteniendo un ingreso diario de 543 US\$ por cada de punto de incremento en la recuperación de oro; y ahora considerando el mínimo incremento de recuperación de 1% como un escenario pesimista, obtenemos una utilidad mensual de 16290 US\$, con un tiempo de retorno de la inversión de 3.35 meses.

19 El caso base de la evaluación muestra un proyecto atractivo para la inversión, a pesar del carácter conservador que este consigna, tanto en los precios internacionales de los metales preciosos (500 y 7 \$/oz. oro y plata) como en su recuperación de oro y plata.

20 Es prudente comentar que, al cierre de este informe los precios internacionales de los metales preciosos se ubicaban por el orden de los 606.7 y 11.00 US \$/oz de oro y plata, respectivamente.

21 El costo total de instalación de un circuito de flotación flash, sería de 54 611 US\$, lo cual se paga con tan solo el 1% de mejora en la recuperación de oro durante 3.5 meses. Se espera una mejora mayor del 2% de recuperación de oro. La simulación determino un incremento de hasta 92% en plata y a 95.1 en oro, dependiendo de la carga circulante del oro. El modelo representa con mucha precisión el circuito de molienda y el circuito de flotación flash de la planta bajo condiciones normales de operación y equilibrio.

13.0 BIBLIOGRAFIA

1. - Laplante, A, "The gravity recoverable gold test and flash flotation" 34 Annual Meeting of the Canadian Mineral Processors January 2002, pp 22-24
2. - Kujawa, C "Gold recovery Improvement with Outokumpu flash flotation" paper, August 2002.
- 3.- Bourke, P "Recent Development in Outokumpu Flotation Technology, 1998
4. - Green D. "flash roughing in an Outokumpu Skim air flotation cell; news developments create new opportunities" Proceedings Randol Gold & Silver Forum '99 Denver, Colorado, USA May 11-14, 1999
5. – S. Mackinnon, D. Yan, R. Dunne "The Interaction of flash flotation with closed circuit grinding" AB XIV Intern. Min. Proc. Congress 1988.
6. Kallionen, J.; Niitti, T.; "The basis of coarse flotation kinetics and practical realisation of classifier sands flotation", XVth IMPC, Cannes, June 2-9, 1985.
7. Green, David; "Advances in flotation – Flash Roughing with the Dual Outlet SkimAir® flotation cell: Increasing revenues and reducing costs", Proceedings, Randol Gold & Silver Forum '99, Denver, Colorado, USA, May 11-14, 1999, pp 145-147.

ANEXOS

1. Procedimiento de Pruebas para Flotación Flash

El objetivo del proceso de flotación flash, es recobrar los minerales valiosos ya liberados en la molienda, los cuales por su relativamente alta gravedad específica son retornados al circuito de molienda, por medio de un hidrociclón, donde son nuevamente molidos y por tanto se reduce su tamaño. La instalación de la Celda de Flotación Flash Skim Air de Outokumpu, permite que tales minerales sean retirados del circuito de molienda, evitando la sobremolienda y la pérdida de recuperación.

El propósito de las pruebas de laboratorio usando una celda convencional de laboratorio es obtener data de la cinética de la flotación para evaluar la posibilidad de aplicar una flotación flash al material.

El siguiente procedimiento puede ser usado como una guía para tales pruebas.

EQUIPO:

Celda de flotación de laboratorio – Standard.

PROCEDIMIENTO DE MUESTREO:

1. Tome múltiples muestras de la futura alimentación a la celda (usualmente el underflow del ciclón) por un lapso de ½ hora, usando un cortador adecuado. Utilice un balde de 20lt y llénelo hasta 1/3 aproximadamente. También obtenga una muestra de aproximadamente 20lt de agua usada en el molino, para su uso en el tamizado en húmedo.
2. Haga un lavado de la muestra, con una malla de 600 micrones (Tyler m28) o la más cercana a 600 micrones, Esto ayudará a prevenir daños sobre la celda. Llene otro balde de 20 litros hasta 3/4 con agua de molino, y use esta agua para el lavado. Una vez que el lavado este terminado, filtre el agua conteniendo finos que no han sedimentado. Para el lavado no use otra agua que la del molino. Los gruesos que decantaron déjelos en el balde.

IMPORTANTE: La fracción mayor a 600 micras, debe ser secada, pesada y enviada para análisis químico.

3. Una vez que los finos estén filtrados, colóquelos sobre una bandeja. Con respecto a los gruesos que se quedaron en el fondo del balde, colóquelos sobre un plástico. Luego añadir los finos filtrados y mezcle suficiente y adecuadamente. Haga un cuarteo apropiado. Pese cinco (05) muestras de 1980g, para una celda de flotación de 2.5 litros. Seleccione al azar una de las cinco muestras. Se usará como muestra de Cabeza. Añada agua a todas las muestras para mantener los sólidos bajo el agua, tan pronto como sea posible. Esto ayudará a prevenir cualquier oxidación.

NOTA: Los pasos 1, 2 y 3 deben ser llevados de la manera más rápida posible para evitar cualquier oxidación.

4. Pruebas de flotación:

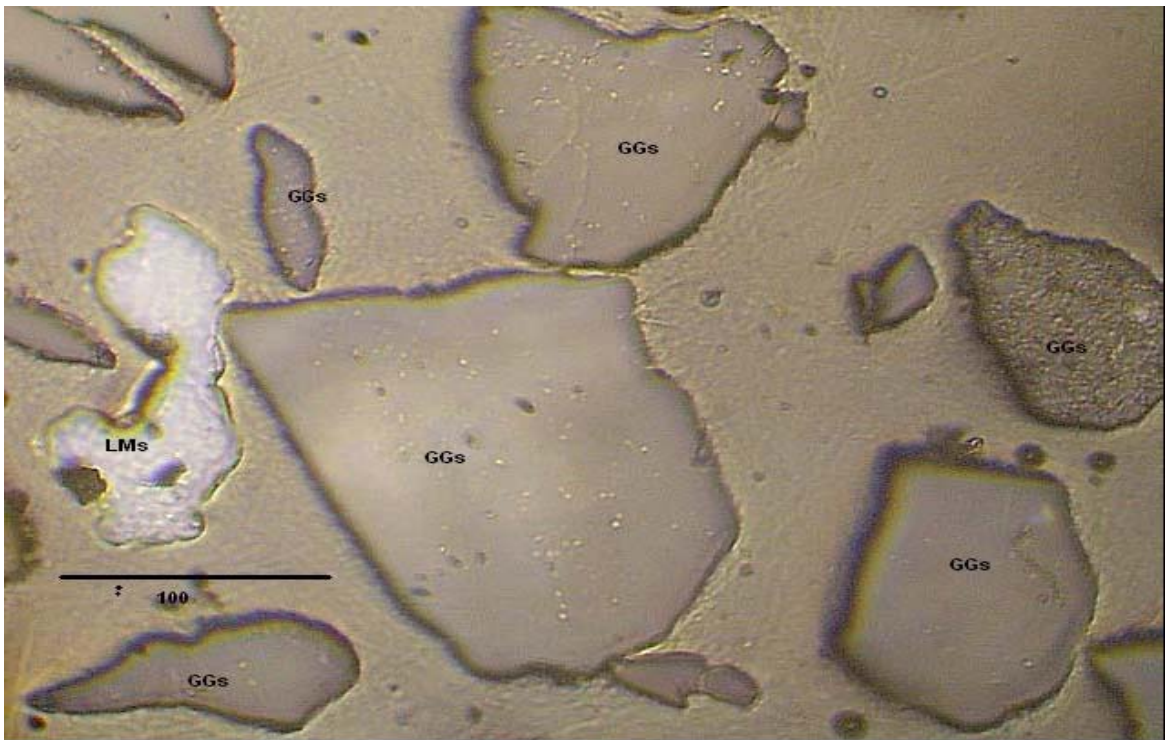
- Reactivos: Los reactivos varían de acuerdo a los minerales. Se deben agregar tales reactivos de manera separada y tan pronto como sea posible. El tiempo de acondicionamiento no debe exceder de 10 segundos en total. Converse con personal de planta para establecer los tipos de reactivos a usar y las dosis de cada uno.
- Procedimiento: Añada la muestra a la celda y añada agua hasta que el nivel este aprox. 30 mm debajo del labio, cuando el agitador este en funcionamiento.
- Colecte concentrados a los 30, 60, 90 y 120 segundos. Haga funcionar la celda a unos 1200 rpm para que las partículas gruesas estén en suspensión. Añada agua para mantener el nivel de la pulpa al nivel requerido. Remueva el concentrado de la celda mediante una paleta con movimientos repetitivos y constantes.
- Envíe para análisis químico las muestras de Cabeza, las varias muestras de concentrado (a diferentes tiempos) y los relaves. Registre el peso de cada una.
- Se ha asumido que la humedad de la muestra es de alrededor de 20%. Esto dará un aproximado de 45% de sólidos en la celda del laboratorio y simulará lo que sucede en la celda Skim Air.

2. Abreviaturas, nomenclatura y composición química de las especies minerales

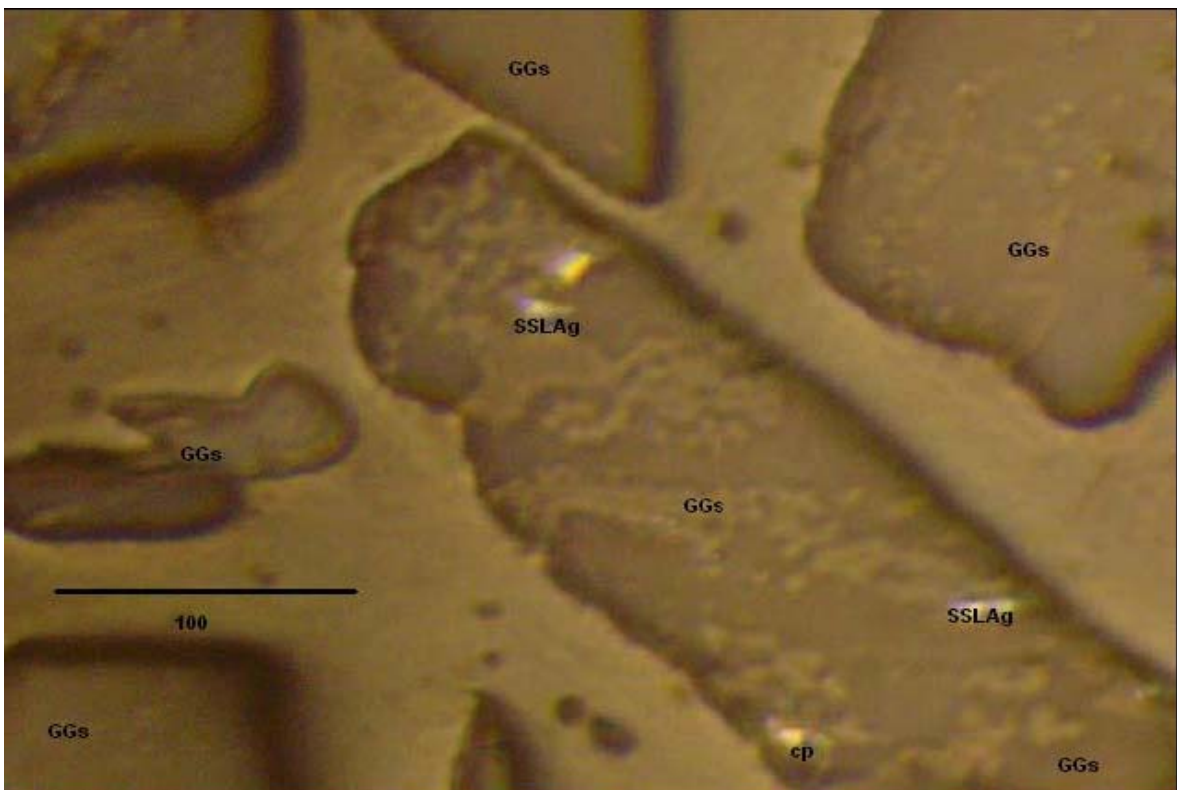
abreviatura	nombre	Composición química
Ag	plata nativa	Ag
Au	oro nativo	(Au, Ag)
CGRs	cobre gris (grupo de la Tetraedrita)	(Cu, Fe, Ag) ₁₂ (As,Sb) ₄ S ₁₃
cc	calcosita	Cu ₂ S
cp	calcopirita	CuFeS ₂
Cu	cobre nativo	Cu
cv	covelita	CuS
el	“electrum” (oro nativo con alto contenido de Ag)	
ef	esfalerita	(Zn,Fe) S
GGs	“gangas”	(variada)
gn	galena	PbS
apy	arsenopirita	FeAsS
mc	marcasita	FeS ₂
py	pirita	FeS ₂
SFSCu	sulfuros secundarios de cobre (variada)	

Abreviatura	Nombre	Composición química
Ajr	argentojarosita	Ag ₂ Fe ₆ [(SO ₄) ₄ /(OH) ₁₂]
apy	arsenopirita	FeAsS
bn	bornita	Cu ₅ FeS ₄
cc	calcosita	Cu ₂ S
CGRS	cobre gris	(Cu, Fe, Ag) ₁₂ (As, Sb) ₄ S ₁₃
cp	calcopirita	CuFeS ₂
cv	covelita	CuS
dg	digenita	Cu ₉ S ₅
ef	esfalerita	(Zn,Fe)S
gn	galena	PbS
kst	kustelita	(Ag,Au)
LMs	limonitas	FeOOH
py	pirita	FeS ₂
SSLAg	sulfosales de plata	Ag ₃ AsS ₃ / Ag ₃ SbS ₃
SFSCu	sulfuros secundarios de cobre (variada)	

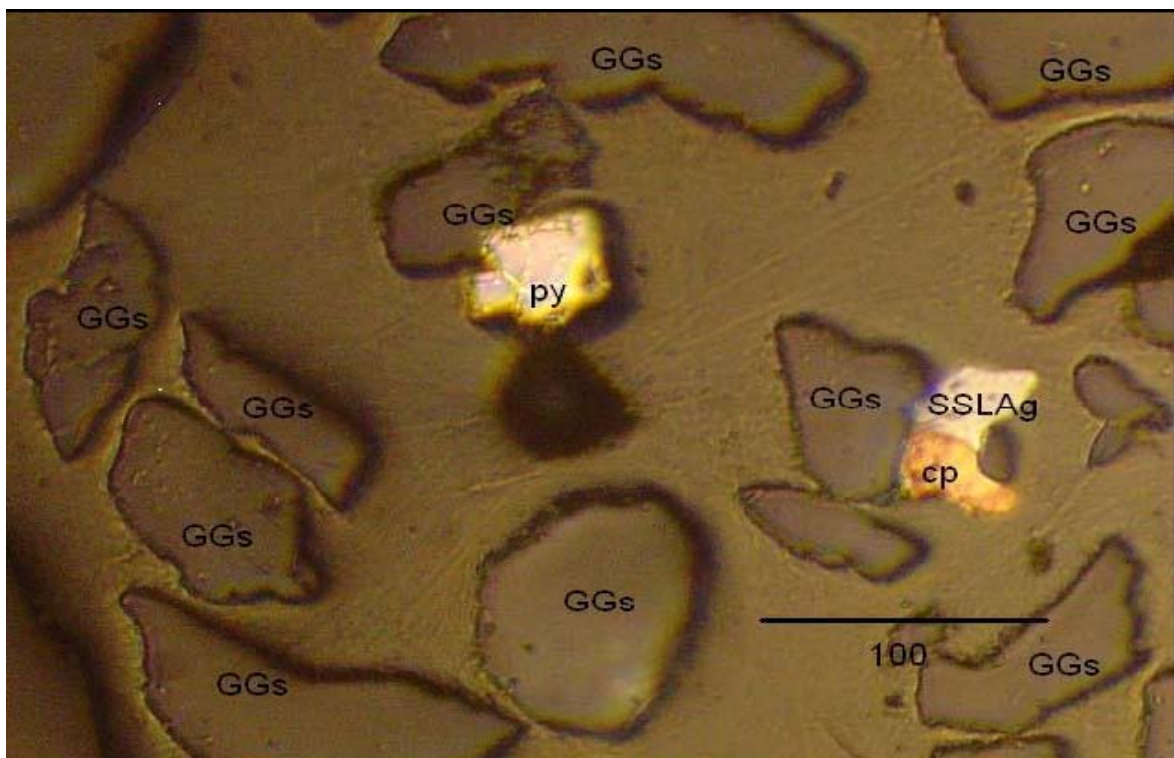
3. MINEROGRAFIA DEL MINERAL DE CABEZA



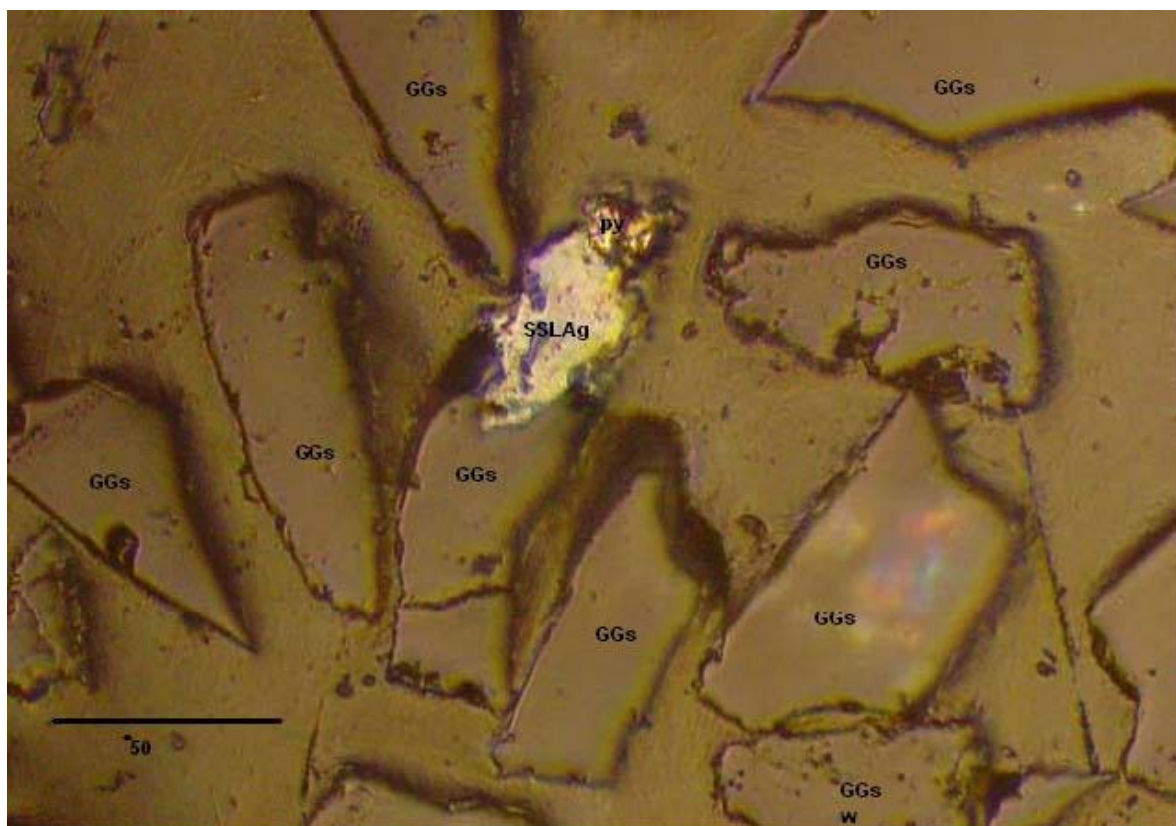
Malla + 100.- Limonita y gangas libres. Algunas gangas contienen finas inclusiones de limonitas



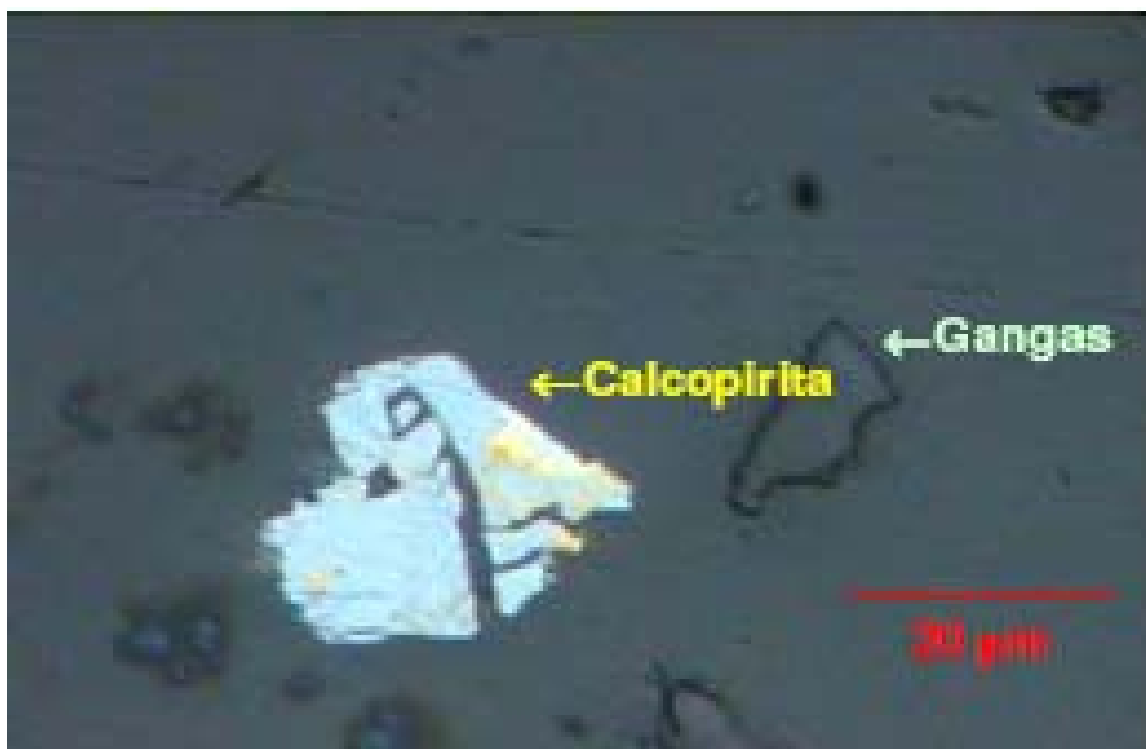
Malla + 100.- Gangas libres. Una de ellas contiene inclusiones subredondeadas de limonitas, calcopirita y de sulfosales de plata.



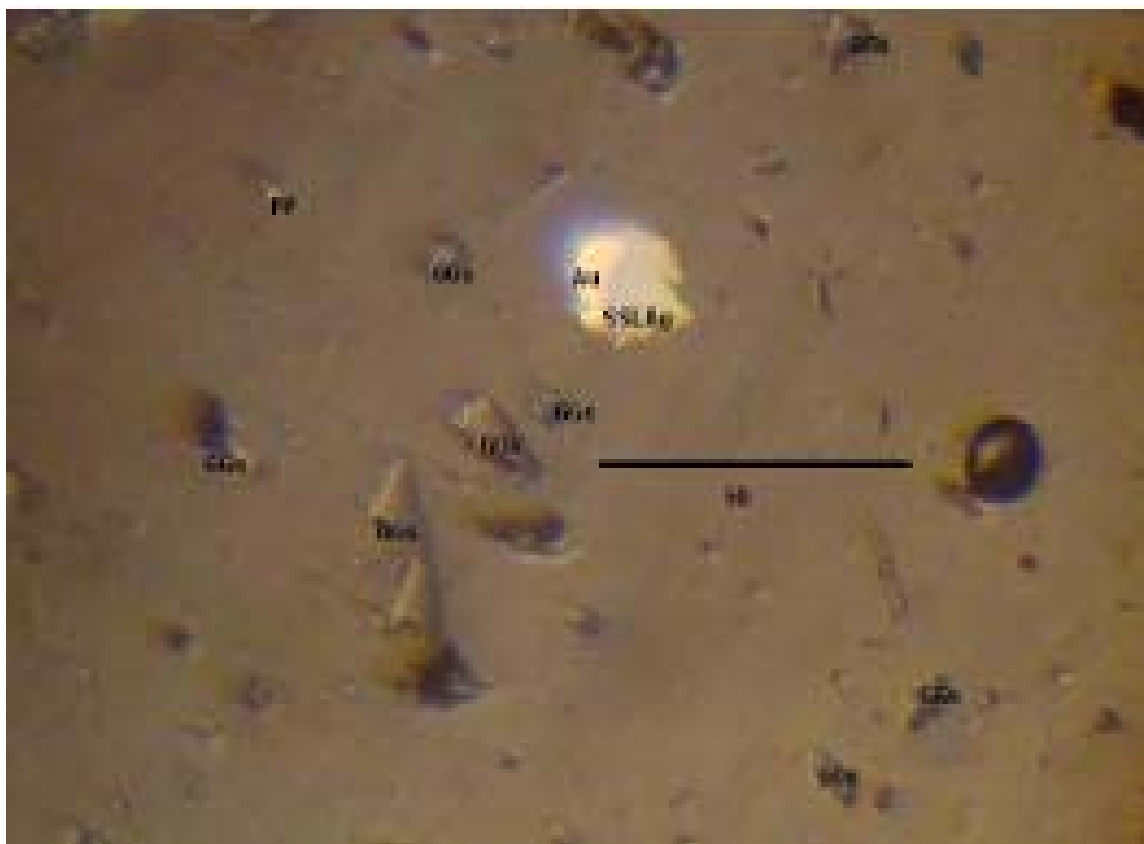
Malla + 200.- Pirita y gangas libres partícula Mixta calcopirita/sulfosales de plata/gangas



Malla + 200.- Gangas libres. Partícula mixtasulfosales de plata/pirita/gangas



Malla + 500.- Calcopirita corroída por sulfosales

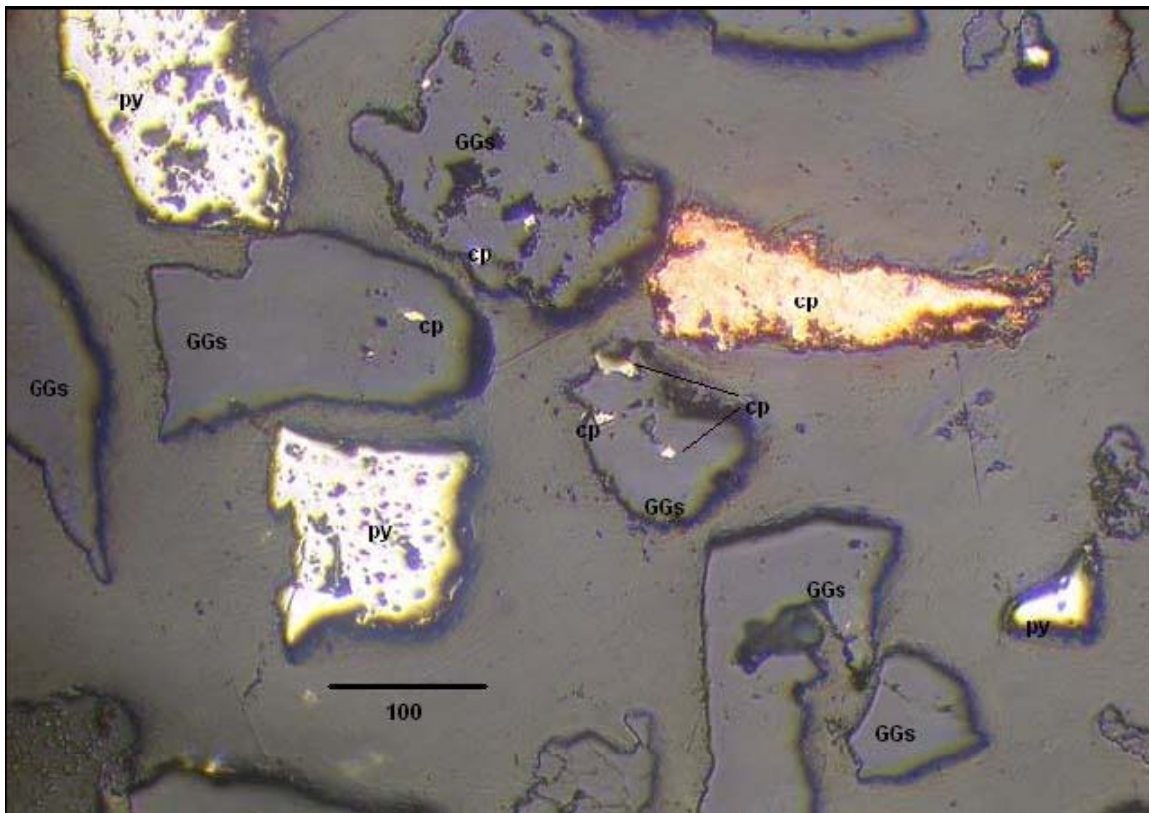


Malla - 500.- Gangas libres. Partícula mixta oro/sulfosales de plata.

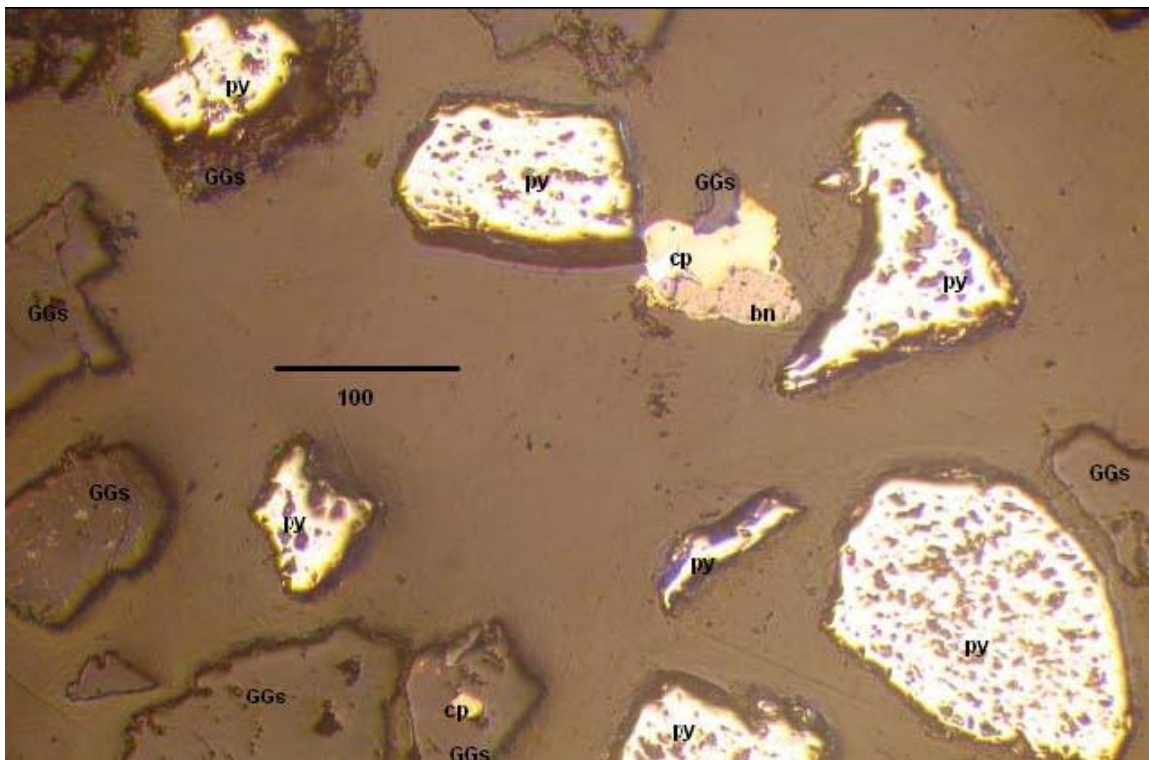
PROYECTO DEL CIRCUITO DE FLOTACIÓN FLASH EN MEJORA DE LA RECUPERACIÓN DE ORO GRUESO

Malla + 400			Malla +500					
SSLA _g	py	GGs	cp	gn	SSLA _g	py	GGs	
			0,00	0,00				
				0,00				
			0,25		0,25			
				(100,00)				
	0,00		0,20		0,20			
	0,00				(100,00)			
0,15		0,15	0,45			0,45		
		(100,00)				(100,00)		
99,75		99,75	98,25				98,25	
		(100,00)					(100,00)	
99,90	0,00	0,15	99,15	0,00	0,25	0,20	0,45	98,25
			0,25	tr.		0,25		
				0,00		(81,00)		
			0,30	0,10				0,20
				(16,00)				(36,00)
0,05	tr.	0,05						
	0,00	(81,00)						
0,05		0,05	0,30			0,20	0,10	
		(64,00)				(42,00)	(12,00)	
100,00	tr.	0,15	100,00	0,10	0,25	0,45	0,65	98,55
	0,00	100,00		16,00	100,00	89,44	82,15	99,78

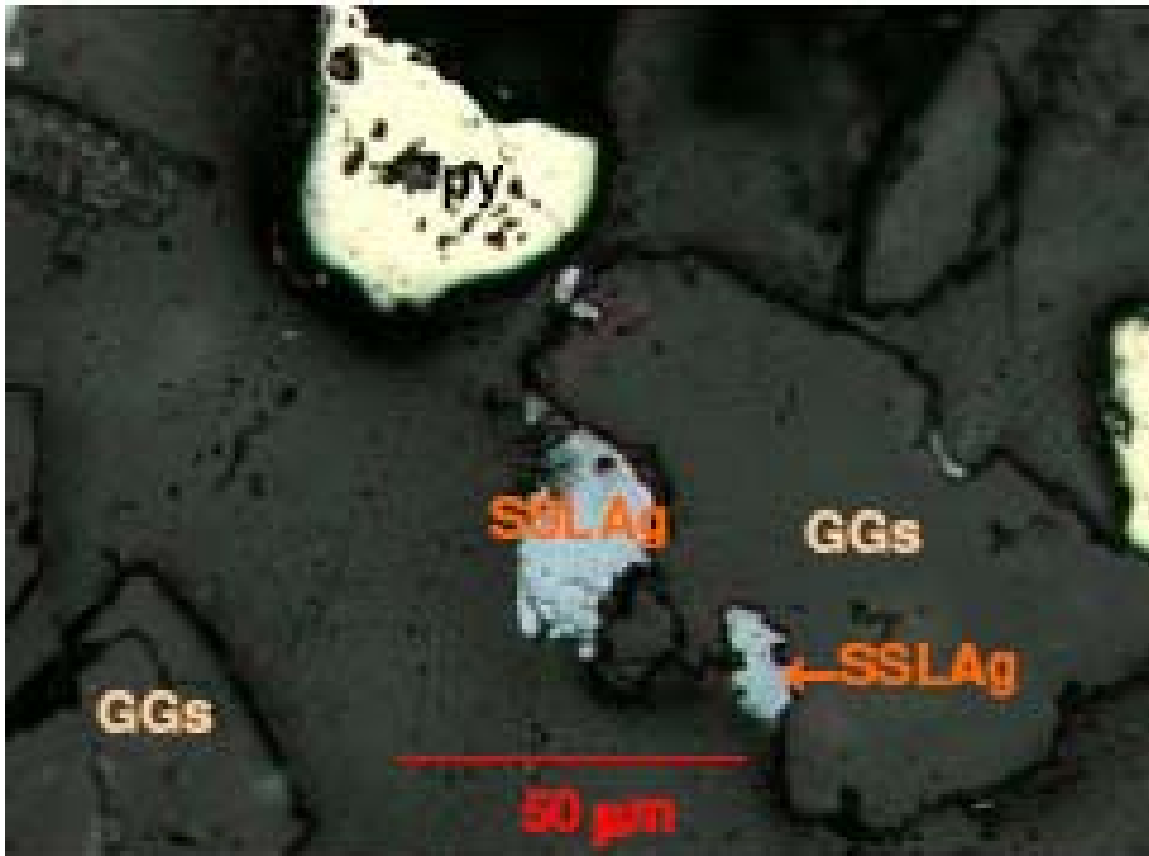
4. MINEROGRAFIA DEL CONCENTRADO



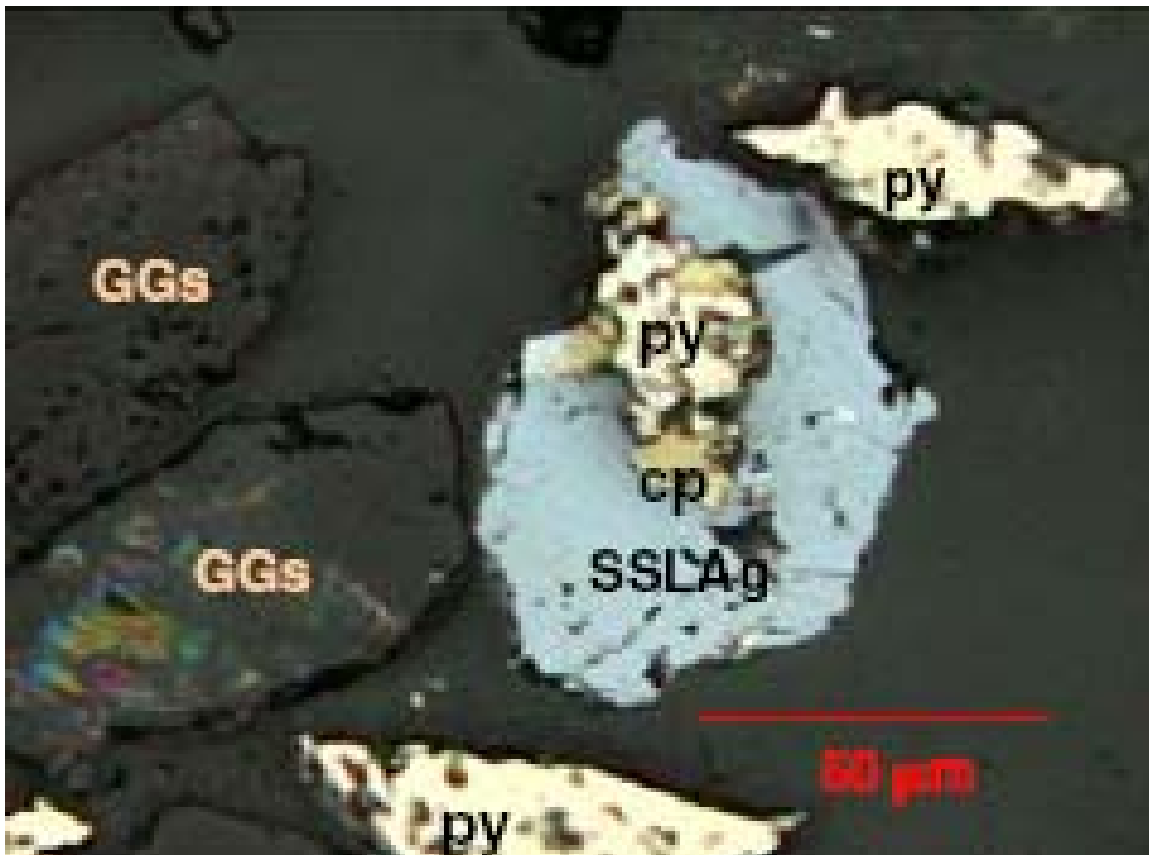
Malla + 150.- Calcopirita, pirita y gangas libres. Varias gangas contienen finísimas inclusiones de calcopirita



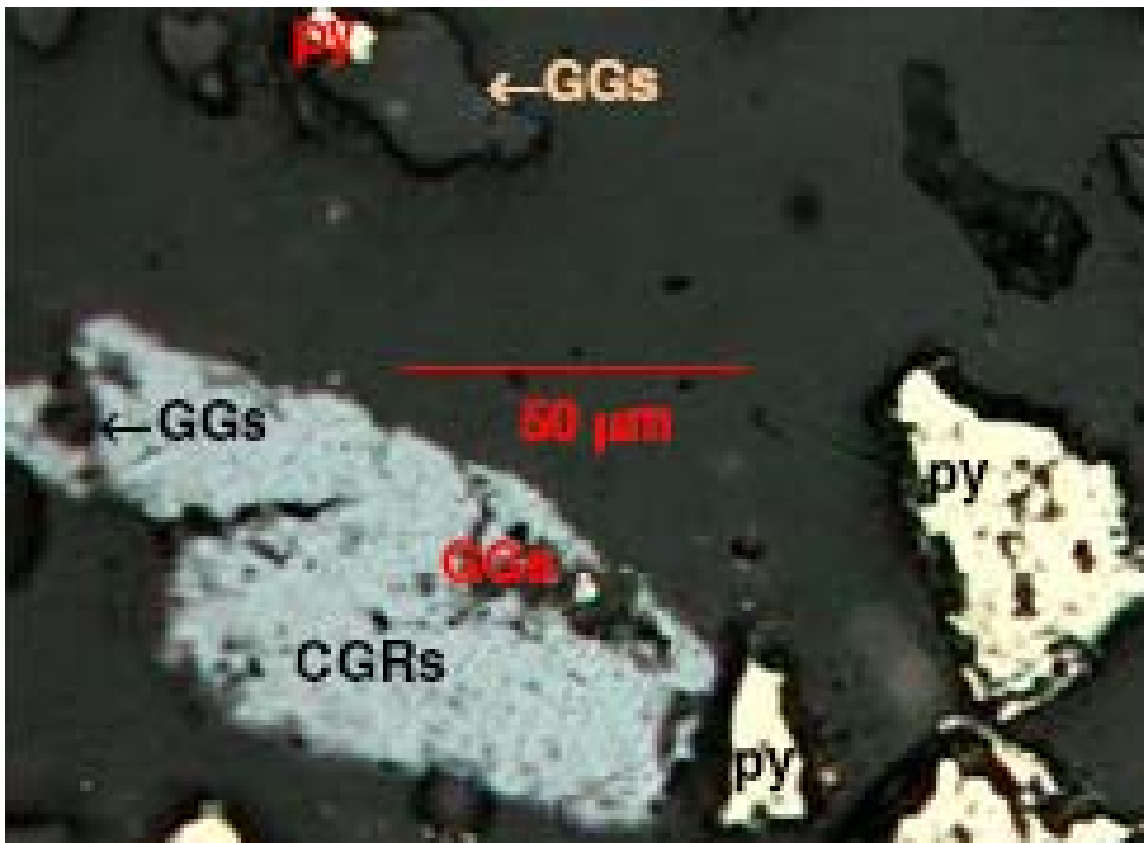
Malla + 150.- Pirita y gangas libres. Partícula mixta calcopirita/bornita/gangas.



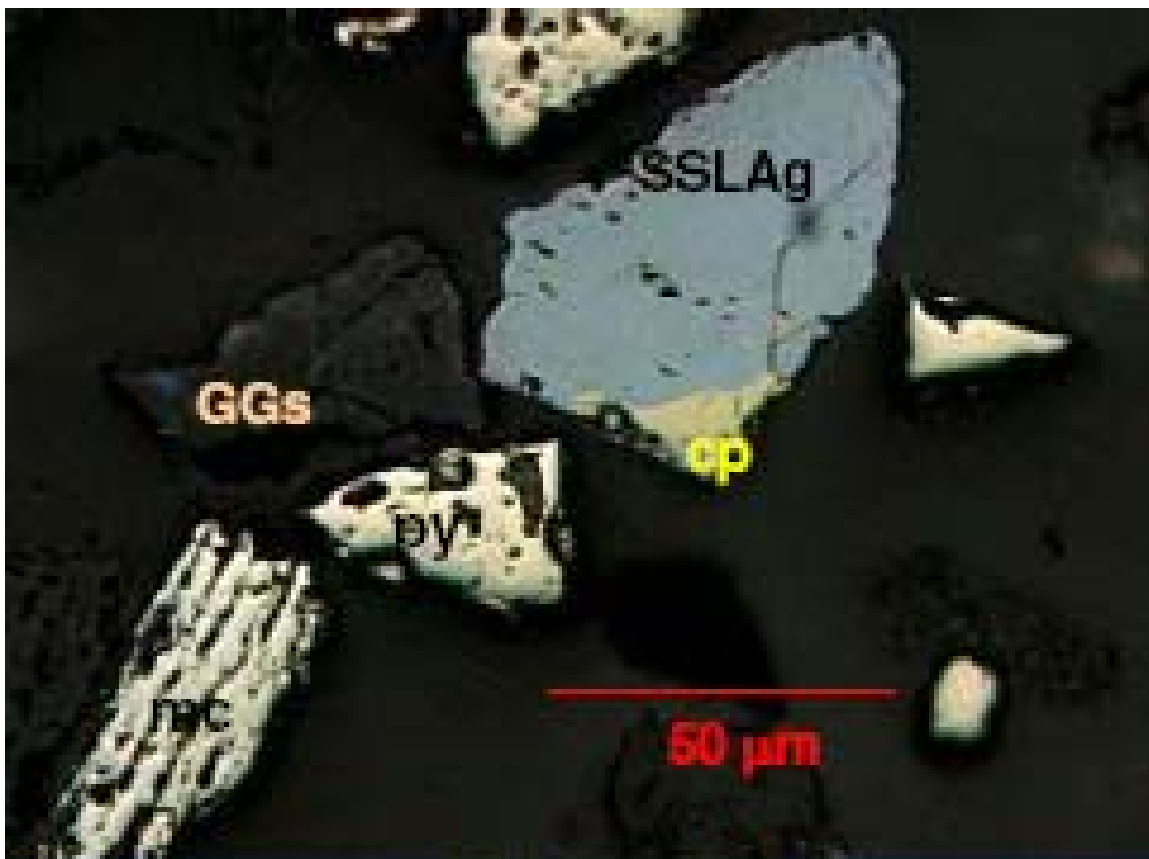
Malla + 200.- Pirita y gangas libres. Partícula mixta sulfosales de plata/gangas



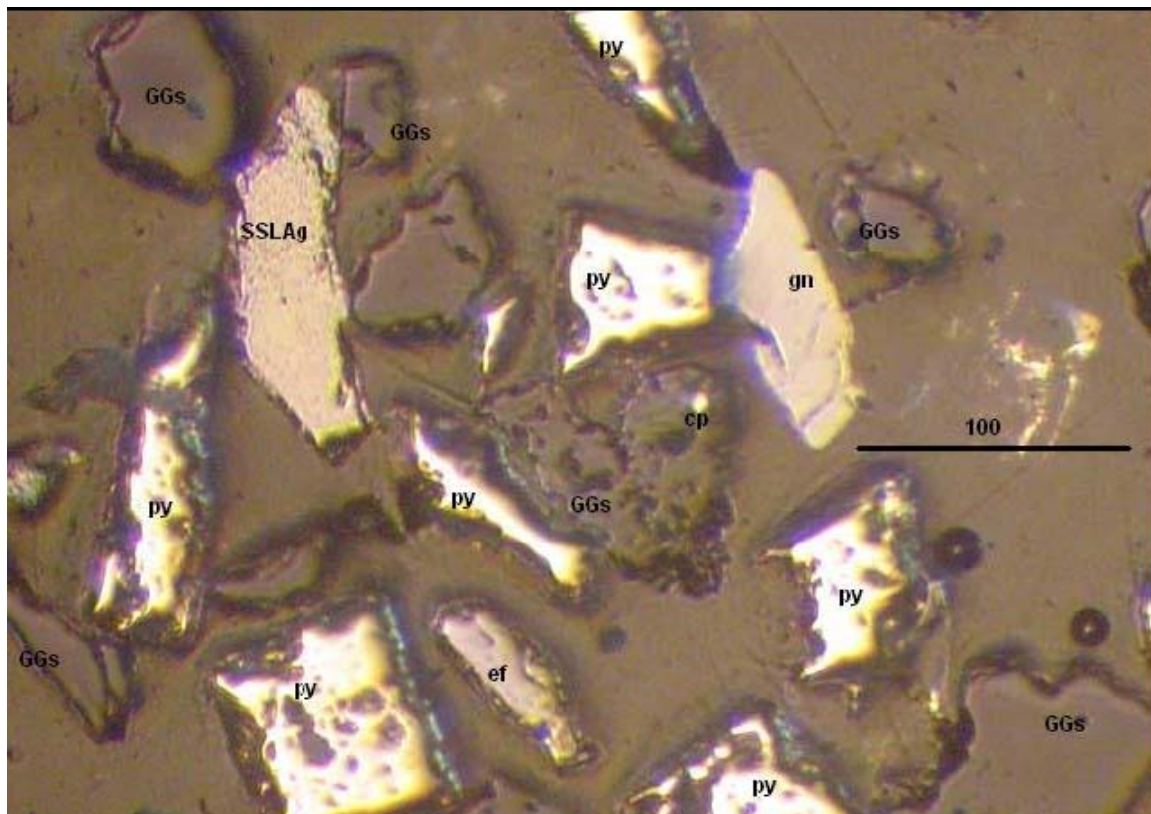
Malla +200.- Piritas y gangas libres. Partícula mixta calcopirita/sulfosales de plata/pirita



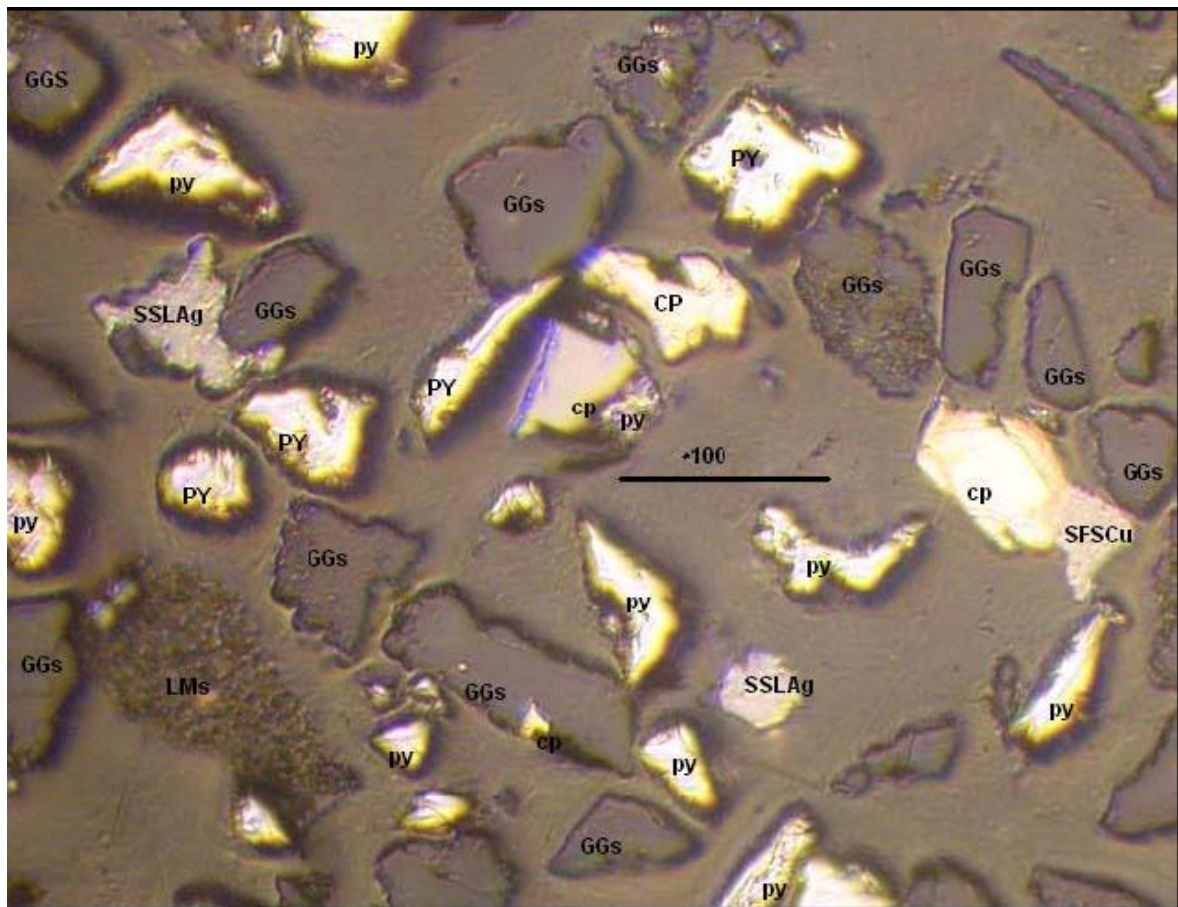
Malla +200.- Gangas y piritas libres. Partícula de cobre gris con inclusiones de gangas



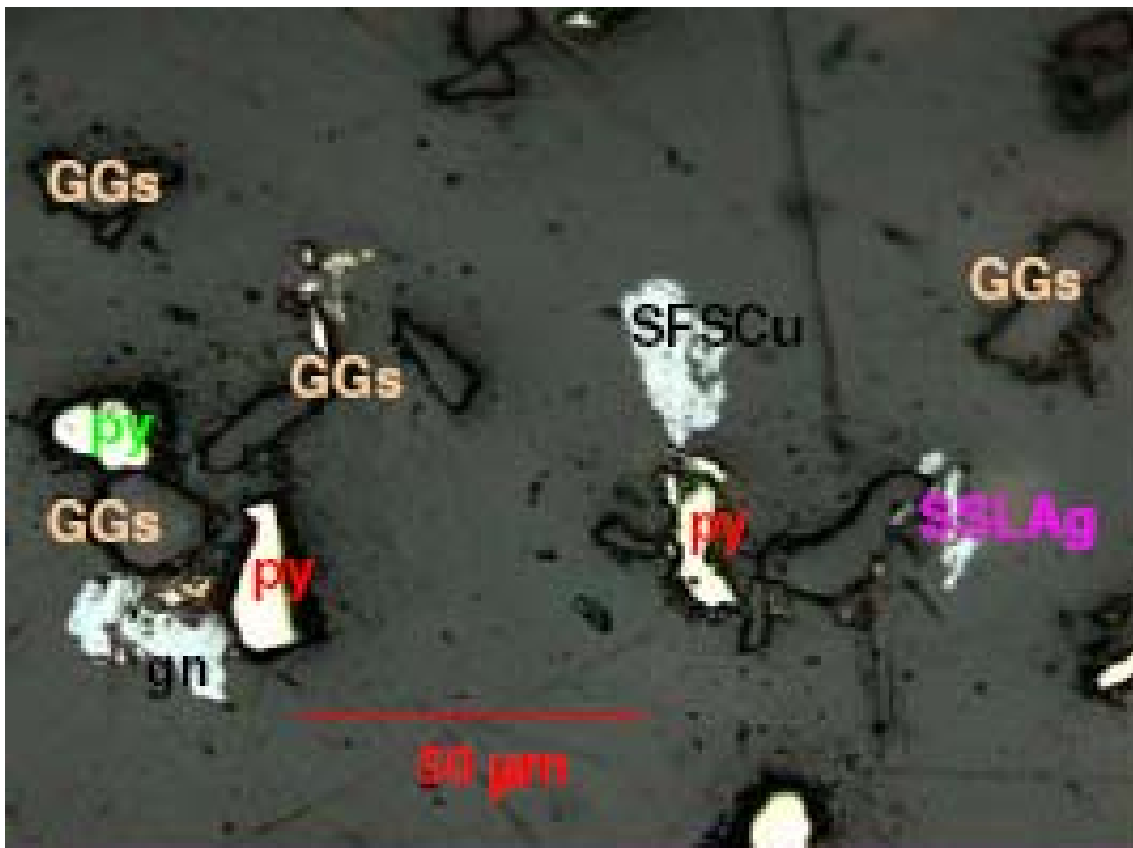
Malla +200.- Gangas, pirita y marcasita libres. Mixto calcopirita/sulfosal de plata



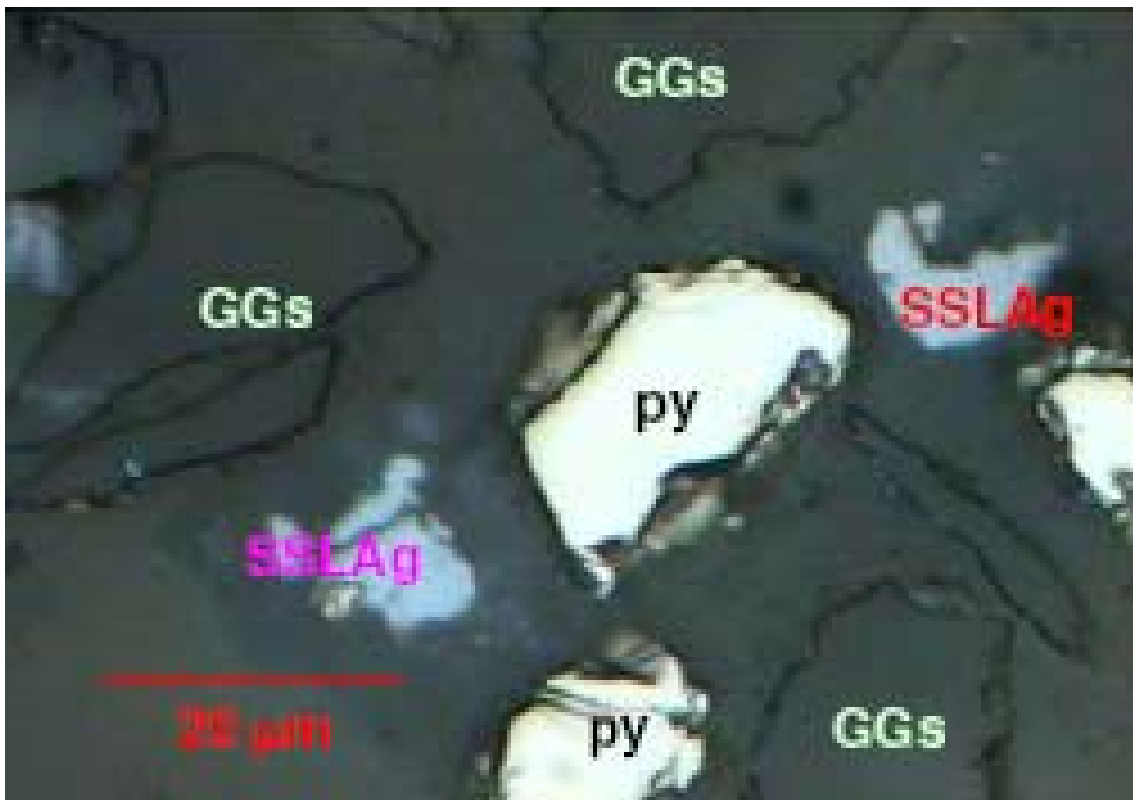
Malla +400.- Pirita, esfalerita, galena, sulfosales de plata y gangas libres



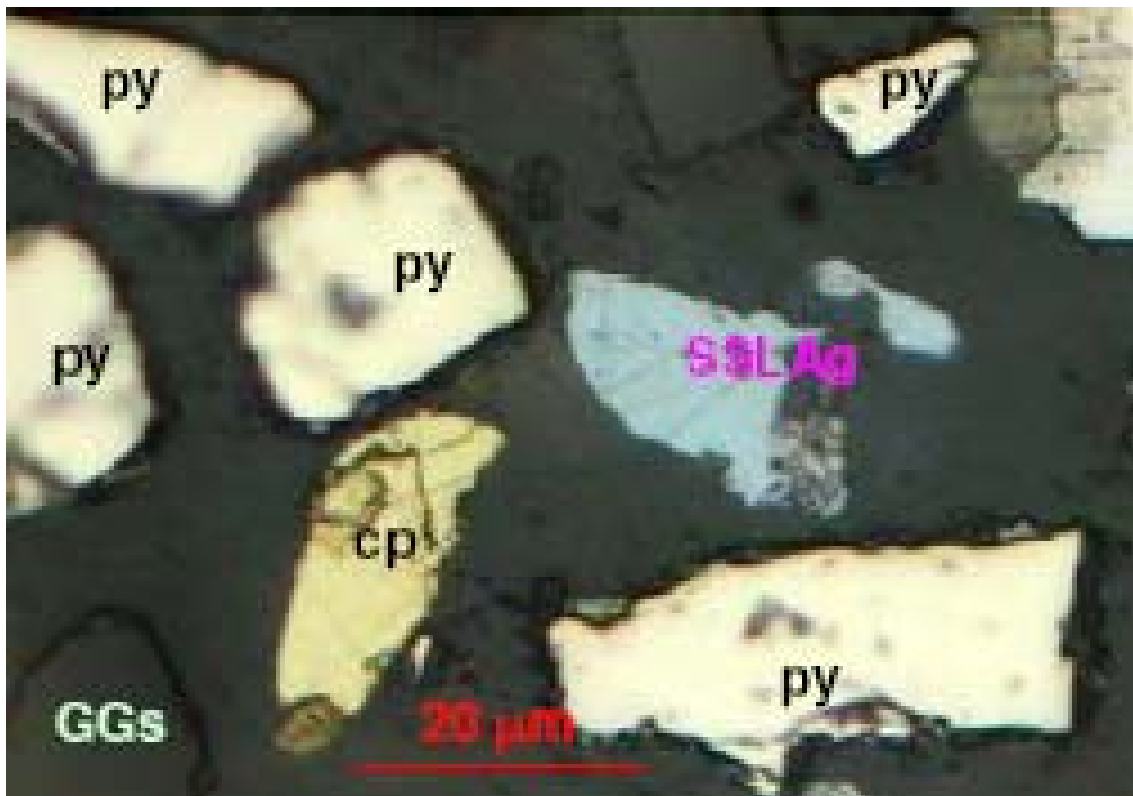
Malla +400.- Pirita, calcopirita, sulfosal de plata y gangas libres. Mixtos calcopirita/pirita, sulfosal de plata/gangas y calcopirita/sulfuro secundario de cobre



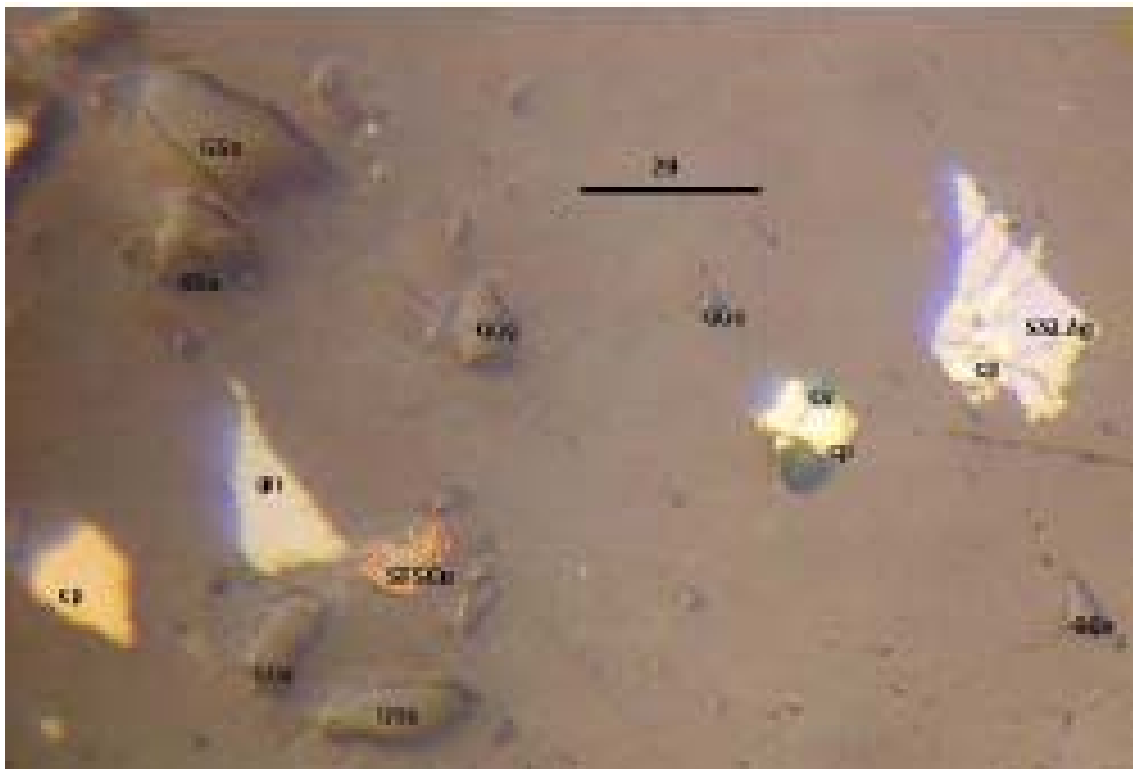
Malla +500.- Gangas, pirita, galena, sulfosal de plata y sulfuro secundario de cobre libres.



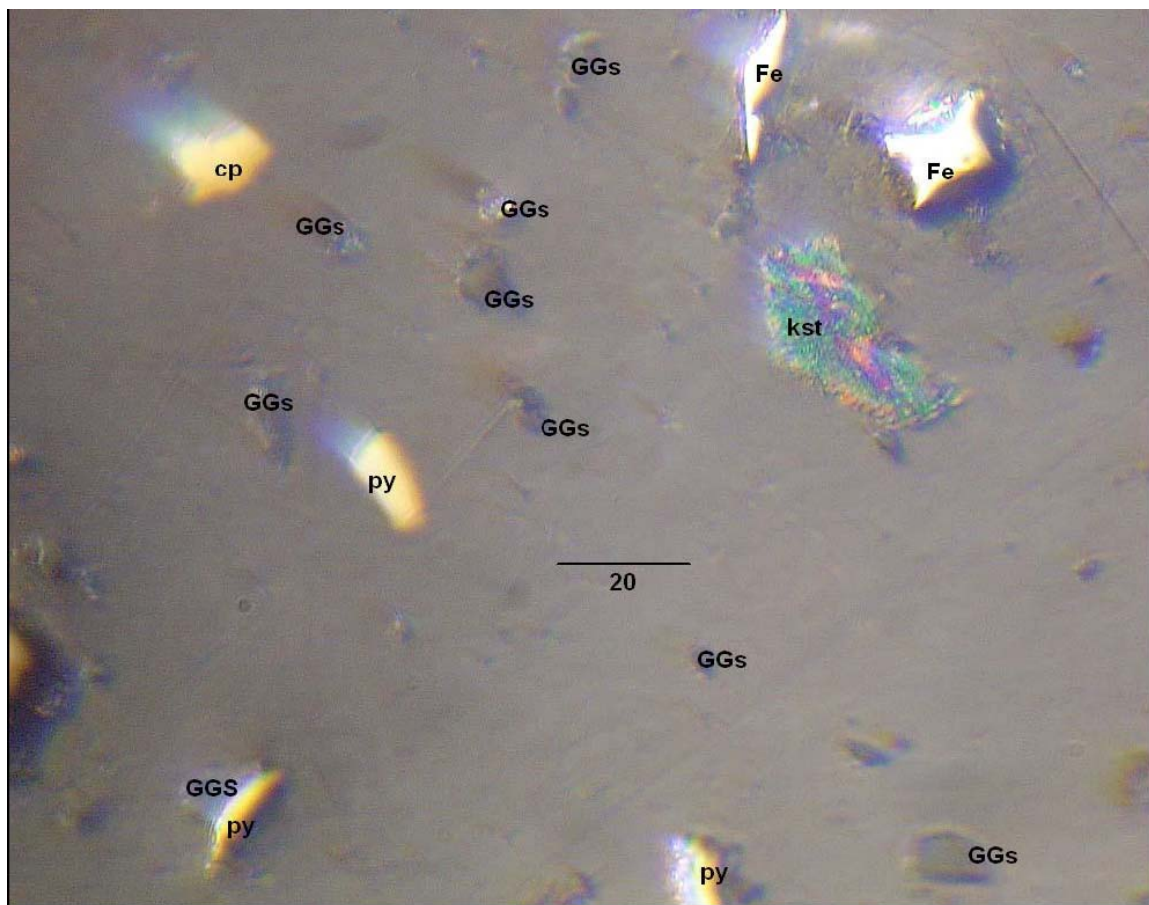
Malla +500 (lavado).- Pirita, gangas y sulfosales de plata como partículas libres



Malla +500 (lavado).- Pirita, calcopirita, gangas y sulfosales de plata, libres.



Malla -500 (lavado).- Galena, calcopirita, sulfuro secundario de cobre y gangas libres. Mixtos calcopirita/sulfosales de Ag y calcopirita/covelita



Malla – 500 (lavado).- Calcopirita, pirita, kustelita y gangas libres y un mixto pirita/gangas.

PROYECTO DEL CIRCUITO DE FLOTACIÓN FLASH EN MEJORA DE LA RECUPERACIÓN DE ORO GRUESO

Partículas libres	MALLA +150									
	Au	cp	ef	gn	SFSCu	SSLAg	py	GGs		
Au	0.10	0.10 (100.00)								
CGRs										
cp	0.05		0.05 0.00							
ef	0.05			0.05 0.00						
gn	0.00				0.00 0.00					
Kst										
SFSCu	0.20					0.20 0.00				
SSLAg	0.20						0.20 (100.00)			
py	20.25							20.25 (100.00)		
GGs	72.25								72.55 (100.00)	
	93.10	0.10	0.05	0.05	0.00	0.20	0.20	20.25		72.55
Partículas Mixtas										
CGRs/GGs										
cp/SSLAg										
cp/py	0.05		0.05 (34.00)					T 0.00		
cp/GGs	1.25		0.20 0.30							1.25 (32.20)
ef/SFSCu										
ef/py	0.05			T					0.05 (91.00)	
ef/GGs	0.20			0.00 0.05 (0.60)						0.15 (70.25)
gn/py										
gn/GGs	0.05				T	0.00				0.05 (31.00)
SFSCu/SSLAg										
SFSCu/py										
SFSCu/GGs	0.70					0.10 (2.00)				0.60 (72.00)
SSLAg/py	0.10						0.05 (25.00)	0.05 (25.00)		
SSLAg/GGs	0.75						0.10 (4.55)			0.65 (75.70)
py/GGs	0.10							1.20 (16.30)		1.90 (50.50)
CGRs/cp/GGs										
cp/SSLAg/py										
cp/SSLAg/GGs										
ef/py/GGs	0.05			T	0.00	T	0.00			0.05 (64.00)
Total	96.40	0.10	0.40	0.10	t	0.20	0.35	21.55		33.12
		100.00	22.40	54.00	0.00	63.20	62.00	52.20		95.90

PROYECTO DEL CIRCUITO DE FLOTACIÓN FLASH EN MEJORA DE LA RECUPERACIÓN DE ORO GRUESO

Partículas libres	MALLA +200								
	CGRs	cp	ef	gn	SFSCu	SSLAg	py	GGs	
Au									
CGRs	0.20	0.20 0.00							
cp	0.15		0.15 0.00						
ef	0.00			0.00 0.00					
gn	0.15				0.15 (100.00)				
Kst									
SFSCu	0.30					0.20 0.00			
SSLAg	0.40						0.40 (100.00)		
py	36.95							36.35 (100.00)	
GGs	54.00								50.00 (100.00)
	93.15	0.20	0.15	0.00	0.15	0.30	0.40	36.55	50.00
Partículas Mixtas									
CGRs/GGs	0.75	0.20 (12.75)							0.55 (0.75)
cp/SSLAg									
cp/py	0.15		0.05 (16.00)					0.10 (36.00)	
cp/GGs	1.95		0.25 (2.45)						1.70 (33.65)
ef/SFSCu									
ef/py									
ef/GGs	0.30			0.05 (1.50)					0.25 (34.40)
gn/py					0.05 1.15				0.25 (31.15)
gn/GGs	0.30								
SFSCu/SSLAg									
SFSCu/py									
SFSCu/GGs									
SSLAg/py									
SSLAg/GGs	1.95						0.30 (2.65)		1.65 (34.50)
py/GGs	5.75							1.50 (12.65)	0.05 (55.95)
CGRs/cp/GGs	0.10 T	0.00 T	0.00						0.10 (32.00)
cp/SSLAg/py									
cp/SSLAg/GGs	0.60		0.05 0.00				0.10 (1.90)		0.45 (31.15)
ef/py/GGs									
Total	100.00	0.00	0.50	0.55	0.20	0.30	0.20	39.35	50.90
		37.30	31.30	1.90	32.00	100.00	54.20	52.80	94.90

PROYECTO DEL CIRCUITO DE FLOTACIÓN FLASH EN MEJORA DE LA RECUPERACIÓN DE ORO GRUESO

Partículas libres	MALLA +400								
	CGRr	cp	ef	gn	SFSCu	SSLAg	py	GGs	
Au									
CGRs	0.10	1.10 (100.00)							
cp	1.70		1.70 (100.00)						
ef	0.75			0.75 (100.00)					
gn	0.20				0.20 (100.00)				
Kst	2.05					2.05 (100.00)			
SFSCu	1.50						1.50 (100.00)		
SSLAg	20.10							20.10 (100.00)	
py	35.70								35.70 (100.00)
GGs									
	62.10	1.10	1.70	0.75	0.20	2.05	1.50	20.10	35.70
Partículas Mixtas									
CGRs/GGs	0.20	0.10 (1.50)							0.10 (73.90)
cp/SSLAg	0.15		0.05				0.10		
cp/py	0.10		0.05						
cp/GGs	0.20		0.10						0.20
ef/SFSCu									
ef/py	0.20			0.05				0.15	
ef/GGs	0.10			0.05					0.05
gn/py									
gn/GGs	0.05				0.05				T 0.00
SFSCu/SSLAg									
SFSCu/py	0.10					0.05		0.05	
SFSCu/GGs	0.65					0.30			0.35
SSLAg/py									
SSLAg/GGs	0.30						0.10 0.00		0.20 (61.00)
py/GGs	0.35							0.15 (11.75)	0.20 (66.75)
CGRs/cp/GGs									
cp/SSLAg/py									
cp/SSLAg/GGs									
ef/py/GGs									
Total	100.00	1.20	1.00	0.05	0.25	2.40	2.10	50.50	40.50
		91.00	99.50	99.20	50.00	65.00	50.50	95.20	99.20

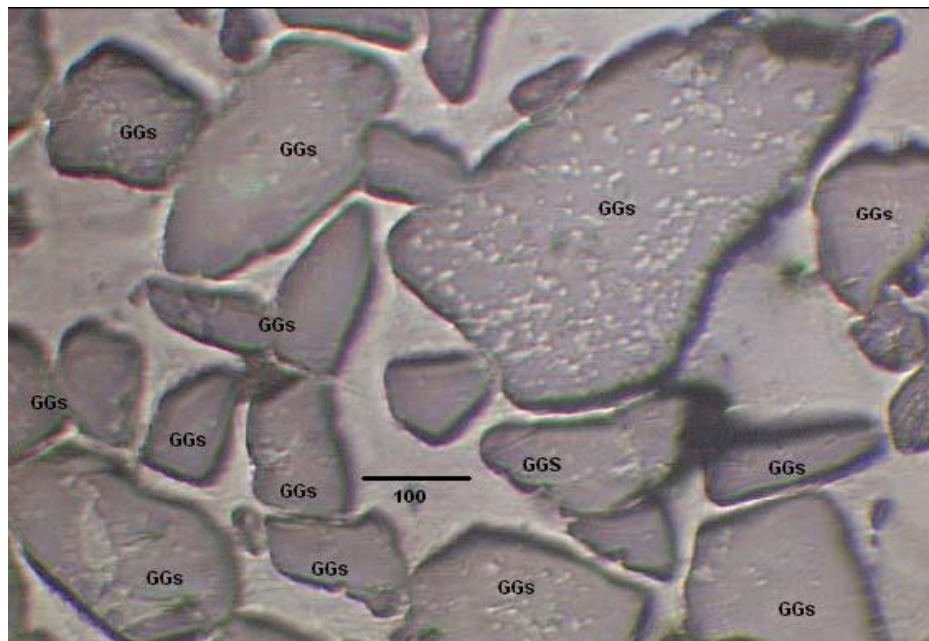
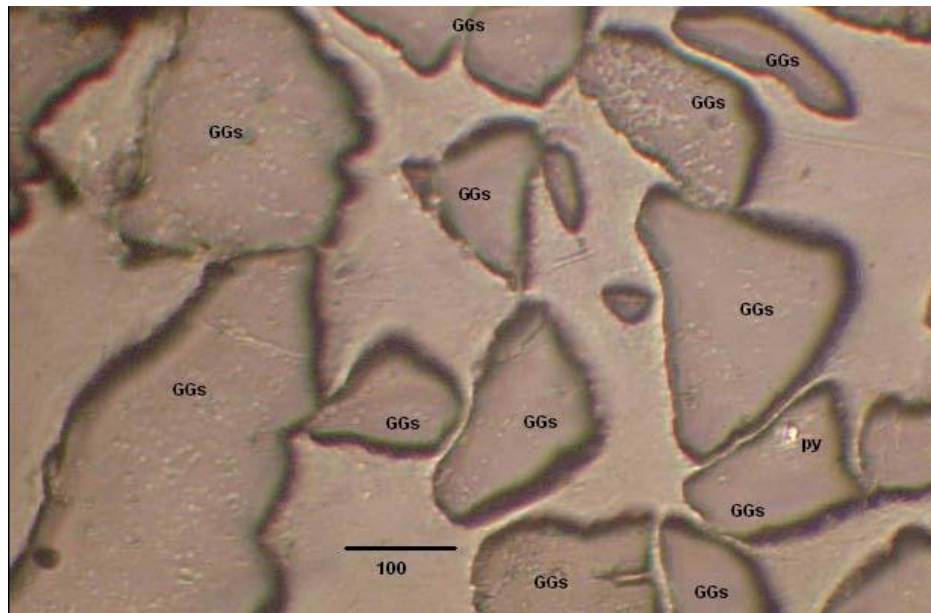
PROYECTO DEL CIRCUITO DE FLOTACIÓN FLASH EN MEJORA DE LA RECUPERACIÓN DE ORO GRUESO

Partículas libres	MALLA +500							
	CGRs	cp	gn	SFSCu	SSLAg	py	GGs	
Au								
CGRs	1.70	1.70 (100.00)						
cp	1.25		1.25 (100.00)					
ef								
gn	0.50			0.50 (100.00)				
Kst								
SFSCu	0.50				0.50 (100.00)			
SSLAg	0.25					0.25 (100.00)		
py	25.05						25.05 (100.00)	
GGs	66.05							60.05 (100.00)
	95.30	1.70	1.25	0.50	0.50	0.25	25.05	60.05
Partículas Mixtas								
CGRs/GGs								
cp/SSLAg								
cp/py	1.40	0.25 (1.90)						1.15 (72.00)
cp/GGs								
ef/SFSCu								
ef/py								
ef/GGs								
gn/py	0.25			0.20 (72.00)			0.05 (2.00)	
gn/GGs								
SFSCu/SSLAg								
SFSCu/py								
SFSCu/GGs								
SSLAg/py								
SSLAg/GGs	0.20					T		0.20
py/GGs	1.65					0.00	0.40 (11.78)	1.25 (66.71)
CGRs/cp/GGs								
cp/SSLAg/py								
cp/SSLAg/GGs								
ef/py/GGs								
Total	100.00	1.05	1.25	0.70	0.50	0.05	25.50	69.25
		97.40	100.00	92.00	100.00	100.00	92.40	99.70

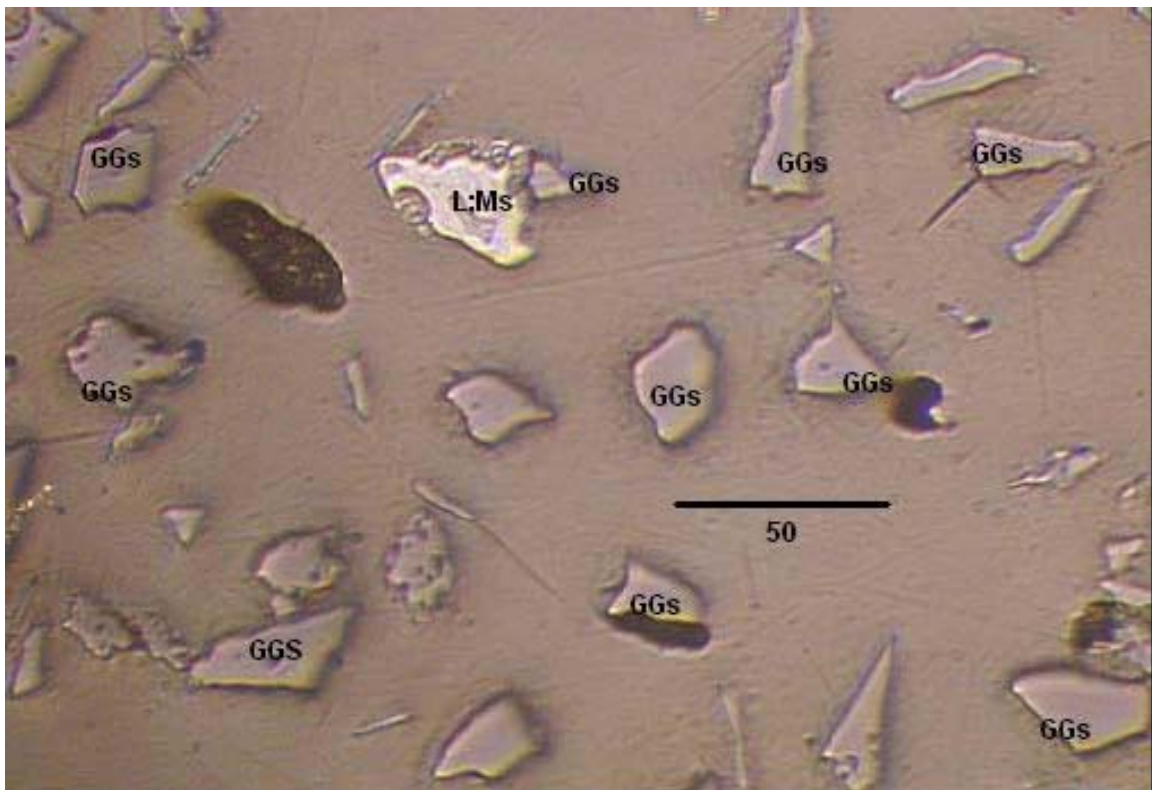
PROYECTO DEL CIRCUITO DE FLOTACIÓN FLASH EN MEJORA DE LA RECUPERACIÓN DE ORO GRUESO

Partículas libres	MALLA -500									
	CGRs	cp	ef	gn	Kst	SFSCu	SSLAg	py	GGs	
Au										
CGRs	2.50	2.50 (100.00)								
cp	2.15		2.15 (100.00)							
ef	0.75			0.75 (100.00)						
gn	0.75				0.75 (100.00)					
Kst	T				T					
SFSCu	0.50					0.50 (100.00)				
SSLAg	2.45						2.45 (100.00)			
py	49.25							49.25 (100.00)		
GGs	39.70								39.70 (100.00)	
	98.05	2.50	2.15	0.75	0.75	T	0.50	2.45	49.25	39.70
Partículas Mixtas										
CGRs/GGs	0.25	0.20								
cp/SSLAg										
cp/py	0.15		0.10							
cp/GGs	0.40		0.10							
ef/SFSCu	0.15			0.10						
ef/py										
ef/GGs										
gn/py	0.15				0.05					
gn/GGs	0.30				0.05					
SFSCu/SSLAg	0.15					0.05	0.10			
SFSCu/py	0.20					0.15		0.05		
SFSCu/GGs										
SSLAg/py	0.15						0.10	0.05		
SSLAg/GGs	0.40						0.10		0.30	
py/GGs	0.60							0.30	0.30	
CGRs/cp/GGs										
cp/SSLAg/py	0.10	T					0.10	T		
cp/SSLAg/GGs										
ef/py/GGs	0.15			0.05				T		0.10
Total	100.00	2.50	2.05	0.00	0.05	T	0.70	2.05	49.80	41.05

5. MINEROGRAFIA DEL RELAVE



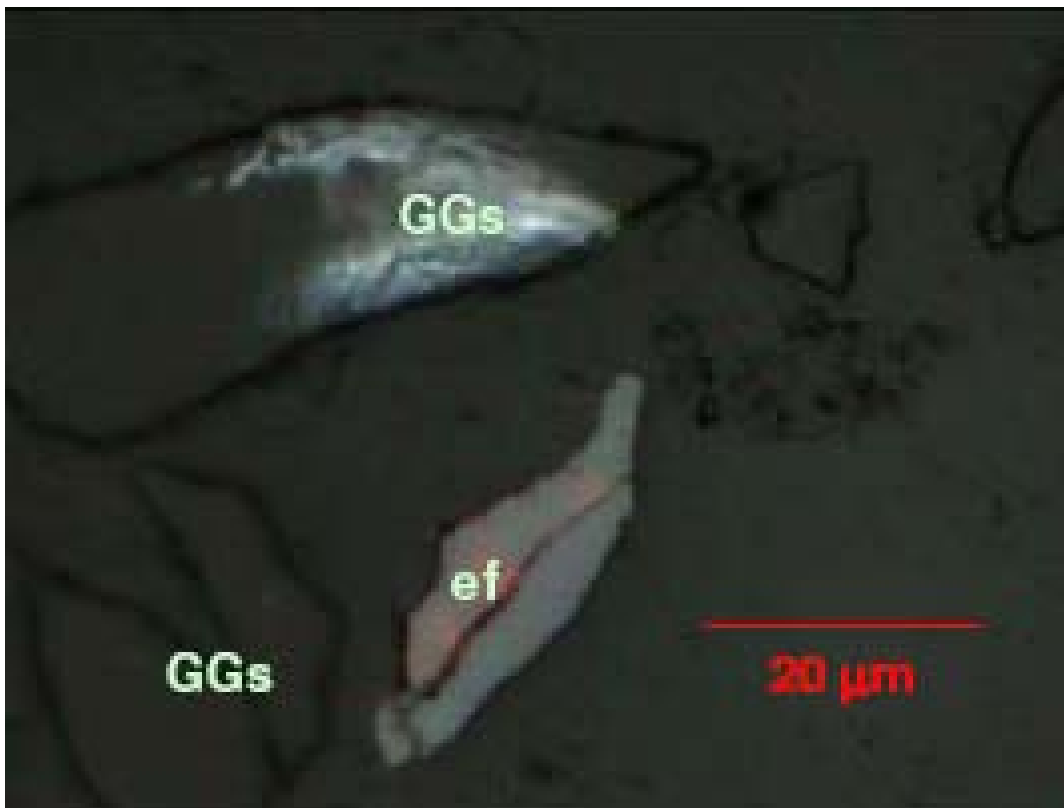
Malla +100.- Notoria escasez de minerales metálicos. En la foto de arriba una de las gangas presenta minúscula inclusión de pirita. Obsérvese la abundancia de pequeños granos y vetillas de minerales oxidados que han reemplazado a los minerales originales.



Malla +400.- Limonita/gangas y gangas libres



Malla +500 (lavado).- Gangas y kustelita libres. Obsérvese el pequeño tamaño de las partículas



Malla +500 (lavado).- Gangas y esfalerita libres.

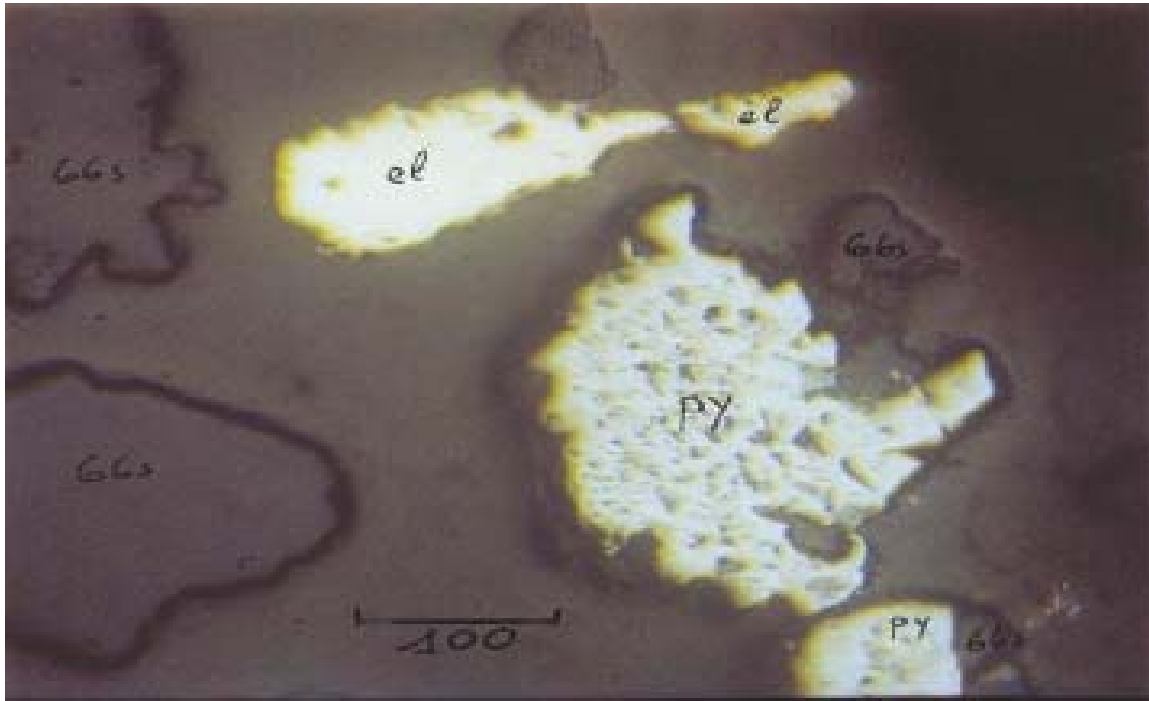
MUESTRA: Relave

Partículas libres	Malla + 100		Malla + 200	
	ef	GGs	GGs	
ef	0,10	0,10		
	(100,00)			
py				
GGs	99,70	99,70	100,00	100,00
		(100,00)		(100,00)
Partículas mixtas	99,80	0,10	99,70	100,00
ef/ GGs	0,20	0,05	0,15	
		(3,50)	(68,50)	
py/ GGs				
Total (Vol.%)	100,00	0,15	99,85	100,00
G.L.(%)		67,83	99,95	100,00

tr. = trazas

Malla + 400		Malla +500			Malla + 500 (LAVADO)		
GGs		ef	py	GGs	py		GGs
		0,05	0,05				
		(100,00)					
		0,50	0,50		0,30	0,30	
		(100,00)			(100,00)		
100,00	100,00	99,15		99,15	99,70		99,70
	(100,00)			(100,00)			(100,00)
100,00	100,00	99,70	0,05	0,50	100,00	0,30	99,70
		0,30	0,10	0,20			
		(1,50)		(60,00)			
100,00	100,00	100,00	0,05	0,60	100,00	0,30	99,70
				99,35			
	100,00		100,00	83,58			99,92

6. MINEROGRAFIA DEL CONCENTRADO FLASH

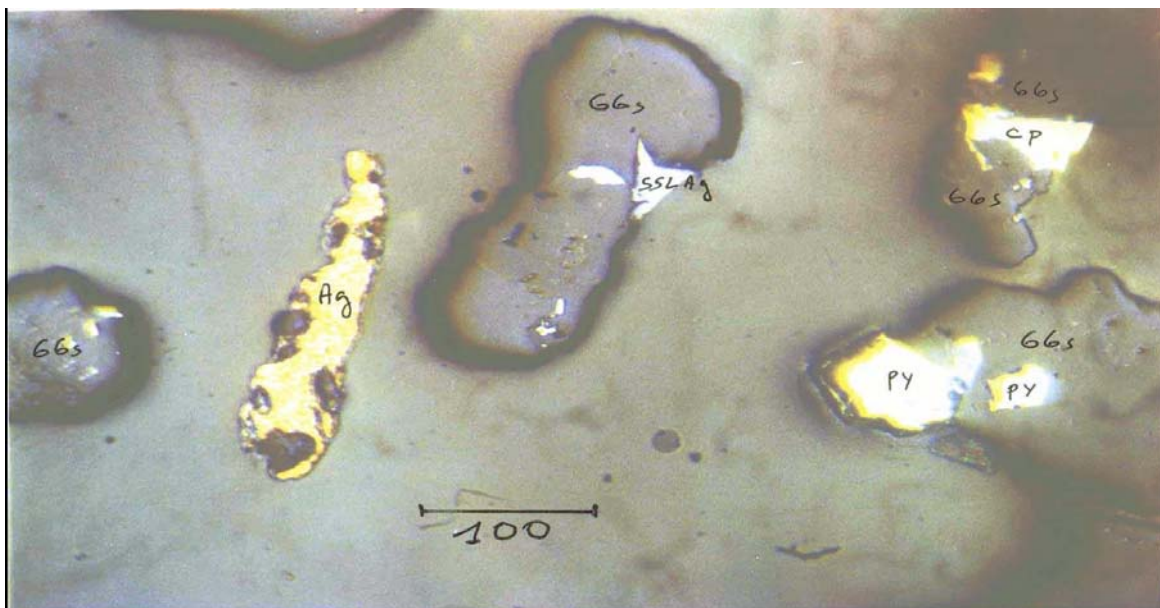


FOTOGRAFIAS DEL ESTUDIO MICROSCOPICO

(Escala gráfica en micrones)

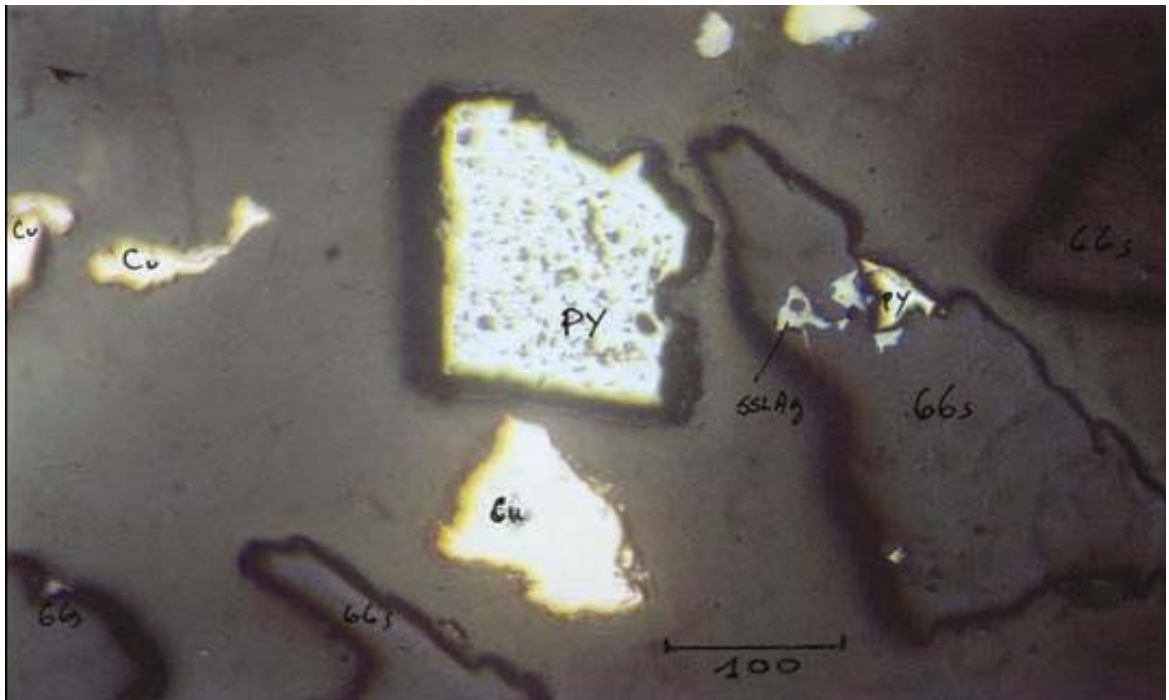
Malla +65

Granos de electrum y gangas como partículas libres. Amarres pirita/gangas (Obsérvese pequeñas inclusiones de esfalerita dentro de la pirita más grande).



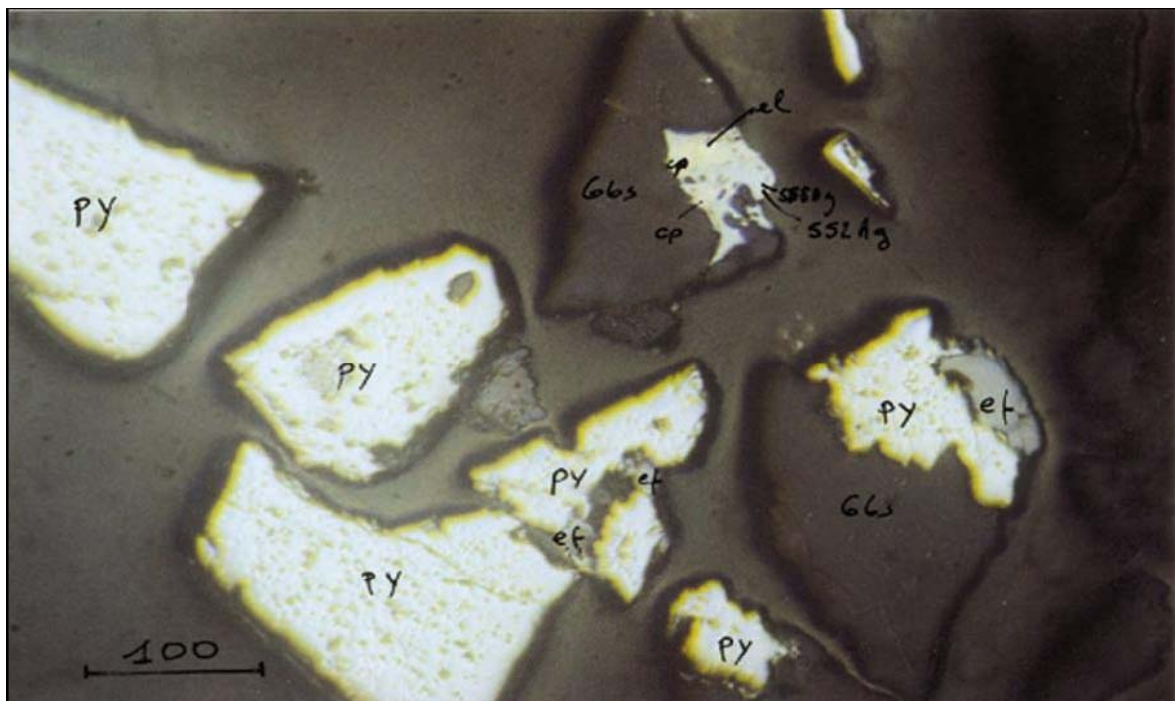
Malla +65

Plata nativa, con pequeños relictos de gangas. Mixtas pirita/gangas, calcopirita/gangas y sulfosales de plata/gangas

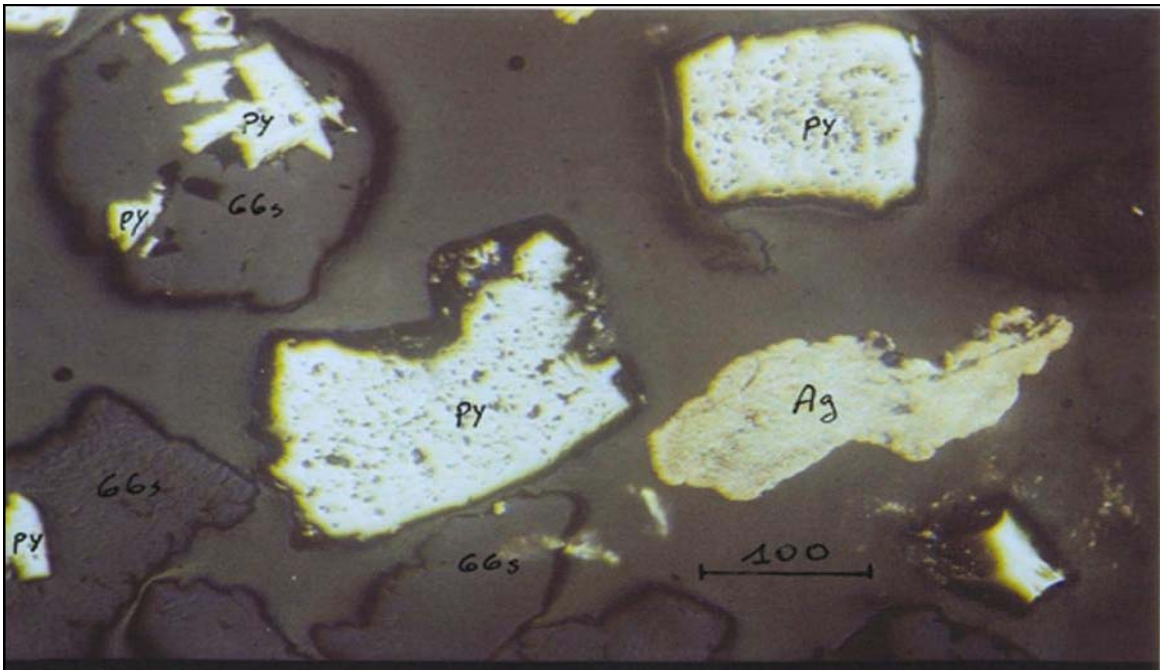


Malla + 65

Cobre nativo, pirita y gangas libres. Partícula mixta de pirita parcialmente reemplazada por sulfosales de plata e incluida dentro de gangas

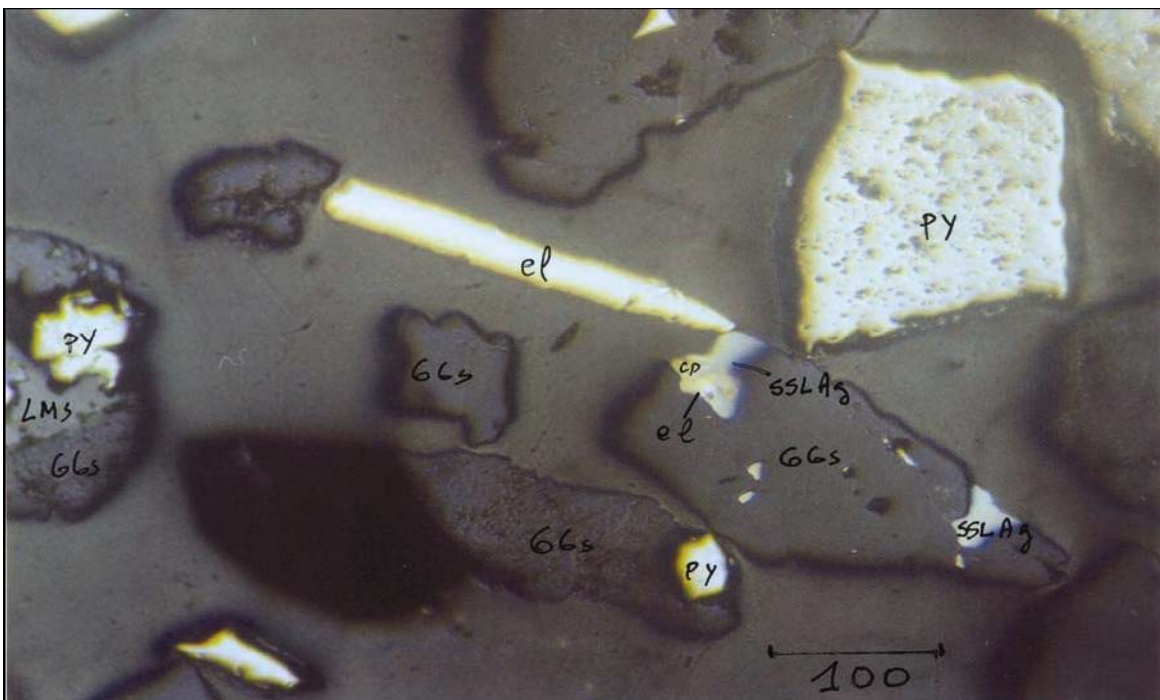


Malla +100 Piritas libres. Partículas mixtas esfalerita/pirita, pirita/esfalerita/gangas y calcopirita/sulfosales de plata/gangas (dentro de la calcopirita se observa una fina inclusión subredondeada de electrum)



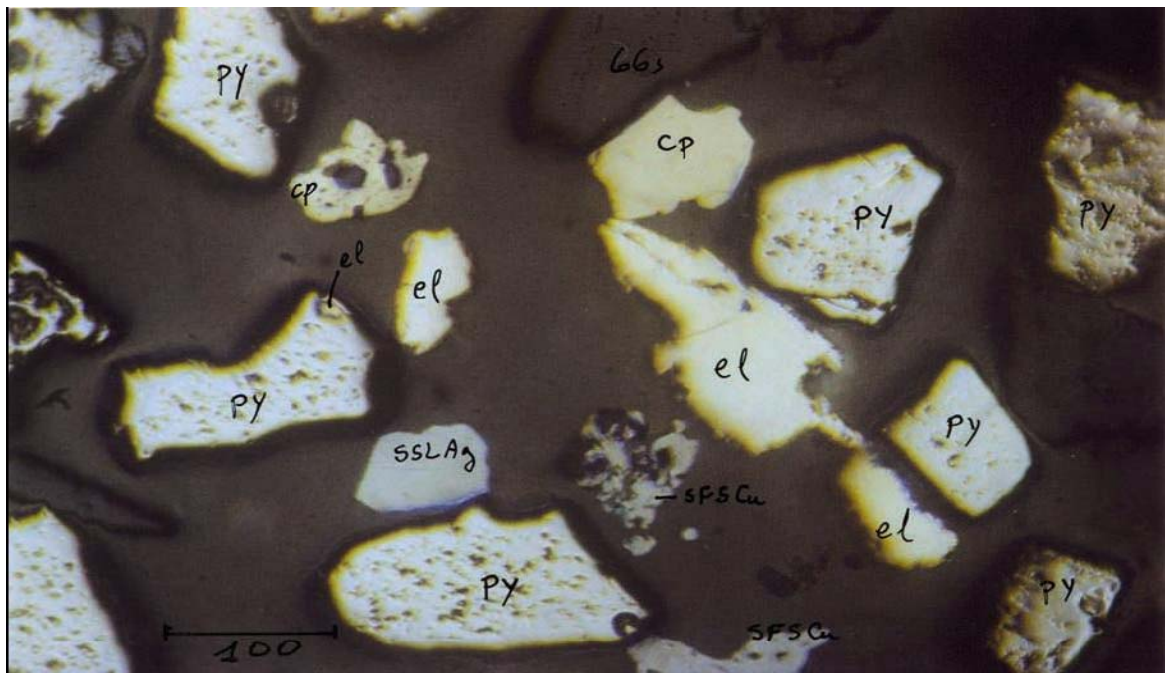
Malla + 100

Plata nativa, pirita y gangas libres. Mixtos pirita/gangas



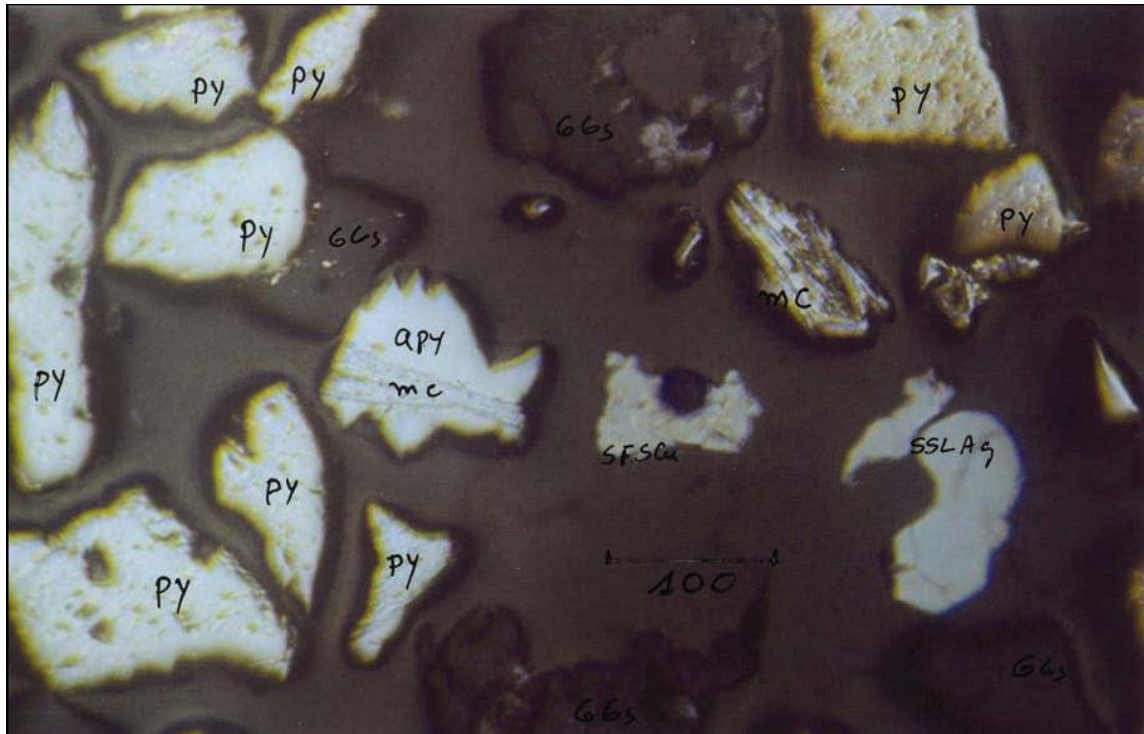
Malla + 100

Partícula alargada de electrum y partículas de pirita y gangas. Mixtas pirita/limonitas/gangas y calcopirita/sulfosales de plata/gangas (fina inclusión de electrum dentro de calcopirita)



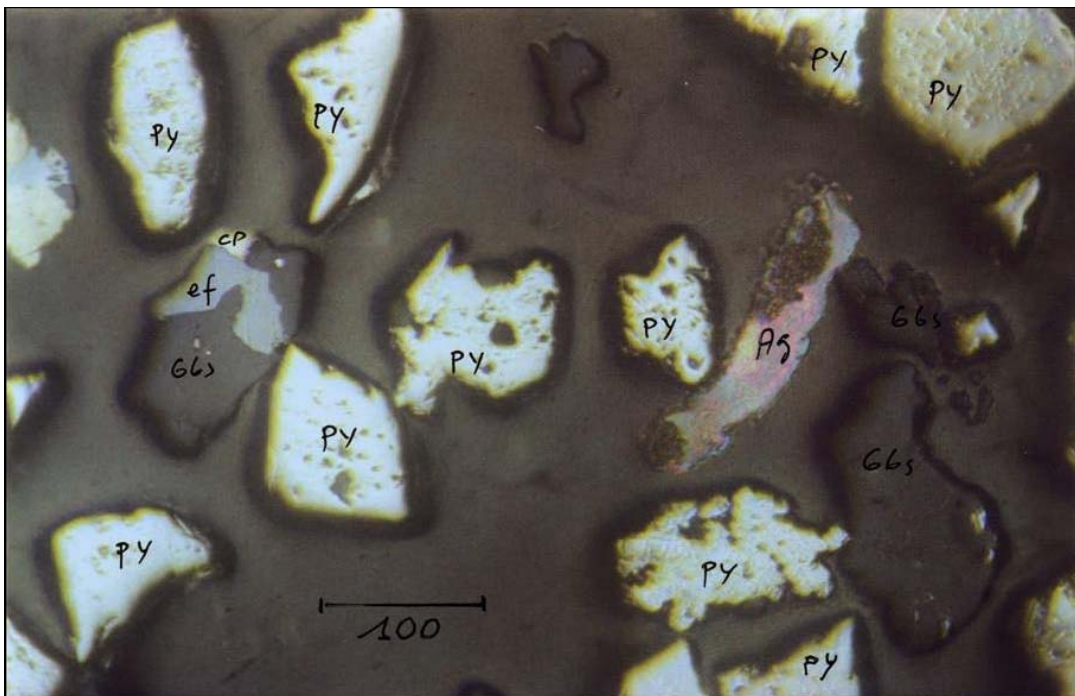
Malla +200

Numerosas partículas libres (pirita, electrum, calcopirita, sulfuros secundarios de Cobre y sulfosales de plata). En la parte central, partícula mixta sulfuros secundarios de cobre/gangas.



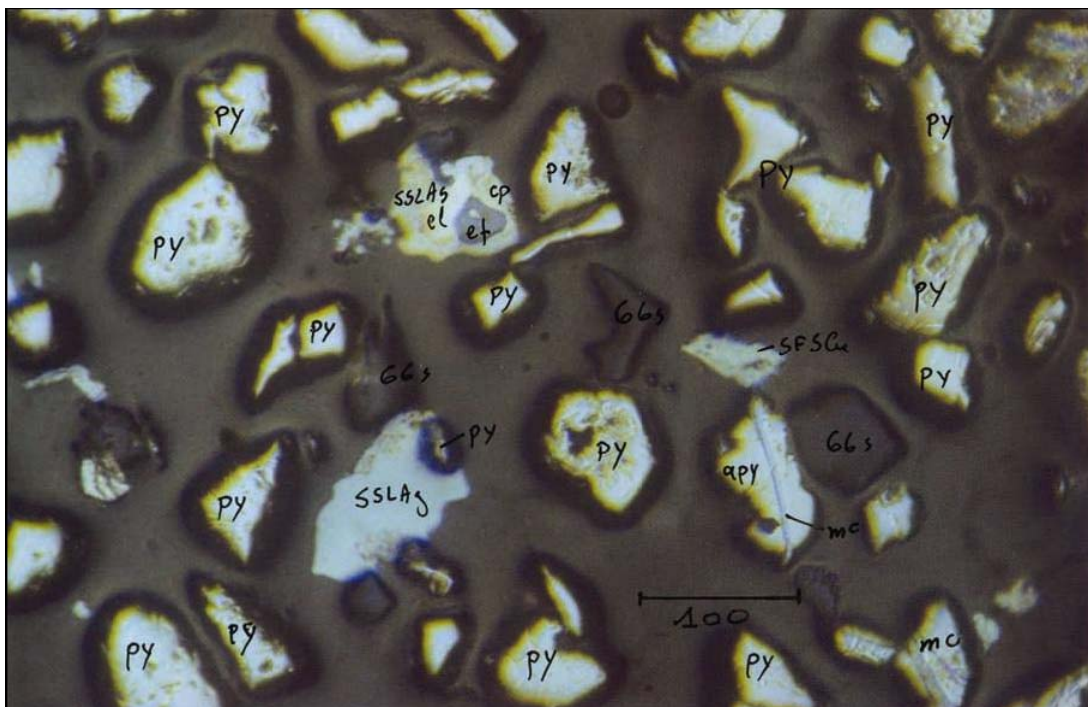
Malla + 200

Abundantes piritas, junto con gangas, sulfuros secundarios de cobre, sulfosales de plata y marcasita como partículas libres. Arsenopirita cortada por venillas de marcasita.



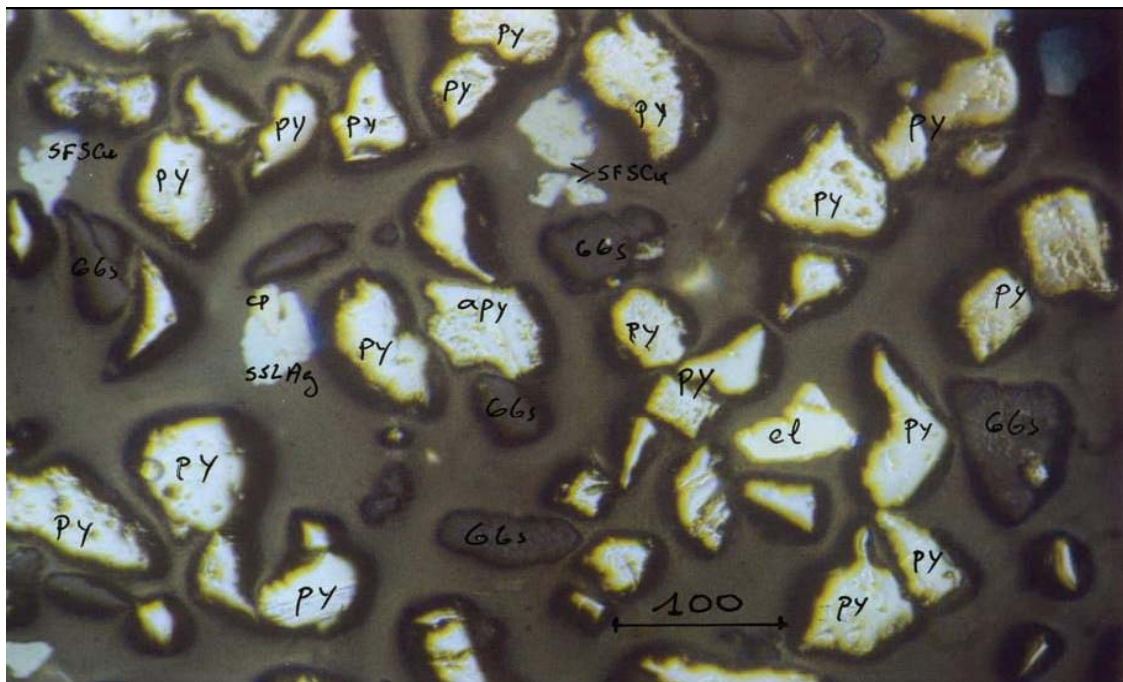
Malla +200

Piritas y plata nativa (obsérvese colores anómalos por oxidación superficial) como partículas libres. Partícula mixta calcopirita/esfalerita/gangas.



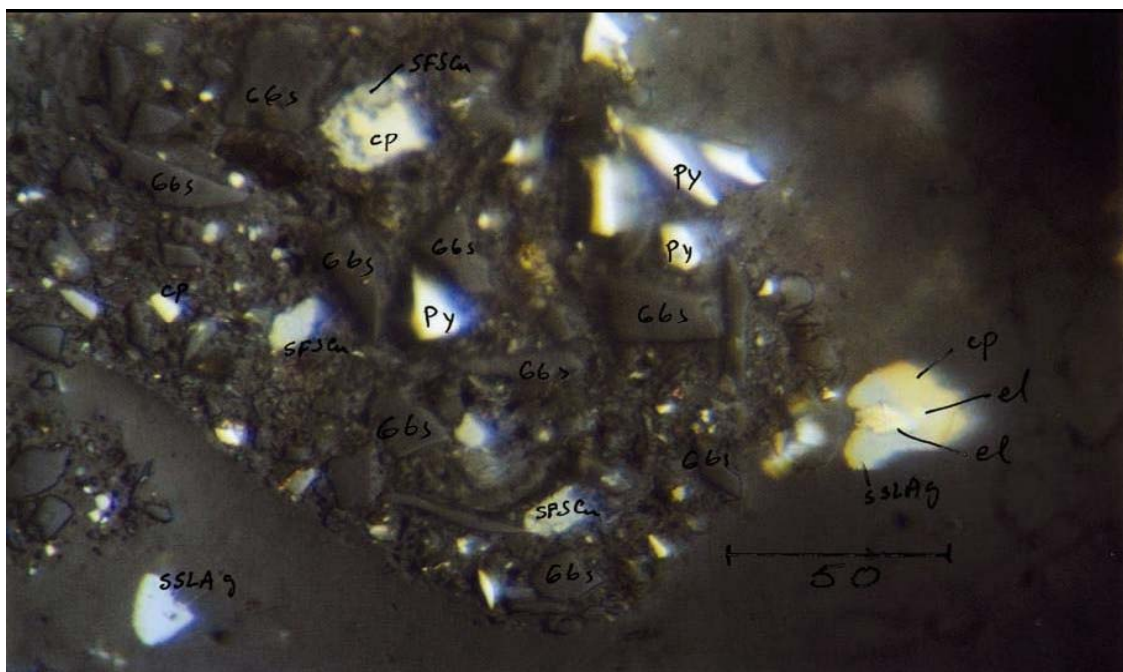
Malla +400

Piritas (abundantes) y gangas libres. Sulfosal de plata con relicto de piritas. En la parte superior izquierda una partícula muy compleja formada de esfalerita sucesivamente corroída por calcopirita y sulfosal de plata, en cuya porción central se observa una inclusión de electrum.



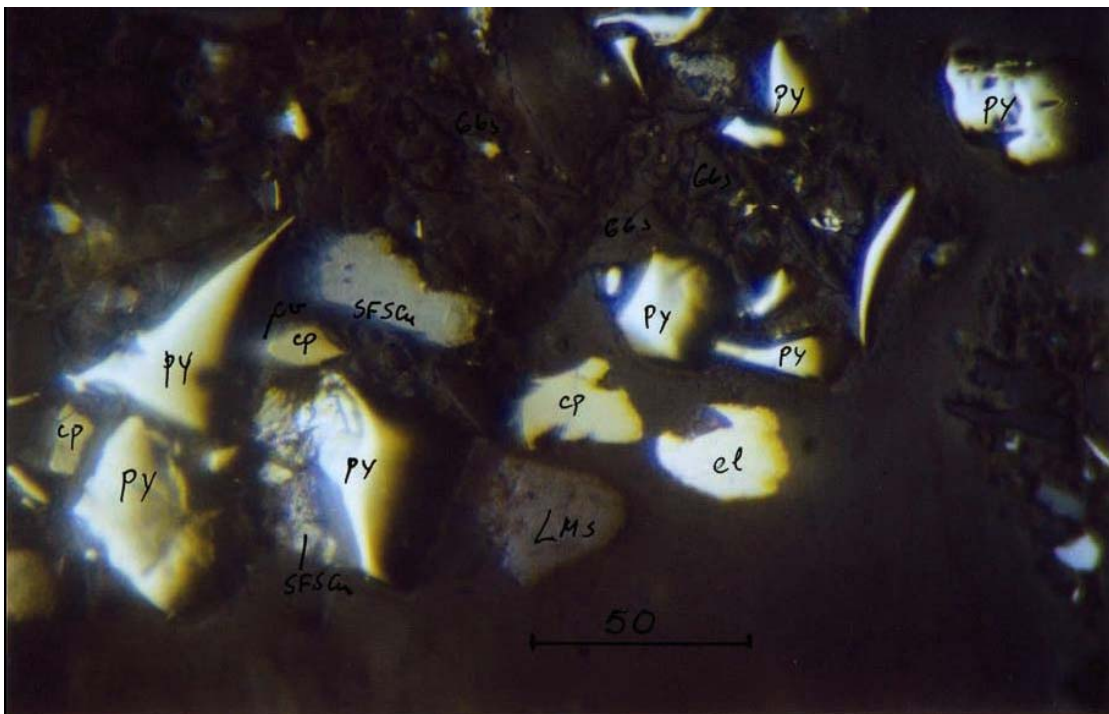
Malla +400

Liberación muy avanzada. Partículas libres de pirita, sulfuros secundarios de cobre, sulfosales de plata, electrum y gangas. En la parte central izquierda, sulfosal de plata corroe a calcopirita.



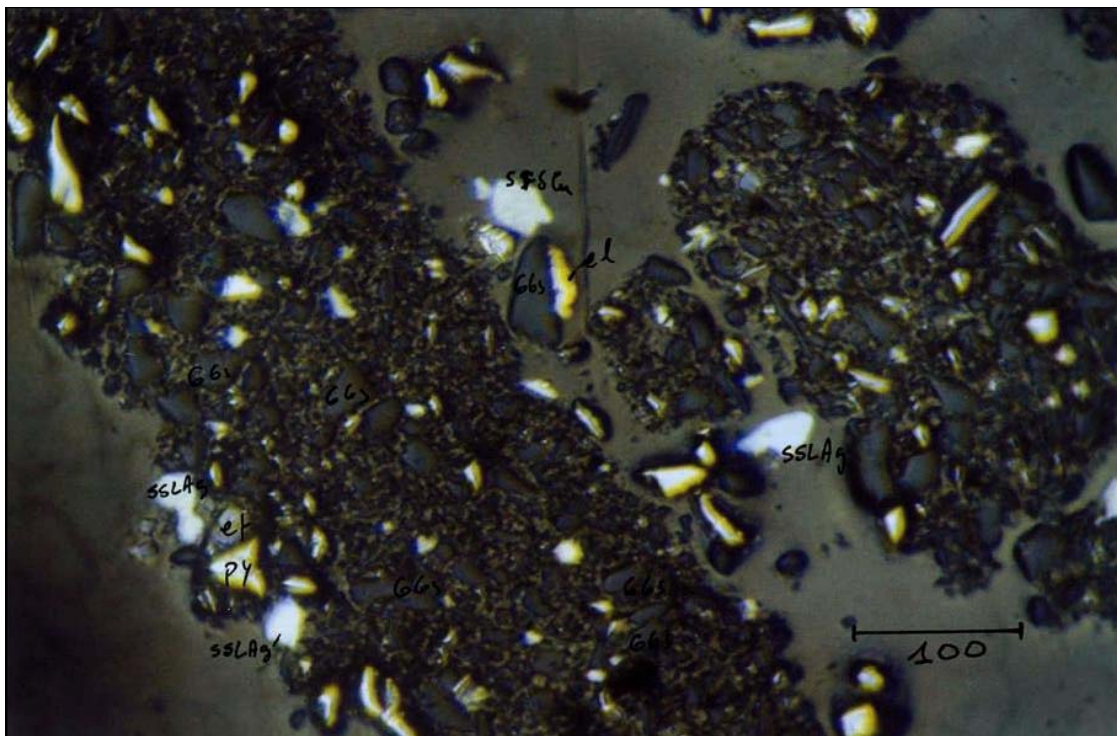
Malla -400

Grumo constituido por la aglutinación de sulfuros y abundantes gangas. Se observa numerosos granos de pirita y sulfosales de plata. Calcopirita parcialmente reemplazada por sulfuros secundarios de cobre. En la parte inferior izquierda, calcopirita asociada con sulfosal de plata; ambos minerales contienen finas inclusiones de electrum.



Malla -400

Pirita, calcopirita, electrum, sulfuros secundarios de cobre, limonitas y abundantes gangas; todas como partículas libres,



Malla -400

Grupos con abundante presencia de gangas. Los sulfuros más importantes son: pirita, sulfosales de plata y sulfuros secundarios de cobre. Obsérvese que la pirita ha disminuido notoriamente en comparación con las fracciones más gruesas

PROYECTO DEL CIRCUITO DE FLOTACIÓN FLASH EN MEJORA DE LA RECUPERACIÓN DE ORO GRUESO

Porcentaje de abundancia (volumen %) y grado de liberación parcial (entre paréntesis) de las especies minerales presentes libres y/o mixtas. En la parte inferior, el grado de liberación total (G.L.) calculado para cada especie mineral.

Partículas libres	MALLA +65													
	Au	cp	Cu	ef	SFSCu	SSLAG	apy	py	GGS		Ag	Au	cp	
Ag											0.30	0.30		
Au	0.70	0.70									0.30	0.30		
		(100.00)										(100.00)		
CGRs														
cp	0.00	0.00									0.00		0.00	
Cu	1.05		1.05								0.65			
			(100.00)											
ef	0.00			0.00							0.00			
gn														
SFSCu	0.35				0.35						1.60			
					(100.00)									
SSLAG	0.35					0.35					0.00			
						(100.00)								
apy							0.00				0.30			
py	20.50							20.50			44.00			
								(100.00)						
GGS	56.60								56.60		40.40			
									(100.00)					
Partículas mixtas	79.55	0.70	0.00	1.05	0.00	0.35	0.35	0.00	20.50	56.60	87.55	0.30	0.30	0.00
cp/ef														
cp/SSLAG														
cp/py														
cp/GGS	1.90	0.40								1.50	0.30		0.05	
		(8.00)								(70.00)			(2.00)	
ef/SSLAG														
ef/py											1.05			
ef/GGS														
gn/SFSCu														
SFSCu/py											0.30			
SFSCu/GGS	0.35				0.30					0.05				
					(56.00)					(6.00)				
SSLAG/py														
SSLAG/GGS	1.90				0.40					1.50	1.40			
					(7.60)					(63.60)				
apy/GGS	0.35						0.30			0.05	1.05			
							(72.00)			(2.00)				
py/GGS	13.05							4.00	9.05	7.35				
								(13.40)	(56.40)					
cp/ef/GGS	0.80	0.10		0.05						0.85				
		(1.50)		(1.00)						(84.00)				
cp/SSLAG/py											0.30		0.20	
													(56.00)	
cp/py/GGS	0.35	0.05						0.05	0.25					
		(1.00)						(1.00)	(64.00)					
ef/apy/GGS	0.35			0.05			0.20		0.10	0.00				
				(18.00)			(1.00)		(18.00)					
ef/py/GGS	0.35			0.20				0.05	0.10					
				(6.00)				(6.00)	(24.00)					
SSLAG/py/GGS	0.35					0.05		0.05	0.25	0.70				
						0.00		(1.00)	(72.00)					
apy/py/GGS	0.35						0.05	0.10	0.20					
							(4.00)	(12.00)	(20.00)					
cp/ef/py/GGS	0.35	0.05		0.05				0.05	0.20					
		(1.00)		0.00				0.00	(72.00)					
Total (Vol.%)	100.00	0.70	0.60	1.05	0.35	0.65	0.80	0.55	24.80	70.50	100.00	0.30	0.30	0.25
G.L.(%)	100.00	5.75	100.00	6.14	79.69	47.55	40.00	84.89	91.76	100.00	100.00	100.00	45.20	
- = trazas		0.70	0.60	1.05	0.35	0.65	0.80	0.55	24.80	70.50		0.30	0.30	0.25

PROYECTO DEL CIRCUITO DE FLOTACIÓN FLASH EN MEJORA DE LA RECUPERACIÓN DE ORO GRUESO

			MALLA +400												
apy	py	GGs	Ag	Au	CGRs	cp	ef	gn	SFSCU	SSLAg	apy	py	GGs		
			0.30	0.30											
			(100.00)												
			0.15	0.15											
			(100.00)												
			0.10		0.10										
			(100.00)												
			1.55			1.55									
			(100.00)												
			0.50				0.50								
			(100.00)												
			0.25					0.25							
			(100.00)					0.00							
			4.45						4.45						
			(100.00)												
			2.70							2.70					
			(100.00)												
0.35			1.00								1.00				
(100.00)			(100.00)								(100.00)				
	67.85		73.45									73.45			
	(100.00)		(100.00)									(100.00)			
		20.25	12.40										12.40		
		(100.00)	(100.00)										(100.00)		
0.35	67.85	20.25	96.85	0.30	0.15	0.10	1.55	0.50	0.25	4.45	2.70	1.00	73.45	12.40	
			0.10				0.10	-							
			(81.00)				(81.00)	0.00							
			0.25				0.10				0.15				
			(14.00)				(14.00)				(37.30)				
	0.40		0.10				0.10						-		
(48.80)			(83.00)				(83.00)						0.00		
		0.55	0.25				0.15							0.10	
		(41.30)	(46.00)				(46.00)							(12.70)	
			0.45					0.15					0.30		
	0.50		(49.40)					(12.60)					(54.60)		
		0.10	(81.00)												
		0.10							0.05	0.05					
									0.00	(60.00)					
			0.30							0.15			0.15		
										(36.50)			(24.00)		
		0.30	0.25							0.20				0.05	
		(34.20)	(67.00)							(67.00)				(3.70)	
			0.40								0.25		0.15		
	0.00		(47.20)								(47.20)		(19.20)		
		0.75	0.30								0.15			0.15	
		(45.30)	(29.30)								(29.30)			(34.30)	
	0.05		0.30									0.25		0.05	
(16.00)		(36.00)	(80.50)									(80.50)		(5.50)	
	1.50	1.90	0.35										0.10	0.25	
	(26.50)	(38.50)	(12.30)										(12.30)	(47.30)	
0.40	70.25	23.90	100.00	0.30	0.15	0.10	2.00	0.65	0.30	4.85	3.25	1.25	74.15	13.00	
89.50	97.78	91.00	100.00	100.00	100.00	100.00	88.85	79.83	83.33	96.26	89.78	92.10	99.38	96.82	
0.40	70.25	23.90	0.30	0.15	0.10	2.00	0.65	0.30	4.85	3.25	1.25	74.15	13.00		

7. SIMULACION FLOTACION FLASH

CC mineral	2.2	CC mineral	2.2	CC mineral	2.2
CC plata	2.12	CC plata	3.12	CC plata	4.12
CC oro	7.69	CC oro	7.69	CC oro	7.69
% Rec Flash Ag	% Rec Ag	% Rec Flash Ag	% Rec Ag	% Rec Flash Ag	% Rec Ag
0%	89.40	0%	89.40	0%	89.4
10%	90.09	10%	90.39	10%	90.67
20%	90.70	20%	91.21	20%	91.66
30%	91.24	30%	91.90	30%	92.47
40%	91.72	40%	92.49	40%	93.13
50%	92.15	50%	93.00	50%	93.690

CC mineral	2.2	CC mineral	2.2	CC mineral	2.2
CC plata	2.12	CC plata	3.12	CC plata	4.12
CC oro	7.69	CC oro	7.69	CC oro	7.69
% Peso CC Flash	0.10%	% Peso CC Flash	0.10%	% Peso CC Flash	0.10%
% Rec Flash Ag	CC Plata g/t	% Rec Flash Ag	CC Plata g/t	% Rec Flash Ag	CC Plata g/t
0%	32541	0%	32541	0%	32541
10%	32793	10%	32901	10%	33002
20%	33014	20%	33199	20%	33365
30%	33210	30%	33451	30%	33658
40%	33384	40%	33666	40%	33899
50%	33540	50%	33851	50%	34101

CC mineral	2.2	CC mineral	2.2	CC mineral	2.2
CC plata	2.12	CC plata	3.12	CC plata	4.12
CC oro	7.69	CC oro	7.69	CC oro	7.69
% Peso CC Flash	0.40%	% Peso CC Flash	0.40%	% Peso CC Flash	0.40%
% Rec Flash Ag	CC Plata g/t	% Rec Flash Ag	CC Plata g/t	% Rec Flash Ag	CC Plata g/t
0%	27128	0%	27128	0%	27128
10%	27339	10%	27429	10%	27513
20%	27523	20%	27677	20%	27816
30%	27686	30%	27887	30%	28060
40%	27831	40%	28066	40%	28261
50%	27962	50%	28221	50%	28430

CC mineral	2.2	CC mineral	2.2	CC mineral	2.2
CC plata	2.12	CC plata	3.12	CC plata	4.12
CC oro	7.69	CC oro	7.69	CC oro	7.69
% Peso CC Flash	1.00%	% Peso CC Flash	1.00%	% Peso CC Flash	1.00%
% Rec Flash Ag	CC Plata g/t	% Rec Flash Ag	CC Plata g/t	% Rec Flash Ag	CC Plata g/t
0%	20390	0%	20390	0%	20390
10%	20548	10%	20615	10%	20679
20%	20686	20%	20802	20%	20906
30%	20809	30%	20960	30%	21090
40%	20918	40%	21095	40%	21241
50%	21016	50%	21211	50%	21368

PROYECTO DEL CIRCUITO DE FLOTACIÓN FLASH EN MEJORA DE LA RECUPERACIÓN DE ORO GRUESO

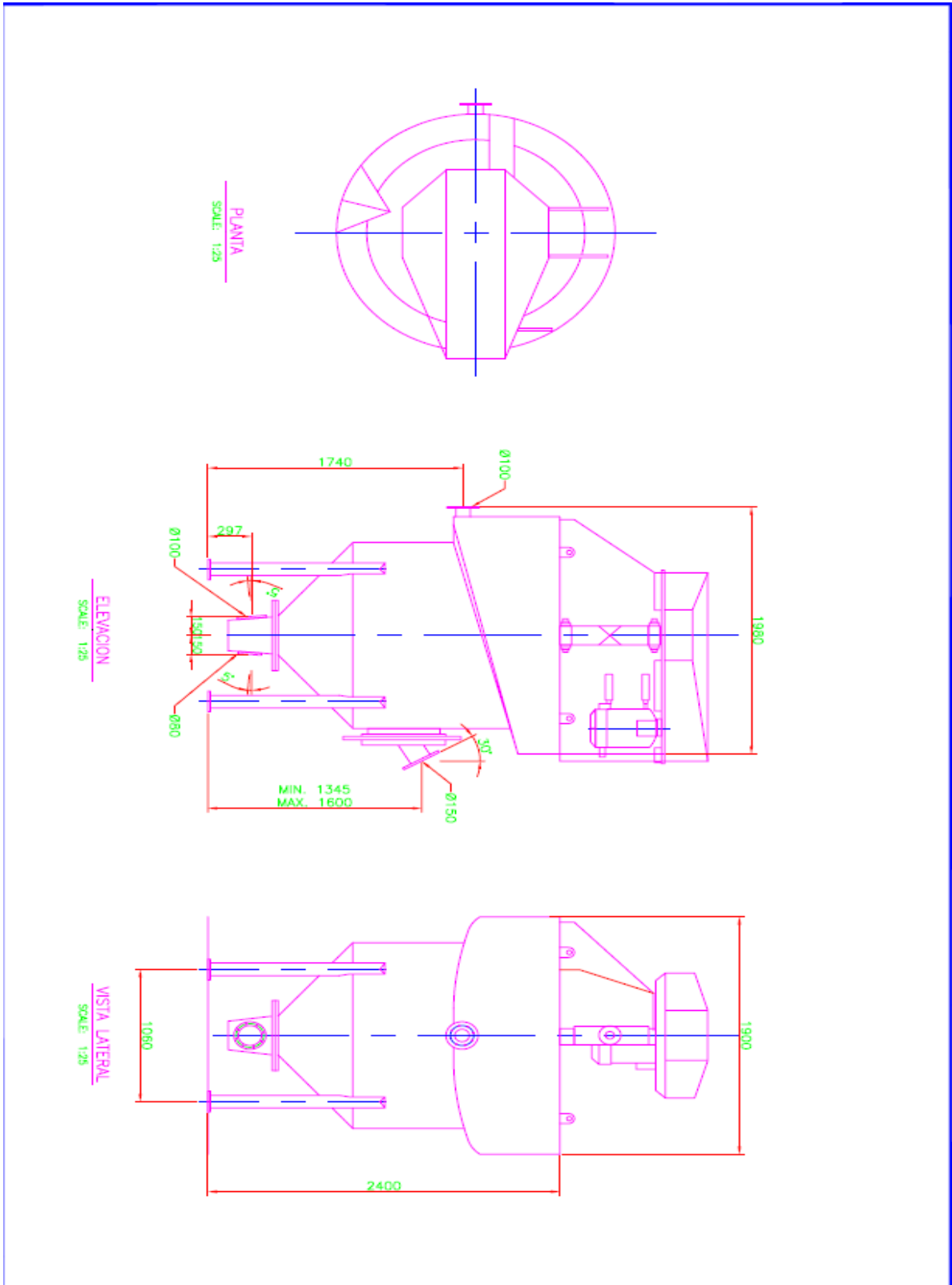
CC mineral	2.2	CC mineral	2.2	CC mineral	2.2
CC plata	2.12	CC plata	2.12	CC plata	2.12
CC oro	7.69	CC oro	12.69	CC oro	17.69
% Rec Flash Au	% Rec Au	% Rec Flash Au	% Rec Au	% Rec Flash Au	% Rec Au
0%	85.80	0%	85.80	0%	85.80
10%	88.69	10%	90.01	10%	91.05
20%	90.60	20%	92.29	20%	93.47
30%	91.96	30%	93.73	30%	94.86
40%	92.97	40%	94.71	40%	95.76
50%	93.76	50%	95.43	50%	96.39

CC mineral	2.2	CC mineral	2.2	CC mineral	2.2
CC plata	2.12	CC plata	2.12	CC plata	2.12
CC oro	7.69	CC oro	12.69	CC oro	17.69
% Peso CC Flash	0.10%	% Peso CC Flash	0.10%	% Peso CC Flash	0.10%
% Rec Flash Au	CC Au g/t	% Rec Flash Au	CC Au g/t	% Rec Flash Au	CC Au g/t
0%	306	0%	306	0%	306
10%	316	10%	321	10%	325
20%	323	20%	329	20%	333
30%	328	30%	334	30%	338
40%	331	40%	338	40%	341
50%	334	50%	340	50%	344

CC mineral	2.2	CC mineral	2.2	CC mineral	2.2
CC plata	2.12	CC plata	2.12	CC plata	2.12
CC oro	7.69	CC oro	12.69	CC oro	17.69
% Peso CC Flash	0.40%	% Peso CC Flash	0.40%	% Peso CC Flash	0.40%
% Rec Flash Au	CC Au g/t	% Rec Flash Au	CC Au g/t	% Rec Flash Au	CC Au g/t
0%	255	0%	255	0%	255
10%	264	10%	268	10%	271
20%	269	20%	274	20%	278
30%	273	30%	279	30%	282
40%	276	40%	282	40%	285
50%	279	50%	284	50%	287

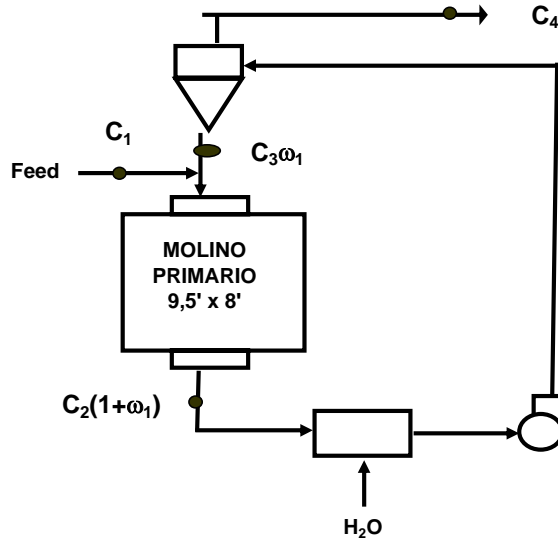
CC mineral	2.2	CC mineral	2.2	CC mineral	2.2
CC plata	2.12	CC plata	2.12	CC plata	2.12
CC oro	7.69	CC oro	12.69	CC oro	17.69
% Peso CC Flash	1.00%	% Peso CC Flash	1.00%	% Peso CC Flash	1.00%
% Rec Flash Au	CC Au g/t	% Rec Flash Au	CC Au g/t	% Rec Flash Au	CC Au g/t
0%	192	0%	192	0%	192
10%	198	10%	201	10%	203
20%	202	20%	206	20%	209
30%	205	30%	209	30%	212
40%	208	40%	212	40%	214
50%	209	50%	213	50%	215

8. CELDA FLASH OUTOKUMPU SK-80



9. BALANCE Y AJUSTE DEL CICLON D-15 Y D-10

BALANCE Y AJUSTE DEL CIRCUITO DE MOLIENDA Y CLASIFICACION D15
METODO COMPUTACIONAL



		C ₂	C ₃	C ₄	
% Acum(-)	100	36,52	23,04	65,76	1
	140	25,98	14,58	50,98	2
	200	20,38	10,66	41,16	3
	270	16,56	8,30	33,80	4
	400	12,90	6,32	26,56	5
Ag Cont. Met. Acum(-)	100	23,18	19,69	31,85	6
	140	18,79	14,49	28,75	7
	200	16,08	11,40	26,20	8
	270	13,97	9,17	23,77	9
	400	11,65	7,11	20,66	10
	Ag -Tot	44,85	50,58	39,12	11
Au Cont. Met. Acum(-)	100	0,59	0,85	0,34	12
	140	0,29	0,39	0,28	13
	200	0,19	0,23	0,24	14
	270	0,14	0,14	0,21	15
	400	0,10	0,09	0,18	16
	Tot_Au	1,70	2,67	0,42	17

		Tot_Au	100	140	200	270	400	100 Ag	140 Ag	200 Ag
C ₂	Desc.del Mol Prim. 9.5' x 8'	1,70	36,52	25,98	20,38	16,56	12,9	23,18	18,79	16,08
C ₃	Undeflow ciclòn D15	2,67	23,04	14,58	10,66	8,3	6,32	19,69	14,49	11,40
C ₄	Overflow ciclòn D15	0,42	65,76	50,98	41,16	33,8	26,56	31,85	28,75	26,20

		270 Ag	400 Ag	Ag Tot	100 Au	140 Au	200 Au	270 Au	400 Au	Tot_Au
C ₂	Desc.del Mol Prim. 9.5' x 8'	13,97	11,65	44,85	0,59	0,29	0,19	0,14	0,10	1,70
C ₃	Undeflow ciclòn D15	9,17	7,11	50,58	0,85	0,39	0,23	0,14	0,09	2,67
C ₄	Overflow ciclòn D15	23,77	20,66	39,12	0,34	0,28	0,24	0,21	0,18	0,42

Ecuaciones

Ciclòn D15

$$C_2 (1 + w_1) - C_3 w_1 - C_4 = 0$$

Datos

$$w_1 = 2,0552$$

$$B(w) = \begin{matrix} & C2 & C3 & C4 \\ (1+w1) & -w1 & -1 \end{matrix}$$

$$B(w) = \begin{matrix} 3,1 & -2,1 & -1,0 \end{matrix}$$

$$M_i = \begin{matrix} C_2^2 & 0 & 0 \\ 0 & C_3^2 & 0 \\ 0 & 0 & C_4^2 \end{matrix}$$

$$M_i = \begin{matrix} 2,88823 & 0 & 0 \\ 0 & 7,11722834 & 0 \\ 0 & 0 & 0,1764 \end{matrix}$$

$$\delta c_i = -MiB'(BMiB')^{-1}Bc_i$$

$$B' = \begin{matrix} 3,06 \\ -2,06 \\ -1,00 \end{matrix}$$

$$-MiB' = \begin{matrix} -8,82424 \\ 14,6276 \\ 0,17636 \end{matrix}$$

$$MiB' = \begin{matrix} 8,82424 \\ -14,6276 \\ -0,17636 \end{matrix}$$

$$BMiB' = 57,1999$$

$$(BMiB')^{-1} = 0,01748$$

$$-MiB'(BMiB')^{-1} = \begin{matrix} -0,15427 \\ 0,25573 \\ 0,00308 \end{matrix}$$

$$Bc_i = -0,71064$$

$$-MiB'(BMiB')^{-1}Bc_i = \begin{matrix} 0,10963 \\ -0,18173 \\ -0,00219 \end{matrix}$$

C(e)	C©
1,6995	1,81
2,6678	2,49
0,42	0,42

$$J = \sum_i (\hat{c}_i - c_i)' Mi^{-1} (\hat{c}_i - c_i) \quad \text{Función Objetivo}$$

$$(\hat{c}_i - c_i) = \begin{matrix} 0,10963 \\ -0,18173 \\ -0,00219 \end{matrix}$$

$$(\hat{c}_i - c_i)' = 0,10963 \quad -0,1817303 \quad -0,0022$$

$$Mi^{-1} = \begin{matrix} 0,34623 & 0 & 0 \\ 0 & 0,14050413 & 0 \\ 0 & 0 & 5,6701 \end{matrix}$$

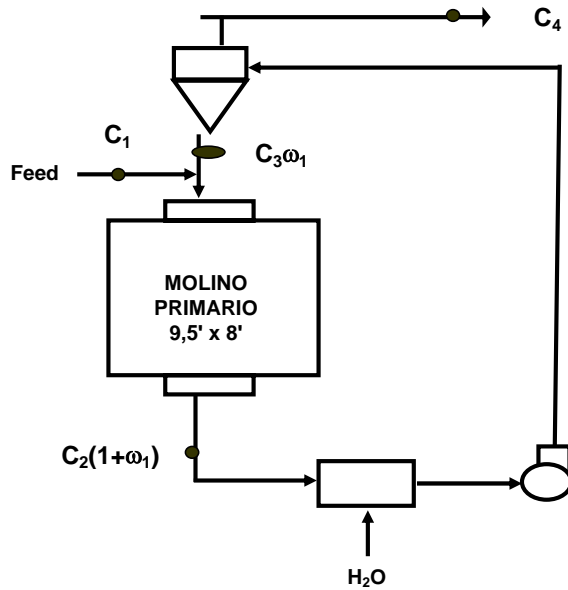
$$M^{-1}*(c_c - c) = \begin{matrix} 0,0380 \\ -0,0255 \\ -0,0124 \end{matrix}$$

Resultados finales

$$w_1 = 2,0552$$

$$(c© - c)' Mi^{-1} (c© - c) = 0,00883 \quad \text{Función Objetivo Parcial (hoja)}$$

BALANCE Y AJUSTE DEL CIRCUITO DE MOLIENDA Y CLASIFICACION D15
METODO COMPUTACIONAL



		C ₂	C ₃	C ₄	
% Acum(-)	100	36,52	23,04	65,76	1
	140	25,98	14,58	50,98	2
	200	20,38	10,66	41,16	3
	270	16,56	8,30	33,80	4
	400	12,90	6,32	26,56	5
Ag Cont. Met. Acum(-)	100	23,18	19,69	31,85	6
	140	18,79	14,49	28,75	7
	200	16,08	11,40	26,20	8
	270	13,97	9,17	23,77	9
	400	11,65	7,11	20,66	10
	Ag -Tot	44,85	50,58	39,12	11
Au Cont. Met. Acum(-)	100	0,59	0,85	0,34	12
	140	0,29	0,39	0,28	13
	200	0,19	0,23	0,24	14
	270	0,14	0,14	0,21	15
	400	0,10	0,09	0,18	16
	Tot_Au	1,70	2,67	0,42	17

		100	100	140	200	270	400	100 Ag	140 Ag	200 Ag
C ₂	Desc.del Mol Prim. 9.5' x 8'	36,52	36,52	25,98	20,38	16,56	12,9	23,18	18,79	16,08
C ₃	Undeflow ciclòn D15	23,04	23,04	14,58	10,66	8,3	6,32	19,69	14,49	11,40
C ₄	Overflow ciclòn D15	65,76	65,76	50,98	41,16	33,8	26,56	31,85	28,75	26,20

		270 Ag	400 Ag	Ag Tot	100 Au	140 Au	200 Au	270 Au	400 Au	Tot_Au
C ₂	Desc.del Mol Prim. 9.5' x 8'	13,97	11,65	44,85	0,59	0,29	0,19	0,14	0,10	1,70
C ₃	Undeflow ciclòn D15	9,17	7,11	50,58	0,85	0,39	0,23	0,14	0,09	2,67
C ₄	Overflow ciclòn D15	23,77	20,66	39,12	0,34	0,28	0,24	0,21	0,18	0,42

Ecuaciones

Ciclòn D15

$$C_2 (1 + w_1) - C_3 w_1 - C_4 = 0$$

Datos

$$w_1 = 2,0552$$

PROYECTO DEL CIRCUITO DE FLOTACIÓN FLASH EN MEJORA DE LA RECUPERACIÓN DE ORO GRUESO

$$B(w) = \begin{matrix} & C2 & C3 & C4 \\ (1+w1) & -w1 & -1 \end{matrix}$$

$$B(w) = \begin{matrix} 3,1 & -2,1 & -1,0 \end{matrix}$$

$$M_i = \begin{matrix} C_2^2 & 0 & 0 \\ 0 & C_3^2 & 0 \\ 0 & 0 & C_4^2 \end{matrix}$$

$$M_i = \begin{matrix} 1333,71 & 0 & 0 \\ 0 & 530,8416 & 0 \\ 0 & 0 & 4324,4 \end{matrix}$$

$$\delta c_i = -MiB'(BMiB')^{-1}Bc_i$$

$$B' = \begin{matrix} 3,06 \\ -2,06 \\ -1,00 \end{matrix}$$

$$-MiB' = \begin{matrix} -4074,81 \\ 1091,008 \\ 4324,378 \end{matrix}$$

$$MiB' = \begin{matrix} 4074,809 \\ -1091,01 \\ -4324,38 \end{matrix}$$

$$BMiB' = 19016,19$$

$$(BMiB')^{-1} = 5,26E-05$$

$$-MiB'(BMiB')^{-1} = \begin{matrix} -0,21428 \\ 0,057373 \\ 0,227405 \end{matrix}$$

$$Bc_i = -1,53533$$

$$-MiB'(BMiB')^{-1}Bc_i = \begin{matrix} 0,328992 \\ -0,08809 \\ -0,34914 \end{matrix}$$

C(e)	C@
36,52	36,85
23,04	22,95
65,76	65,41

$$J = \sum_i (\hat{c}_i - c_i) Mi^{-1} (\hat{c}_i - c_i) \quad \text{Función Objetivo}$$

$$(\hat{c}_i - c_i) = \begin{matrix} 0,328992 \\ -0,08809 \\ -0,34914 \end{matrix}$$

$$(\hat{c}_i - c_i)' = 0,328992 \quad -0,0880858 \quad -0,3491$$

$$Mi^{-1} = \begin{matrix} 0,00075 & 0 & 0 \\ 0 & 0,0018838 & 0 \\ 0 & 0 & 0,0002 \end{matrix}$$

$$M^{-1}*(c_c - c) = \begin{matrix} 0,0002 \\ -0,0002 \\ -0,0001 \end{matrix}$$

Resultados finales

$$w_1 = 2,0552$$

$$(c@ - c)' Mi^{-1} (c@ - c) = 0,000124 \quad \text{Función Objetivo Parcial (hoja)}$$

$$\text{Sumatoria total} = 0,101258 \quad \text{Celda Objetivo total}$$

**COMPROBACION DEL BALANCE DEL CIRCUITO DE MOLIENDA Y CLASIFICACION D15
METODO COMPUTACIONAL**

$w_1 = 2,0552$

Valores Calculados

	100	140	200	270	400	100 Ag	140 Ag	200 Ag	270 Ag	400 Ag	Tot Ag
C ₂	36,85	26,31	20,55	16,62	12,93	23,50	19,03	16,19	13,95	11,58	46,05
C ₃	22,95	14,51	10,63	8,29	6,32	19,53	14,39	11,37	9,17	7,13	49,56
C ₄	65,41	50,56	40,94	33,72	26,52	31,65	28,57	26,11	23,78	20,73	38,83

	100 Au	140 Au	200 Au	270 Au	400 Au	Tot Au
C ₂	0,64	0,32	0,22	0,16	0,11	1,81
C ₃	0,78	0,35	0,21	0,13	0,08	2,49
C ₄	0,34	0,27	0,23	0,20	0,17	0,42

Balance Ciclón D15

		Pesos	100	140	200	270	400	100 Ag	140 Ag	200 Ag
C ₂	Desc. Molino Primario	3,055	1,126	0,804	0,628	0,508	0,395	0,718	0,581	0,495
C ₃	Undeeflow Ciclón D15	2,055	0,472	0,298	0,218	0,170	0,130	0,401	0,296	0,234
C ₄	Overflow Ciclón D16	1,000	0,654	0,506	0,409	0,337	0,265	0,317	0,286	0,261
		3,055	1,126	0,804	0,628	0,508	0,395	0,718	0,581	0,495

		270 Ag	400 Ag	Tot Ag	100 Au	140 Au	200 Au	270 Au	400 Au	Tot Au
C ₂	Desc. Molino Primario	0,426	0,354	1,407	0,019	0,010	0,007	0,005	0,003	0,055
C ₃	Undeeflow Ciclón D15	0,188	0,146	1,019	0,016	0,007	0,004	0,003	0,002	0,051
C ₄	Overflow Ciclón D10	0,238	0,207	0,388	0,003	0,003	0,002	0,002	0,002	0,004
		0,426	0,354	1,407	0,019	0,010	0,007	0,005	0,003	0,055

ANALISIS GRANULOQUIMICO VALORADO AJUSTADO

Adecuado a malla 100

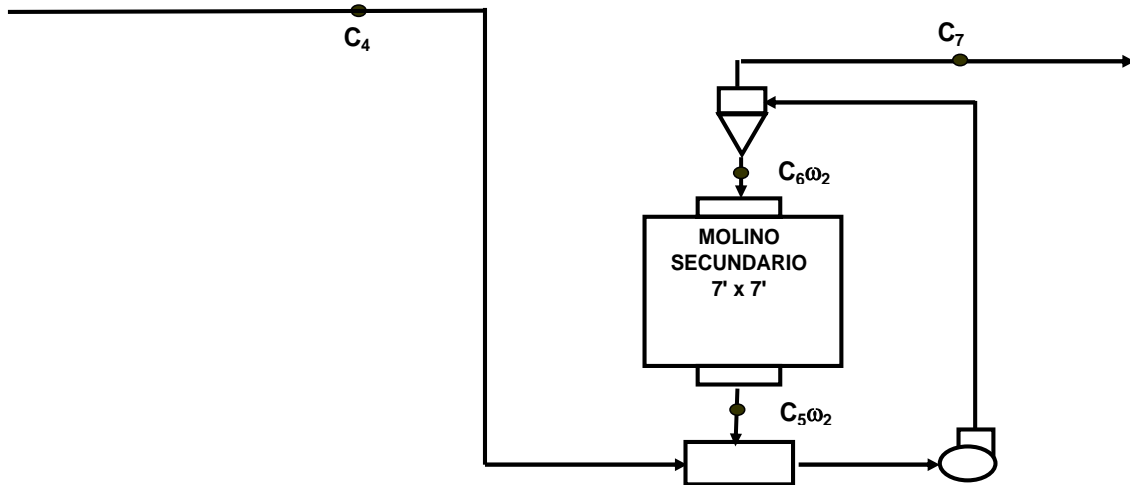
Malla	C ₂ : Descarga Molino Primario			% Ag	% Au	%Aum (-)	Contenido Metalico Fino (mg)		Contenido Metalico Fino Acumulado	
	%Peso	g/t Ag	g/t Au				Plata	Oro	Plata	Oro
100	63,15	357,04	18,57	0,0357	0,0019	36,85	22,55	1,1728	23,50	0,636
140	10,54	424,10	29,78	0,0424	0,0030	26,31	4,47	0,3138	19,03	0,322
200	5,76	492,95	18,38	0,0493	0,0018	20,55	2,84	0,1059	16,19	0,217
270	3,93	569,11	15,28	0,0569	0,0015	16,62	2,24	0,0601	13,95	0,156
400	3,69	643,61	11,93	0,0644	0,0012	12,93	2,37	0,0440	11,58	0,112
-400	12,93	895,70	8,70	0,0896	0,0009	0,00	11,58	0,1125	0,00	0,000
	100,00	460,48	18,09	46,05	1,81		46,05	1,81		

Malla	C ₃ : Underflow ciclón D15			% Ag	% Au	%Aum (-)	Contenido Metalico Fino (mg)		Contenido Metalico Fino Acumulado	
	%Peso	g/t Ag	g/t Au				Plata	Oro	Plata	Oro
100	77,05	389,73	22,11	0,0390	0,0022	22,95	30,03	1,7032	19,53	0,783
140	8,44	609,21	51,67	0,0609	0,0052	14,51	5,14	0,4362	14,39	0,347
200	3,88	779,55	35,48	0,0780	0,0035	10,63	3,03	0,1377	11,37	0,209
270	2,34	938,92	32,29	0,0939	0,0032	8,29	2,20	0,0755	9,17	0,133
400	1,98	1034,67	24,75	0,1035	0,0025	6,32	2,04	0,0489	7,13	0,085
-400	6,32	1128,58	13,39	0,1129	0,0013	0,00	7,13	0,0846	0,00	0,000
	100,00	495,63	24,86	49,56	2,49		49,56	2,49		

Malla	C ₄ : Overflow ciclón D15			% Ag	% Au	%Aum (-)	Contenido Metalico Fino (mg)		Contenido Metalico Fino Acumulado	
	%Peso	g/t Ag	g/t Au				Plata	Oro	Plata	Oro
100	34,59	207,37	2,39	0,0207	0,0002	65,41	7,17	0,0827	31,65	0,335
140	14,85	207,79	4,19	0,0208	0,0004	50,56	3,09	0,0623	28,57	0,273
200	9,63	255,52	4,22	0,0256	0,0004	40,94	2,46	0,0406	26,11	0,232
270	7,21	322,64	3,94	0,0323	0,0004	33,72	2,33	0,0284	23,78	0,204
400	7,20	423,25	4,71	0,0423	0,0005	26,52	3,05	0,0339	20,73	0,170
-400	26,52	781,72	6,40	0,0782	0,0006	0,00	20,73	0,1698	0,00	0,000
	100,00	388,25	4,18	38,83	0,42		38,83	0,42		

PROYECTO DEL CIRCUITO DE FLOTACIÓN FLASH EN MEJORA DE LA RECUPERACIÓN DE ORO GRUESO

BALANCE Y AJUSTE DEL CIRCUITO DE MOLIENDA Y CLASIFICACION D10
METODO COMPUTACIONAL



		C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	
Ag Cont. Met. Acum(-)	100	65,76	64,68	51,66	94,06	1
	140	50,98	40,16	27,98	76,42	2
	200	41,16	26,82	17,3	61,24	3
	270	33,8	19,46	11,8	49,36	4
	400	26,56	13,48	7,94	38	5
Au Cont. Met. Acum(-)	100	31,85	50,88	47,83	40,64	6
	140	28,75	41,86	38,42	38,20	7
	200	26,20	32,91	29,12	35,81	8
	270	23,77	24,61	20,87	33,09	9
	400	20,66	15,97	12,73	28,93	10
	Ag -Tot	39,12	59,70	59,84	41,53	11
Au Cont. Met. Acum(-)	100	0,34	1,85	1,69	0,40	12
	140	0,28	0,96	0,92	0,36	13
	200	0,24	0,59	0,54	0,32	14
	270	0,21	0,38	0,35	0,28	15
	400	0,18	0,21	0,19	0,24	16
	Tot_Au	0,42	2,41	2,41	0,41	17

	Tot_Au	100	140	200	270	400	100 Ag	140 Ag	200 Ag
C ₄ Overflow ciclòn D15	0,42	65,76	50,98	41,16	33,80	26,56	31,85	28,75	26,20
C ₅ Desc. del Mol Psec. 7' x 7'	2,41	64,68	40,16	26,82	19,46	13,48	50,88	41,86	32,91
C ₆ Undeflow ciclòn D10	2,41	51,66	27,98	17,30	11,80	7,94	47,83	38,42	29,12
C ₇ Overflow ciclòn D10	0,41	94,06	76,42	61,24	49,36	38,00	40,64	38,20	35,81

	270 Ag	400 Ag	Ag Tot	100 Au	140 Au	200 Au	270 Au	400 Au	Tot_Au
C ₄ Overflow ciclòn D15	23,77	20,66	39,12	0,34	0,28	0,24	0,21	0,18	0,42
C ₅ Desc. del Mol Psec. 7' x 7'	24,61	15,97	59,70	1,85	0,96	0,59	0,38	0,21	2,41
C ₆ Undeflow ciclòn D10	20,87	12,73	59,84	1,69	0,92	0,54	0,35	0,19	2,41
C ₇ Overflow ciclòn D10	33,09	28,93	41,53	0,40	0,36	0,32	0,28	0,24	0,41

Ecuaciones

Ciclòn D10

$$C_4 + C_5 w_2 - C_6 w_2 - C_7 = 0$$

Datos

$$w_2 = 2,1796$$

$$B(w) = \begin{bmatrix} & C4 & C5 & C6 & C7 \\ 1 & w2 & -w2 & -1 & \end{bmatrix}$$

$$B(w) = \begin{bmatrix} 1 & 2,1796 & -2,1796 & -1 \end{bmatrix}$$

$$M_i = \begin{bmatrix} C_4^2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & C_5^2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & C_6^2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & C_7^2 \end{bmatrix}$$

$$M_i = \begin{bmatrix} 0,17636 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 5,8106732 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 5,82397 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0,1717 \end{bmatrix}$$

$$\delta_{ci} = -MiB'(B Mi B')^{-1} Bci$$

$$B' = \begin{bmatrix} 1 \\ 2,17957 \\ -2,17957 \\ -1 \end{bmatrix}$$

$$-MiB' = \begin{bmatrix} -0,17636 \\ -12,6648 \\ 12,6938 \\ 0,17167 \end{bmatrix}$$

$$MiB' = \begin{bmatrix} 0,17636 \\ 12,6648 \\ -12,6938 \\ -0,17167 \end{bmatrix}$$

$$B Mi B' = \begin{bmatrix} 55,6188 \end{bmatrix}$$

$$(B Mi B')^{-1} = \begin{bmatrix} 0,01798 \end{bmatrix}$$

$$-MiB'(B Mi B')^{-1} = \begin{bmatrix} -0,00317 \\ -0,22771 \\ 0,22823 \\ 0,00309 \end{bmatrix}$$

$$Bci = \begin{bmatrix} -0,00038 \end{bmatrix}$$

$$-MiB'(B Mi B')^{-1} Bci = \begin{bmatrix} 1,2E-06 \\ 8,6E-05 \\ -8,6E-05 \\ -1,2E-06 \end{bmatrix}$$

C(e)	C@
0,41996	0,42
2,41053	2,41
2,41329	2,41
0,41433	0,41

$$J = \sum_i (\hat{c}_i - c_i)' Mi^{-1} (\hat{c}_i - c_i) \quad \text{Función Objetivo}$$

$$(\hat{c}_i - c_i) = \begin{bmatrix} 1,2E-06 \\ 8,6E-05 \\ -8,6E-05 \\ -1,2E-06 \end{bmatrix}$$

$$(\hat{c}_i - c_i)' = \begin{bmatrix} 1,2E-06 & 8,6295E-05 & -8,6E-05 & -1E-06 \end{bmatrix}$$

$$Mi^{-1} = \begin{bmatrix} 5,67013 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0,1720971 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0,1717 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 5,8252 \end{bmatrix}$$

$$M^{-1} * (c@ - c) = \begin{bmatrix} 0,0000 \\ 0,0000 \\ 0,0000 \\ 0,0000 \end{bmatrix}$$

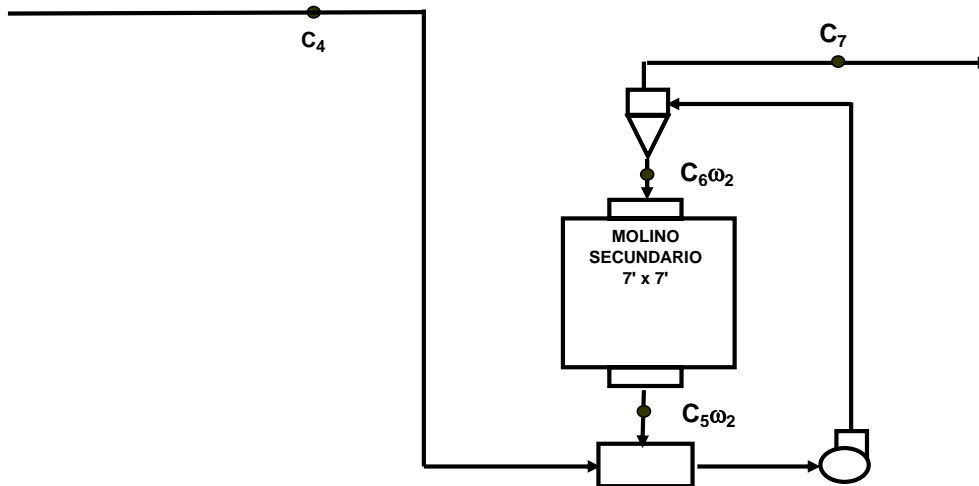
Resultados finales

$$w_2 = 2,1796$$

$$(c@ - c)' Mi^{-1} (c@ - c) = 2,6E-09 \quad \text{Función Objetivo Parcial (hoja)}$$

PROYECTO DEL CIRCUITO DE FLOTACIÓN FLASH EN MEJORA DE LA RECUPERACIÓN DE ORO GRUESO

BALANCE Y AJUSTE DEL CIRCUITO DE MOLIENDA Y CLASIFICACION D10
METODO COMPUTACIONAL



		C_4	C_5	C_6	C_7	
% Acum(-)	100	65,76	64,68	51,66	94,06	1
	140	50,98	40,16	27,98	76,42	2
	200	41,16	26,82	17,30	61,24	3
	270	33,8	19,46	11,80	49,36	4
	400	26,56	13,48	7,94	38,00	5
Ag Cont. Met. Acum(-)	100	31,85	50,88	47,83	40,64	6
	140	28,75	41,86	38,42	38,20	7
	200	26,20	32,91	29,12	35,81	8
	270	23,77	24,61	20,87	33,09	9
	400	20,66	15,97	12,73	28,93	10
	Ag -Tot	39,12	59,70	59,84	41,53	11
Au Cont. Met. Acum(-)	100	0,34	1,85	1,69	0,40	12
	140	0,28	0,96	0,92	0,36	13
	200	0,24	0,59	0,54	0,32	14
	270	0,21	0,38	0,35	0,28	15
	400	0,18	0,21	0,19	0,24	16
	Tot_Au	0,42	2,41	2,41	0,41	17

		100	100	140	200	270	400	100 Ag	140 Ag	200 Ag
C_4	Overflow ciclòn D15	65,76	65,76	50,98	41,16	33,80	26,56	31,85	28,75	26,20
C_5	Desc.Mol Sec. 7' x 7'	64,68	64,68	40,16	26,82	19,46	13,48	50,88	41,86	32,91
C_6	Undeflow ciclòn D10	51,66	51,66	27,98	17,30	11,80	7,94	47,83	38,42	29,12
C_7	Overflow ciclòn D10	94,06	94,06	76,42	61,24	49,36	38,00	40,64	38,20	35,81

		270 Ag	400 Ag	Ag Tot	100 Au	140 Au	200 Au	270 Au	400 Au	Tot_Au
C_4	Overflow ciclòn D15	23,77	20,66	39,12	0,34	0,28	0,24	0,21	0,18	0,42
C_5	Desc.Mol Sec. 7' x 7'	24,61	15,97	59,70	1,85	0,96	0,59	0,38	0,21	2,41
C_6	Undeflow ciclòn D10	20,87	12,73	59,84	1,69	0,92	0,54	0,35	0,19	2,41
C_7	Overflow ciclòn D10	33,09	28,93	41,53	0,40	0,36	0,32	0,28	0,24	0,41

Ecuaciones

Ciclòn D10

$$C_4 + C_5 w_2 - C_6 w_2 - C_7 = 0$$

Datos

$$w_2 = 2,1796$$

$$B(w) = \begin{matrix} & C4 & C5 & C6 & C7 \\ \hline & 1 & w2 & -w2 & -1 \end{matrix}$$

$$B(w) = \begin{matrix} \hline 1 & 2,1796 & -2,1796 & -1 \end{matrix}$$

$$M_i = \begin{matrix} \hline 4324,38 & 0,00 & 0,00 & 0,00 \\ 0,00 & 4183,50 & 0,00 & 0,00 \\ 0,00 & 0,00 & 2668,76 & 0,00 \\ 0,00 & 0,00 & 0,00 & 8847,28 \end{matrix}$$

$$\delta_{ci} = -MiB'(BMiB')^{-1}Bci$$

$$B' = \begin{matrix} \hline 1 \\ 2,17957264 \\ -2,1795726 \\ -1 \end{matrix}$$

$$-MiB' = \begin{matrix} \hline -4324,3776 \\ -9118,2474 \\ 5816,74668 \\ 8847,2836 \end{matrix}$$

$$MiB' = \begin{matrix} \hline 4324,3776 \\ 9118,24735 \\ -5816,7467 \\ -8847,2836 \end{matrix}$$

$$BMiB' = \begin{matrix} \hline 45723,5655 \end{matrix}$$

$$(BMiB')^{-1} = \begin{matrix} \hline 2,1871E-05 \end{matrix}$$

$$-MiB'(BMiB')^{-1} = \begin{matrix} \hline -0,0945766 \\ -0,1994212 \\ 0,12721551 \\ 0,19349505 \end{matrix}$$

$$Bci = \begin{matrix} \hline 0,07803572 \end{matrix}$$

$$-MiB'(BMiB')^{-1}Bci = \begin{matrix} \hline -0,0073804 \\ -0,015562 \\ 0,00992735 \\ 0,01509953 \end{matrix}$$

C(e)	C@
65,76	65,75
64,68	64,66
51,66	51,67
94,06	94,08

$$J = \sum_i (\hat{c}_i - c_i)' Mi^{-1} (\hat{c}_i - c_i) \quad \text{Función Objetivo}$$

$$(\hat{c}_i - c_i) = \begin{matrix} \hline -0,0073804 \\ -0,015562 \\ 0,00992735 \\ 0,01509953 \end{matrix}$$

$$(\hat{c}_i - c_i)' = \begin{matrix} \hline -0,0073804 & -0,015562 & 0,009927 & 0,0151 \end{matrix}$$

$$Mi^{-1} = \begin{matrix} \hline 0,00023125 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0,000239 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0,000375 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0,000113 \end{matrix}$$

$$M^{-1}*(c_c - c) = \begin{matrix} \hline 0,0000 \\ 0,0000 \\ 0,0000 \\ 0,0000 \end{matrix}$$

Resultados finales

$$w_2 = 2,1796$$

$$(c@-c)'Mi^{-1}(c@-c) = 1,3318E-07 \quad \text{Función Objetivo Parcial (hoja)}$$

Resultados finales

$$w_2 = 2,1796$$

$$\text{Sumatoria total} = 0,00475218 \quad \text{Celda Objetivo total}$$

**COMPROBACION DEL BALANCE DEL CIRCUITO DE MOLIENDA Y CLASIFICACION D10
METODO COMPUTACIONAL**

$w_2 = 2,1796$

Valores Calculados

	100	140	200	270	400	100 Ag	140 Ag	200 Ag	270 Ag	400 Ag	Tot Ag
C ₄	65,75	50,83	41,05	33,59	26,42	31,94	28,84	26,28	23,87	20,82	39,23
C ₅	64,66	39,96	26,72	19,30	13,40	51,35	42,28	33,20	24,84	16,18	60,26
C ₆	51,67	28,08	17,34	11,86	7,97	47,42	38,06	28,90	20,70	12,60	59,27
C ₇	94,08	76,75	61,48	49,82	38,28	40,50	38,04	35,65	32,90	28,62	41,40

	100 Au	140 Au	200 Au	270 Au	400 Au	Tot Au
C ₄	0,34	0,28	0,24	0,21	0,18	0,42
C ₅	1,78	0,96	0,58	0,38	0,21	2,41
C ₆	1,75	0,92	0,55	0,35	0,19	2,41
C ₇	0,41	0,36	0,32	0,28	0,23	0,41

Balance ciclón D10

	Pesos	100	140	200	270	400	100 Ag	140 Ag	200 Ag
C ₄ Overflow Ciclón D6	1,0000	0,6575	0,5083	0,4105	0,3359	0,2642	0,3194	0,2884	0,2628
C ₅ Desc. Molino Secund	2,1796	1,4094	0,8710	0,5823	0,4208	0,2922	1,1192	0,9216	0,7235
Alimento Ciclón	3,1796	2,0669	1,3794	0,9928	0,7566	0,5564	1,4385	1,2100	0,9864
C ₆ Undeeflow Ciclón D10	2,1796	1,1262	0,6119	0,3780	0,2584	0,1736	1,0335	0,8296	0,6298
C ₇ Overflow Ciclón D10	1,0000	0,9408	0,7675	0,6148	0,4982	0,3828	0,4050	0,3804	0,3565
	3,1796	2,0669	1,3794	0,9928	0,7566	0,5564	1,4385	1,2100	0,9864

	270 Ag	400 Ag	Tot Ag	100 Au	140 Au	200 Au	270 Au	400 Au	Tot Au
C ₄ Overflow Ciclón D16	0,2387	0,2082	0,3923	0,0034	0,0028	0,0024	0,0021	0,0018	0,0042
C ₅ Desc. Molino Secund	0,5415	0,3526	1,3135	0,0388	0,0208	0,0127	0,0082	0,0046	0,0525
Alimento Ciclón	0,7802	0,5607	1,7059	0,0422	0,0237	0,0151	0,0104	0,0064	0,0567
C ₆ Undeeflow Ciclón D10	0,4512	0,2746	1,2918	0,0381	0,0201	0,0119	0,0075	0,0041	0,0526
C ₇ Overflow Ciclón D10	0,3290	0,2862	0,4140	0,0041	0,0036	0,0032	0,0028	0,0023	0,0041
	0,7802	0,5607	1,7059	0,0422	0,0237	0,0151	0,0104	0,0064	0,0567

ANALISIS GRANULOQUIMICO VALORADO AJUSTADO DEL CICLON D10

Adecuado a malla 100

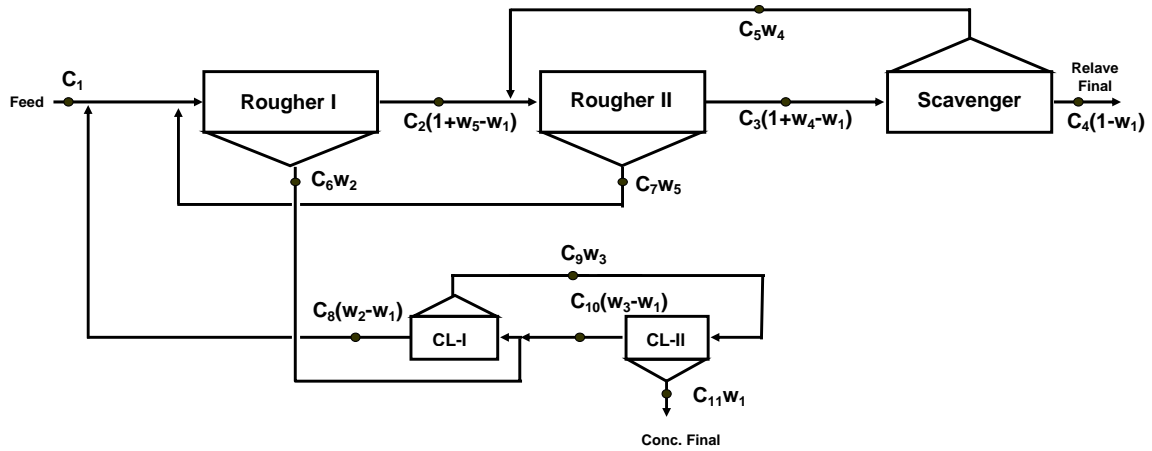
Malla	C4: Overflow ciclón D15			% Ag	% Au	%Aum (-)	Contenido Metalico Fino (mg)		Contenido Metalico Fino Acumulado	
	%Peso	g/t Ag	g/t Au				Plata	Oro	Plata	Oro
100	34,25	213,10	2,36	0,0213	0,0002	65,75	7,30	0,0808	31,94	0,339
140	14,92	207,36	3,68	0,0207	0,0004	50,83	3,09	0,0549	28,84	0,284
200	9,79	261,58	4,14	0,0262	0,0004	41,05	2,56	0,0405	26,28	0,244
270	7,46	323,39	4,16	0,0323	0,0004	33,59	2,41	0,0310	23,87	0,213
400	7,16	426,53	4,88	0,0427	0,0005	26,42	3,05	0,0349	20,82	0,178
-400	26,42	787,73	6,73	0,0788	0,0007	0,00	20,82	0,1778	0,00	0,000
	100,00	392,35	4,20	39,23	0,42		39,23	0,42		

Malla	C5: Descarga del Molino Secundario 7' x 7'			% Ag	% Au	%Aum (-)	Contenido Metalico Fino (grs)		Contenido Metalico Fino Acumulado	
	%Peso	g/t Ag	g/t Au				Plata	Oro	Plata	Oro
100	35,34	252,35	17,83	0,0252	0,0018	64,66	8,92	0,6300	51,35	1,781
140	24,70	367,05	33,37	0,0367	0,0033	39,96	9,07	0,8242	42,28	0,956
200	13,25	685,88	28,28	0,0686	0,0028	26,72	9,08	0,3746	33,20	0,582
270	7,41	1126,91	27,57	0,1127	0,0028	19,30	8,35	0,2043	24,84	0,377
400	5,90	1468,56	27,94	0,1469	0,0028	13,40	8,67	0,1649	16,18	0,213
-400	13,40	1206,88	15,86	0,1207	0,0016	0,00	16,18	0,2125	0,00	0,000
	100,00	602,65	24,11	60,26	2,41		60,26	2,41		

Malla	C6: Underflow Ciclón D10			% Ag	% Au	%Aum (-)	Contenido Metalico Fino (grs)		Contenido Metalico Fino Acumulado	
	%Peso	g/t Ag	g/t Au				Plata	Oro	Plata	Oro
100	48,33	245,21	13,72	0,0245	0,0014	51,67	11,85	0,6631	47,42	1,750
140	23,59	396,56	35,11	0,0397	0,0035	28,08	9,36	0,8285	38,06	0,922
200	10,73	853,81	35,00	0,0854	0,0035	17,34	9,16	0,3757	28,90	0,546
270	5,49	1494,35	36,61	0,1494	0,0037	11,86	8,20	0,2008	20,70	0,345
400	3,89	2082,81	40,78	0,2083	0,0041	7,97	8,10	0,1587	12,60	0,187
-400	7,97	1581,29	23,41	0,1581	0,0023	0,00	12,60	0,1865	0,00	0,000
	100,00	592,70	24,13	59,27	2,41		59,27	2,41		

Malla	C7: Overflow Ciclón D10			% Ag	% Au	%Aum (-)	Contenido Metalico Fino (grs)		Contenido Metalico Fino Acumulado	
	%Peso	g/t Ag	g/t Au				Plata	Oro	Plata	Oro
100	5,92	152,36	1,47	0,0152	0,0001	94,08	0,90	0,0087	40,50	0,406
140	17,33	141,97	2,64	0,0142	0,0003	76,75	2,46	0,0457	38,04	0,360
200	15,26	156,45	2,51	0,0156	0,0003	61,48	2,39	0,0382	35,65	0,322
270	11,67	236,21	3,32	0,0236	0,0003	49,82	2,76	0,0387	32,90	0,283
400	11,54	370,74	4,20	0,0371	0,0004	38,28	4,28	0,0485	28,62	0,234
-400	38,28	747,68	6,13	0,0748	0,0006	0,00	28,62	0,2344	0,00	0,000
	100,00	414,04	4,14	41,40	0,41		41,40	0,41		

AJUSTE DEL BALANCE DEL CIRCUITO DE FLOTACIÓN
METODO COMPUTACIONAL



Banco Rougher I

$$C_1 + C_8(w_2 - w_1) + C_7w_5 - C_6w_2 - C_2(1 + w_5 - w_1) = 0$$

Banco Rougher II

$$C_2(1 + w_5 - w_1) + C_5w_4 - C_7w_5 - C_3(1 + w_4 - w_1) = 0$$

Banco Scavenger

$$C_3(1 + w_4 - w_1) - C_5w_4 - C_4(1 - w_1) = 0$$

Banco Cleaner I

$$C_{10}(w_3 - w_1) + C_6w_2 - C_8(w_2 - w_1) - C_9w_3 = 0$$

Banco Cleaner II

$$C_9w_3 - C_{10}(w_3 - w_1) - C_{11}w_1 = 0$$

Flujo	Nombre	g/t Au	g/t Ag	g/t Au
C ₁	Cabeza fresca	2,27	282,11	2,27
C ₂	Relave Rougher I	0,68	68,43	0,68
C ₃	Relave Rougher II	0,47	48,83	0,47
C ₄	Relave Final	0,31	36,7	0,31
C ₅	Concentrado Scavenger	5,61	611,49	5,61
C ₆	Concentrado Rougher I	49,94	6101,88	49,94
C ₇	Concentrado Rougher II	8,12	934,66	8,12
C ₈	Relave Cleaner I	4,37	890,18	4,37
C ₉	Concentrado Cleaner I	111,84	14424,56	111,84
C ₁₀	Relave Cleaner II	12,4	1553	12,4
C ₁₁	Concentrado Final	189,48	24465,08	189,48

Datos

w₁ = 0,0102
w₂ = 0,0437
w₃ = 0,0182
w₄ = 0,0262
w₅ = 0,0424

$B(w) =$

C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11
1	-(1+w5-w1)	0	0	0	-w2	w5	(w2-w1)	0	0	0
0	(1+w5-w1)	-(1+w4-w1)	0	w4	0	-w5	0	0	0	0
0	0	(1+w4-w1)	-(1-w1)	-W4	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	w2	0	-(w2-w1)	-w3	(w3-w1)	0
0	0	0	0	0	0	0	0	w3	-(w3-w1)	-w1

$B(w) =$

1,00	-1,03	0,00	0,00	0,00	-0,04	0,04	0,03	0,00	0,00	0,00
0,00	1,03	-1,02	0,00	0,03	0,00	-0,04	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	1,02	-0,99	-0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	-0,03	-0,02	0,01	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	-0,01	-0,01

$M_i =$

C ₁ ²	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	C ₂ ²	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	C ₃ ²	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	C ₄ ²	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	C ₅ ²	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	C ₆ ²	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	C ₇ ²	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	C ₈ ²	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	C ₉ ²	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	C ₁₀ ²	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	C ₁₁ ²

PROYECTO DEL CIRCUITO DE FLOTACIÓN FLASH EN MEJORA DE LA RECUPERACIÓN DE ORO GRUESO

$$M_i =$$

5,153	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,000	0,462	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,000	0,000	0,221	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,000	0,000	0,000	0,096	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,000	0,000	0,000	0,000	31,472	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	2494,004	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	65,934	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	19,097	0,000	0,000	0,000	0,000
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	12508,186	0,000	0,000	0,000
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	153,760	0,000	0,000
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	35902,670	0,000

$$s_{ci} = -MiB'(BMiB')^{-1}B_{ci}$$

$$B' =$$

1,000	0,000	0,000	0,000	0,000
-1,032	1,032	0,000	0,000	0,000
0,000	-1,016	1,016	0,000	0,000
0,000	0,000	-0,990	0,000	0,000
0,000	0,026	-0,026	0,000	0,000
-0,044	0,000	0,000	0,044	0,000
0,042	-0,042	0,000	0,000	0,000
0,034	0,000	0,000	-0,034	0,000
0,000	0,000	0,000	-0,018	0,018
0,000	0,000	0,000	0,008	-0,008
0,000	0,000	0,000	0,000	-0,010

$$-MiB' =$$

-5,153	0,000	0,000	0,000	0,000
0,477	-0,477	0,000	0,000	0,000
0,000	0,224	-0,224	0,000	0,000
0,000	0,000	0,095	0,000	0,000
0,000	-0,824	0,824	0,000	0,000
109,022	0,000	0,000	-109,022	0,000
-2,795	2,795	0,000	0,000	0,000
-0,640	0,000	0,000	0,640	0,000
0,000	0,000	0,000	227,296	-227,296
0,000	0,000	0,000	-1,224	1,224
0,000	0,000	0,000	0,000	366,533

$$'MiB' =$$

5,15	0,00	0,00	0,00	0,00
-0,48	0,48	0,00	0,00	0,00
0,00	-0,22	0,22	0,00	0,00
0,00	0,00	-0,10	0,00	0,00
0,00	0,82	-0,82	0,00	0,00
-109,02	0,00	0,00	109,02	0,00
2,79	-2,79	0,00	0,00	0,00
0,64	0,00	0,00	-0,64	0,00
0,00	0,00	0,00	-227,30	227,30
0,00	0,00	0,00	1,22	-1,22
0,00	0,00	0,00	0,00	-366,53

$$BMiB' =$$

10,551	-0,611	0,000	-4,787	0,000
-0,611	0,861	-0,250	0,000	0,000
0,000	-0,250	0,344	0,000	0,000
-4,787	0,000	0,000	8,927	-4,140
0,000	0,000	0,000	-4,140	7,882

$$(BMiB')^{-1} =$$

0,151	0,136	0,099	0,107	0,056
0,136	1,594	1,158	0,096	0,051
0,099	1,158	3,750	0,070	0,037
0,107	0,096	0,070	0,224	0,118
0,056	0,051	0,037	0,118	0,189

$$-MiB'(BMiB')^{-1} =$$

-0,780	-0,701	-0,509	-0,553	-0,290
0,007	-0,696	-0,505	0,005	0,003
0,008	0,098	-0,582	0,006	0,003
0,009	0,110	0,357	0,007	0,004
-0,031	-0,360	2,135	-0,022	-0,011
4,802	4,319	3,136	-12,740	-6,692
-0,043	4,075	2,959	-0,030	-0,016
-0,028	-0,025	-0,018	0,075	0,039
11,577	10,412	7,560	24,187	-16,133
-0,062	-0,056	-0,041	-0,130	0,087
20,655	18,577	13,489	43,154	69,169

$$B_{ci} =$$

-0,124
0,027
0,024
0,103
-0,001

$$-MiB'(BMiB')^{-1}B_{ci} =$$

0,009	2,27	2,28
-0,031	0,68	0,65
-0,012	0,47	0,46
0,011	0,31	0,32
0,043	5,61	5,65
-1,713	49,94	48,23
0,183	8,12	8,30
0,010	4,37	4,38
1,528	111,84	113,37
-0,008	12,40	12,39
2,646	189,48	192,13

$$J = \sum_i (\hat{c}_i - c_i) M_i^{-1} (\hat{c}_i - c_i) \quad \text{Función Objetivo}$$

$$(\hat{c}_i - c_i) = \begin{bmatrix} 0,009 \\ -0,031 \\ -0,012 \\ 0,011 \\ 0,043 \\ -1,713 \\ 0,183 \\ 0,010 \\ 1,528 \\ -0,008 \\ 2,646 \end{bmatrix}$$

$(\hat{c}_i - c_i)'$	0,009	-0,031	-0,012	0,011	0,043	-1,713	0,183	0,010	1,528	-0,008	2,646
M_i^{-1}	0,19407	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	2,16263	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	4,5269353	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	10,405827	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0,031774	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0,000401	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0,01517	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0,05236	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	7,995E-05	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0065	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,785E-05

$$M_i^{-1} * (c_i - c) = \begin{bmatrix} 0,0018 \\ -0,0675 \\ -0,0527 \\ 0,1144 \\ 0,0014 \\ -0,0007 \\ 0,0028 \\ 0,0005 \\ 0,0001 \\ -0,0001 \\ 0,0001 \end{bmatrix}$$

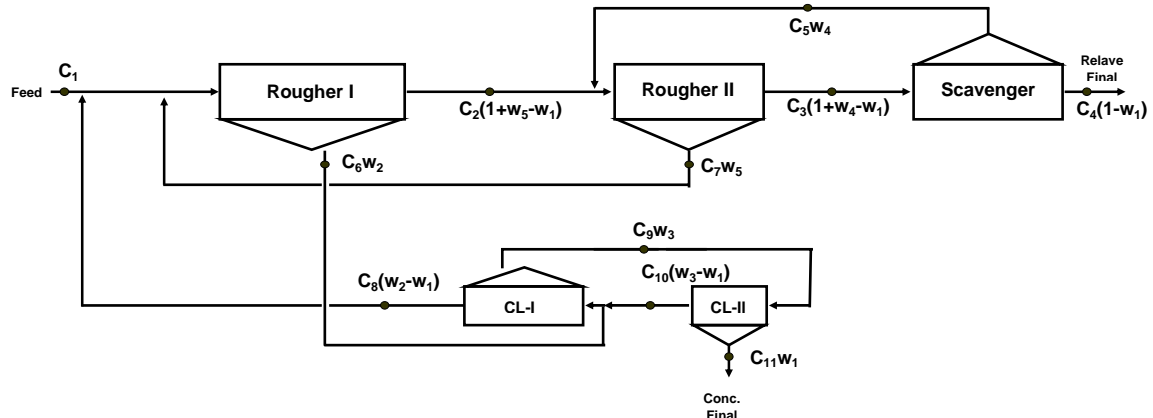
Resultados finales

- $w_1 = 0,0102$
- $w_2 = 0,0437$
- $w_3 = 0,0182$
- $w_4 = 0,0262$
- $w_5 = 0,0424$

$$(c@c) * M_i^{-1} (c@c) = 0,00613 \quad \text{Función Objetivo Parcial (hoja)}$$

PROYECTO DEL CIRCUITO DE FLOTACIÓN FLASH EN MEJORA DE LA RECUPERACIÓN DE ORO GRUESO

AJUSTE DEL BALANCE DEL CIRCUITO DE FLOTACIÓN
METODO COMPUTACIONAL



Banco Rougher I

$$C_1 + C_8(w_2 - w_1) + C_7w_5 - C_6w_2 - C_2(1 + w_5 - w_1) = 0$$

Banco Rougher II

$$C_2(1 + w_5 - w_1) + C_5w_4 - C_7w_5 - C_3(1 + w_4 - w_1) = 0$$

Banco Scavenger

$$C_3(1 + w_4 - w_1) - C_5w_4 - C_4(1 - w_1) = 0$$

Banco Cleaner I

$$C_{10}(w_3 - w_1) + C_6w_2 - C_8(w_2 - w_1) - C_9w_3 = 0$$

Banco Cleaner II

$$C_9w_3 - C_{10}(w_3 - w_1) - C_{11}w_1 = 0$$

Flujo	Nombre	g/t Ag	g/t Ag	g/t Au
C ₁	Cabeza fresca	282,11	282,11	2,27
C ₂	Relave Rougher I	68,43	68,43	0,68
C ₃	Relave Rougher II	48,83	48,83	0,47
C ₄	Relave Final	36,7	36,7	0,31
C ₅	Concentrado Sacveneger	611,49	611,49	5,61
C ₆	Concentrado Rougher I	6101,88	6101,88	49,94
C ₇	Concentrado Rougher II	934,66	934,66	8,12
C ₈	Relave Cleaner I	890,18	890,18	4,37
C ₉	Concentrado Cleaner I	14424,56	14424,56	111,84
C ₁₀	Relave Cleaner II	1553	1553	12,4
C ₁₁	Concentrado Final	24465,08	24465,08	189,48

Datos

w ₁ =	0,0102
w ₂ =	0,0437
w ₃ =	0,0182
w ₄ =	0,0262
w ₅ =	0,0424

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11
B(w) =	1	-(1+w5-w1)	0	0	0	-w2	w5	(w2-w1)	0	0	0
	0	(1+w5-w1)	-(1+w4-w1)	0	w4	0	-w5	0	0	0	0
	0	0	(1+w4-w1)	-(1-w1)	-W4	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	w2	0	-(w2-w1)	-w3	(w3-w1)	0
	0	0	0	0	0	0	0	w3	0	-(w3-w1)	-w1

B(w) =	1,00	-1,03	0,00	0,00	0,00	-0,04	0,04	0,03	0,00	0,00	0,00
	0,00	1,03	-1,02	0,00	0,03	0,00	-0,04	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,00	0,00	1,02	-0,99	-0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	-0,03	-0,02	0,01	0,00
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	-0,01	-0,01

M _i =	C ₁ ²	C ₂ ²	C ₃ ²	C ₄ ²	C ₅ ²	C ₆ ²	C ₇ ²	C ₈ ²	C ₉ ²	C ₁₀ ²	C ₁₁ ²
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	C ₂ ²	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	C ₃ ²	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	C ₄ ²	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	C ₅ ²	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	C ₆ ²	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	C ₇ ²	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	C ₈ ²	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	C ₉ ²	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	C ₁₀ ²	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	C ₁₁ ²

M _i =	79586,0521	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	4682,6649	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	2384,3689	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	1346,89	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	373920,0201	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	3,7E+07	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	873589	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	792420	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	208067931	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2411809	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5,99E+08

PROYECTO DEL CIRCUITO DE FLOTACIÓN FLASH EN MEJORA DE LA RECUPERACIÓN DE ORO GRUESO

$M^{-1}(c-c)$	0,000
	0,001
	0,000
	-0,001
	0,000
	0,000
	0,000
	0,000
	0,000
	0,000
	0,000

Resultados finales

$w_1 = 0,0102$
 $w_2 = 0,0437$
 $w_3 = 0,0182$
 $w_4 = 0,0262$
 $w_5 = 0,0424$

$(c-c)M^{-1}(c-c) = 0,006055778$ Función Objetivo Parcial (hoja)

Sumatoria total = 0,012181531 Celda Objetivo total