

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN
FACULTAD DE INGENIERIA DE PROCESOS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA METALURGICA



**EVALUACION DEL TAMAÑO DE PARTICULA EN EL PROCESO
DE FLOTACION PARA LA RECUPERACION DE ORO GRUESO**

Tesis presentado por el Bachiller:

DIAZ REAÑO JOEL FERNANDO

Para optar el Título Profesional de

INGENIERO METALURGISTA

**AREQUIPA - PERU
2015**

Dedicatoria:

Con mucho agradecimiento y cariño dedico este trabajo de tesis a:

Mis padres: Sr.Fernando Diaz Ramirez, Sra. Yvonne Reaño Cruz

Quienes fueron el pilar de mi aprendizaje, que en todo momento me dieron su apoyo y les debo toda mi vida.

A mis hermanos Kelvin y Esteven por su apoyo íntegro y por los momentos inolvidables que compartimos.

A mi ángel del cielo mi tía Patricia Reaño quien nunca dejo de estar con nosotros.

INTRODUCCION

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 está 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.

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 de acuerdo con los resultados obtenidos y la experiencia obtenida en varias plantas de flotación.

BACHILLER:

DIAZ REAÑO JOEL FERNANDO

INDICE

CAPÍTULO I ASPECTOS GENERALES

1.1. ANTECEDENTES	1
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.3. JUSTIFICACION	2
1.4. OBJETIVOS DE ESTUDIO	2
1.4.1. OBJETIVO GENERAL	2
1.4.2. OBJETIVO ESPECIFICO	2
1.4.2. OBJETIVO ESPECIFICO	2
1.5. METODOLOGIA	2
1.6. UBICACIÓN GEOGRÁFICA Y ACCESO	3
1.7. BREVE RESEÑA HISTÓRICA	3
1.8. GEOLOGÍA	5
1.8.1. FISIOGRAFÍA, GEOMORFOLOGÍA, DRENAJE Y CLIMA	5
1.8.2. ESTRATIGRAFÍA	6
1.8.3. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL	10
1.8.4. GEOLOGÍA ECONÓMICA	11
1.9. MINA	15
1.9.1 PRODUCCIÓN	15
1.9.1.1 RECUPERACIÓN DE FINOS	16
1.9.1.2 PRODUCCIÓN POR ZONAS Y SECCIONES	16
1.9.2 AVANCES LINEALES	16
1.9.3 RESULTADOS OPERATIVOS	17
1.9.3.1 PRODUCCIÓN	17
1.9.4 MÉTODOS DE EXPLOTACIÓN	18
1.9.4.1 CORTE Y RELLENO ASCENDENTE	18
1.9.4.2 CORTE Y RELLENO DESCENDENTE	19
1.9.4.3 CORTE Y RELLENO ASCENDENTE MECANIZADO	19

CAPITULO II DESCRIPCION DE LA PLANTA

2.1. PLANTA	20
2.2. RECEPCIÓN DE MINERAL	22
2.3. CHANCADO	22

2.4. MOLIENDA Y CLASIFICACIÓN	23
2.5. CONCENTRACIÓN: GRAVIMETRÍA Y FLOTACIÓN	23
2.6. MEDIO AMBIENTE	26
2.6.1 CARACTERÍSTICAS MEDIO AMBIENTALES EN MINERÍA	27
2.6.1.1 ETAPA DE PRE OPERACIÓN	27
2.6.1.2 ETAPA DE OPERACIÓN	28
2.6.2 CONSIDERACIONES GENERALES	28
2.6.2.1 MANEJO Y SELECCIÓN DE EMPRESAS ESPECIALIZADAS	28
2.6.2.2 SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL	29
2.6.2.3 RESPUESTA A EMERGENCIAS	29
2.6.2.4 SEGUIMIENTO Y MEDICIÓN	29
2.6.2.5 INSPECCIONES Y AUDITORIAS	29
2.6.2.6. REGISTROS	30
2.6.2.7 REPORTE DE INCIDENTES, ACCIDENTES, E INFORMES	30
2.6.2.8 COMUNICACIONES PARA INICIAR TRABAJOS DE EXPLORACIÓN	31
2.6.2.9 SITIOS ARQUEOLÓGICOS Y CULTURALES	31
2.6.2.10 VIDA SILVESTRE	31
2.6.2.11. RESPONSABILIDAD EN PASIVOS AMBIENTALES	32
2.6.2.12. OBLIGACIONES Y COMPROMISOS ASUMIDOS	32
2.6.2.13. ESTUDIOS AMBIENTALES Y SU MODIFICACIÓN	32
2.6.3 PLAN DE MANEJO AMBIENTAL	33
2.6.4 DEFINICIONES	34
2.6.5 RESPONSABILIDADES	34
2.6.6 PROCEDIMIENTO	35
2.6.7 DOCUMENTOS DE REFERENCIA	36

CAPITULO III

FLOTACION - MARCO CONCEPTUAL

3.1. TEORÍA DE LA FLOTACIÓN	37
3.1.1 FUNDAMENTO TÉCNICO DE FLOTACIÓN	38
3.1.2. FACTORES QUE AFECTAN AL PROCESO DE FLOTACIÓN	39
3.2. FLOTACION FLASH	41
3.3. CONSIDERACIONES TÉCNICAS	43
3.4. COMPORTAMIENTO DEL ORO EN SISTEMAS DE CLASIFICACIÓN Y MOLIENDA	44
3.5. FLOTABILIDAD DEL ORO	45

3.6. APLICACIONES DE LA FLOTACION DE ORO	47
3.7. COMPORTAMIENTO DEL ORO EN LOS CIRCUITOS DE MOLIENDA	48
3.8. LA FLOTACIÓN FLASH CONVENCIONAL DE OUTOKUMPU	49
3.9. TECNOLOGÍA DE LA FLOTACIÓN FLASH OUTOKUMPU	51
3.10. MODELAMIENTO DE LA FLOTACIÓN FLASH EN UN CIRCUITO CERRADO DE MOLIENDA	52
3.11. BENEFICIOS EN GENERAL	52
3.12. BENEFICIOS COMPARADOS CON LA GRAVIMETRÍA	53
3.13. REACTIVOS DE FLOTACIÓN	53

CAPITULO IV

PRUEBAS METALURGICAS A NIVEL DE LABORATORIO

4.1. INTRODUCCION	58
4.2. PROCEDIMIENTO DE MUESTREO	59
4.3. EQUIPO	60
4.4. PROCEDIMIENTO DE PRUEBAS PARA FLOTACIÓN FLASH	60
4.4.1. PRUEBAS DE FLOTACIÓN	60
4.5. ANALISIS VALORADO DEL CLASIFICADOR D10	61
4.6. ANALISIS VALORADO DEL CLASIFICADOR D15	61
4.7. FLOTACIÓN FLASH EN LAS ARENAS DEL CLASIFICADOR D15	63
4.7.1. CARACTERÍSTICAS INICIALES DE LA MUESTRA	63
4.7.2. ESQUEMA DE LA PRUEBA DE FLOTACIÓN	63
4.7.3. CONDICIONES DE LA PRUEBA	63
4.7.4. RESULTADOS DE LAS PRUEBAS	63
4.8. FLOTACIÓN FLASH EN EL REBOSE DEL CLASIFICADOR D15	64
4.8.1. CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA	64
4.8.2. CONDICIONES DE LA PRUEBA	65
4.9. FLOTACIÓN FLASH EN EL CLASIFICADOR ARENAS D10	65
4.9.1. CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA	65
4.9.2. ESQUEMA DE LA PRUEBA DE FLOTACIÓN	65
4.9.3. CONDICIONES DE LA PRUEBA	66
4.9.4. RESULTADO DE LAS PRUEBAS	66
4.10. RECUPERACIÓN Y BALANCE METALÚRGICO PARA LA FLOTACIÓN FLASH	67
4.11. CONCENTRACIÓN POR MESA GRAVIMÉTRICA	68
4.11.1 CONDICIONES DE LAS PRUEBAS	68

4.11.2. RESUMEN DE RESULTADOS	69
4.11.3. INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS DEL CONCENTRADO GRAVIMETRICO	70
CONCLUSIONES	71
BIBLIOGRAFIA	73

CAPÍTULO I

ASPECTOS GENERALES

1.1. ANTECEDENTES

En la actualidad los minerales complejos de Au y su posterior obtención de concentrados de calidad y con alta recuperación, han escaseado y la tendencia mundial hacia una economía globalizada, ha Incrementado competitividad en las industrias en general, obligando por lo tanto a las empresas a incrementar su eficiencia, a través de la evaluación de los principales parámetros de sus diferentes procesos de obtención de metales, así como el desarrollo de nuevos productos. Por lo general para lograr estos objetivos, se hace uso de un método de experimentación a nivel laboratorio y que posteriormente se reflejara en la mejora a nivel piloto como industrial.

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.-

En el tratamiento de los minerales preciosos, para obtener recuperaciones con resultados satisfactorios, es necesaria la conjugación de muchos factores, dentro de ellos determinar los parámetros o condiciones óptimas de evaluación para el control del proceso de flotación de estos minerales complejos con el fin de obtener una buena calidad de concentrados.

1.3. JUSTIFICACION

Al evaluar un proceso de concentración de minerales mediante el procesamiento de minerales por flotación se hace el uso racional de evaluaciones experimentales a nivel laboratorio de tal manera obtendremos las condiciones óptimas de una manera rápida eficiente y confiable.

El desarrollo del presente trabajo de evaluación está orientado a solucionar un problema tecnológico mediante la experimentación, ya que en la mayoría de las empresas que procesan mineral tienen problemas operacionales que dificultan la recuperación de los metales en forma de concentrado de alta calidad.

1.4. OBJETIVOS DE ESTUDIO

1.4.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la recuperación de oro grueso en el proceso de flotación, teniendo en cuenta el tamaño de partícula.

1.4.2. OBJETIVO ESPECIFICO

- Evaluar el comportamiento del oro en sistemas de clasificación, molienda y remolienda.
- Comparar la flotación convencional y la flotación flash.
- Determinar los rangos óptimos de las variables más influyentes en el proceso de Recuperación en la flotación.

1.5. METODOLOGIA

Los concentrados metálicos pasan por una etapa de recuperación en el mercado internacional lo cual implica que se tiene que evaluar los procesos sobre todo el de flotación con el objetivo de poder competir comercialmente, usando los mismos reactivos y el cambio mínimo de equipos para reducir los costos de procesamiento y gastos indirectos de operación.

Por ello el estudio y programas de pruebas de flotación que se realizan son de gran importancia, así como la experiencia es un factor importante para minimizar el número de variables y la extensión sobre el cual estas variables requieren ser analizadas.

El número de variables que inciden sobre los resultados metalúrgicos de un proceso de flotación son:

- Material de alimentación (granulometría, densidad de pulpa, pH natural de la pulpa, características químicas y mineralógicas de la mena).
- Etapa de molienda Clasificación. (densidad de pulpa, tipo y dosificación de reactivos químicos agregados, secuencia de adición de reactivos, pH de acondicionamiento).
- Proceso de flotación (tamaño y número de burbujas, altura de la espuma, pH, tiempo de flotación en cada etapa, tipo de aireación, geometría de la celda, tipo y dosificación de reactivos de flotación).

1.6. UBICACIÓN GEOGRÁFICA Y ACCESO

La Unidad Parcoy perteneciente al Consorcio Minero Horizonte se ubica en la provincia aurífera de Pataz, con una extensión de 160 Km de largo y de 3 Km de ancho, es conocida por sus vetas auríferas de cuarzo-sulfuros desde la época incaica (siglos XV y XVI). Durante los últimos 100 años más de 16 minas subterráneas distribuidas en los distritos de Pataz, Parcoy y Buldibuyo han producido 6 millones de onzas de oro y se estima que los recursos asciendan a 40 Millones de onzas aproximadamente. El área de la empresa Consorcio Minero Horizonte S.A, Unidad Parcoy, se encuentra en el distrito de Parcoy, provincia de Pataz, departamento de La Libertad, en las coordenadas geográficas 77°36' Longitud Oeste; 08°00' Latitud Sur, a una altura de 2600 a 4100 m.s.n.m.

Es accesible por las siguientes vías:

- Vía Aérea: Trujillo – Pías / Lima – Pías
- Vía Terrestre: Trujillo – Chagual – Parcoy (400 Km.)

1.7. BREVE RESEÑA HISTÓRICA

Consorcio Minero Horizonte S.A. cuyo denuncia minero abarca más de 35,000 hectáreas es una de las principales empresas mineras auríferas de la región La Libertad. La importancia económica de la zona se debe a los trabajos realizados por los exploradores Raymondi. La exploración y explotación de oro en la región

de Pataz data desde el incanato, pues se conocen extensas labores de explotación desde la antigüedad; sin embargo durante el presente siglo se inicia la explotación sistemática del oro en la provincia a través de empresas mineras como Sindicato Minero Parcoy, Aurífera Buldibuyo, Compañía Poderosa, Consorcio Minero Horizonte (CMHSA), Minera Aurífera Retamas (MARS), entre otras empresas pequeñas y de mediana envergadura.

La explotación del batolito de Pataz en La Libertad data del siglo XIX. El batolito de Pataz es un cuerpo intrusivo cuya forma lenticular y alargada se debe a su emplazamiento a lo largo de una gran fractura regional de dirección andina NW-SE. Constituido por dioritas-tonalitas, granodioritas con cambios graduales a monzogranito; su mecanismo principal de deformación es el cizallamiento debido a un gran contraste de competencia con las rocas metamórficas adyacentes. Los sistemas de vetas auríferas en la región de Pataz están ligados especialmente a la geometría del batolito, enclavados en las zonas marginales de este cuerpo intrusivo.

En 1934 se fundó el Sindicato Minero Parcoy (SIMP) que inició sus actividades al año siguiente. La carretera partía de Trujillo hasta la ciudad de Huamachuco, de allí seguía un camino a lomo de mula de tres jornadas de doce horas cada una, para superar este problema, el fundador de SIMP Ing. Eulogio Fernandini, contrato tres aviones cóndor que transportaban maquinaria moderna.

En 1938 la Cía. aurífera Anglo-Peruana S.A. exploró las vetas Chinchines, Sissy y Elisa al oeste de la zona, pero aparentemente no llegó a procesar el mineral; se devolvió la firma y sus concesiones pasaron a poder de SIMP, que ya había consolidado gran parte de las propiedades de toda la área. SIMP trabajo durante 25 años gran número de vetas, entre las cuales cabe mencionar: Esperanza, Carlos Bernabé, Carmencita, Mishahuara, San Francisco, Encanto, Michencanto y Cabana entre otros más.

En 1960 el precio del oro se estancó a US\$ 35/onza, valor que no permitía cubrir los costos de operación, por tanto haciendo la producción de oro menos rentable, por lo cual paralizaron las exploraciones solo dedicándose a la explotación hasta que se agotó el mineral.

En 1978, con la promulgación de la ley de la promoción aurífera, surgió el interés de dos ingenieros entusiastas socios y amigos: Rafael Navarro Grau y Jaime

Uranga Bustos, acompañados de un grupo de trabajadores peruanos quienes iniciaron juntos un camino que les conducirían a trazar una historia de esfuerzo tenacidad y compromiso con el Perú.

Hace 33 años que Consorcio Minero Horizonte empezó sus operaciones en el Perú, que es la segunda mina aurífera subterránea más importante del Perú y la quinta a nivel nacional. En este contexto resultó un reto para los socios, quienes iniciaron las operaciones con el procesamiento de los relaves del antiguo Sindicato Minero de Parcoy (cerrado desde 1960) y se rehabilitaron 19 concesiones antiguas: Bernabé, Cabana, Ichigrande, Pucalabor, Carmencita, Retamas, etc. y también dos concesiones nuevas Horizonte N°8 y Horizonte N°12. Pese al esfuerzo y trabajo constante los resultados no llegaron al óptimo trazado, por lo que decidieron realizar labores de explotación en la mina, a la que bautizaron como “Fernandini”.

El incursionar en este rubro resultaría crucial en la historia de CMH; un hallazgo puso al descubierto la veta Rosa Orquídea, rica en oro y tributaria del famoso batolito de Pataz, con ella la tenacidad rindió finalmente sus frutos; se logró la primera producción de 1600 onzas (50 Kilos) oro anules. A este hito en la vida de CMH le siguieron otros cada vez mayor envergadura ni bien se lograba el pico de 150 TMD, se fijaban una nueva meta de 400, 500, 1500 TMD.

Tres décadas después, siguiendo esta línea de valores y visión de futuro, ha crecido como grupo empresarial ampliando sus operaciones extractivas a varias zonas auríferas del Perú, realizando sus propias exploraciones e investigaciones geológicas.

1.8. GEOLOGÍA

1.8.1. FISIOGRAFÍA, GEOMORFOLOGÍA, DRENAJE Y CLIMA

Fisiográficamente el yacimiento se encuentra en el flanco occidental de la cordillera central, entre valles interandinos, donde se observan valles agudos y quebradas profundas que se han formado por la erosión glacial fluvial, las que está en proceso de estabilización.

Geomorfológicamente la zona está afectada profundamente por la acción erosiva de las aguas de escorrentía, por lo que se encuentran relieves empinados, principalmente en épocas lluviosas, lo que limita el desarrollo de la agricultura en la zona. Se pueden observar tres unidades geomorfológicas:

- **Cordillera Oriental:** Caracterizados por geoformas positivas que llegan a tener altitudes de 4000 m.s.n.m.; las cuales se alinean con el flanco oriental de la cordillera de los Andes.
- **Valles:** Son geoformas negativas y angostas, por las que discurre el río Parcoy, el cual desemboca en la laguna de Pías.
- **Terrazas:** Formados por materiales acarreados de las cabeceras de las quebradas hacia el río Parcoy, las que forman muestran un relieve suave y abundante vegetación.

Respecto al drenaje podemos indicar que es enrejado, donde el río Parcoy es uno de los principales colectores de pequeños afluentes. Este río discurre de sur a norte, con rumbo N60° E, con un caudal promedio de 643 l/s, drena por la laguna de Pías, luego desemboca al río Marañón y finalmente llega al río Amazonas.

El clima es en general templado durante el año con lluvias entre los meses de Noviembre y Marzo. Se presentan ventarrones durante los meses de Julio y Agosto. Los cambios de temperatura están controlados básicamente por la geografía. La vegetación silvestre es abundante cubriendo la superficie de los cerros principalmente en épocas de lluvias.

1.8.2. ESTRATIGRAFÍA

La Historia geológica de la región consta de eventos sedimentarios que van del Precámbrico hasta el Reciente, afectados por intrusiones de diversos tipos, composiciones, así como edades. Regionalmente la geología del distrito está dominada por tres franjas:

- El basamento Precambriano del Complejo Marañón (Este).
- El Batolito de Pataz del Carbonífero.
- Los estratos deformados del Pérmico – Cenozoico (Oeste).

La geología de la zona está vinculada a la evolución estratigráfica y estructural de la cordillera Andina del Norte del Perú la cual está formada por la

superposición de tres ciclos orogénicos: el Precámbrico, el Hercínico y el Andino, teniendo presente también:

Rocas Sedimentarias.- La sedimentación del ciclo Andino que es más notoria en la Cordillera Occidental, comienza con las calizas del Grupo Pucará, cubiertas posteriormente por areniscas del Grupo Goyllarisquizga, calizas de la Formación Crisnejas y por las capas rojas de la Formación Chota.

- Grupo Ambo (Ci-a).- constituido por areniscas, lutitas de color gris marrón a verdoso, en capas delgadas, con intercalaciones de conglomerados gris verdoso, duros y compactos en matriz arenosa arcillosa, se observan algunos afloramientos remanentes en la quebrada del Chorro y Cabana, sobre el Batolito de Pataz. La edad asignada es de 345 MA, perteneciente al Carbonífero – Missisipiano Medio.
- Grupo Mitu (Ps-m).- Conformado por conglomerados rojo ladrillo, lutitas, limolitas, cuarcitas rojo brunáceas y cuarcitas gris brunáceas. Hacia el contacto con el Batolito de Pataz se observan riolitas de tono rojizo. Aflora en los caseríos de Tambo, Cabrillas y Pílancon formando una faja paralela al Batolito de Pataz en este sector. El distrito de Parcoy se sitúa sobre un aluvión donde predominan las Capas Rojas del Grupo Mitu, este aluvión cubre al Batolito, observándose remanentes hasta Retamas. Se asignó al Periodo Pérmico superior, 280 Ma.
- Grupo Pucará (TrJi-p).- Conformado por calizas grises, negras y gris blanquecinos en bancos gruesos, parcialmente silicificadas y con nódulos de sílice blanco. Se observan como blocks rodados sobre las Capas Rojas y en el cauce y bordes del río Mishito. Aflora en forma paralela al Grupo Mitu, hacia el oeste. Se le ha asignado al Triásico superior, Jurásico Inferior-Superior.
- Formación Crisnejas (Ki-cr).- Consiste de calizas grises a pardas, areniscas calcáreas, lutitas calcáreas, en capas medianas a delgadas. Tiene la misma litología de la Formación Chulec. El contacto superior es una discordancia erosional con los sedimentos clásticos de la Formación Rosa, Chota o Capas Rojas. Aflora en el flanco oeste del río Parcoy, Pías, camino a Pataz, quebrada Condormarca y Calemar. Potencia estimada de 200 m. Se le ha asignado al período Cretáceo inferior (Albiano 120 MA).

- Formación Chota (Ksp-ch).- Consiste de areniscas, limolitas, conglomerados finos en capas delgadas, medianas y gruesas, de color rojo intenso y gris brunáceo, en estratificación irregular. Predominan las capas lenticulares. Aflora en Alpamarca, camino a Pías. El ancho estimado es de 200 m y está asignado al Cretáceo inferior (Albiano Superior-Cenomaniano Inferior).

Rocas Metamórficas.- El Precambriano corresponde a las rocas del Complejo Marañon, el Hercínico está formado por las pizarras de la Formación Contaya.

- Complejo Marañon (Pe-cma).- Constituida por filitas de color verde oliva, textura fina, brillante, con esquistocidad, contiene talco, clorita, sericita, calcita; aflora en Llacuabamba, en el flanco NE y se ha estimado un ancho de 250 m. Infrayacen andesitas silicificadas, dacitas, microdioritas. Se le conoce también como Metavolcánicos, rocas de grano fino a grande, porfiríticos, lavas de color gris a gris verdosa, aflora en el flanco Este del río Parcoy; potencia estimada 250 m. Como base del complejo tenemos mica, esquistos, rocas foliadas gris verdosa, la foliación grada desde una laminación fina a una esquistocidad somera; con el esquisto están asociados vetillas de cuarzo de rumbo variable que generalmente cortan la foliación, esto se observa sobre la trocha a la Soledad a la altura de la curva 8 y en el Cementerio de Llacuabamba. Se le asigna al Neoproterozoico – Cámbrico.

Rocas Volcánicas.- En el permiano superior tenemos una acumulación volcánica andesítica conocida como volcánico Lavasen, que tiene una amplia distribución en las partes altas de Parcoy, principalmente al Este, margen derecha del río Parcoy.

- Volcanico Lavasen (Csp-lav).- Está constituido por bancos macizos, gruesos, casi horizontales, de piroclásticos grisáceos, tufos dacíticos, riolíticos, en menor proporción brechas y tufos andesíticos. Aflora en las cumbres de la margen derecha del río Parcoy, sobre el complejo Marañon y batolito de Patatz, el ancho estimado es de 1,500m. Edad: Paleozoico, Período: Carbonífero Superior, Permiano Inferior.

Rocas Intrusivas.- Durante el carbonífero las rocas de la zona hasta ese entonces depositadas fueron afectadas por una gran intrusión magmática de composición calcoalcalina, denominada “Batolito de Pataz”. Posteriormente en el Paleógeno se produjeron emplazamientos intrusivos menores de composición diorítica a cuarzo monzonítica.

- Batolito de Pataz.- La composición litológica del Batolito es ácida a intermedia, caracterizado por granodiorita, diorita y cuarzo-monzonita. Diques aplíticos, microdioríticos y andesíticos posteriores, afectan al Batolito y en algunos casos cortan algunas vetas. La textura de las rocas plutónicas es variable, son comunes las tonalitas y granodioritas con zonación a bordes dioríticos así como pulsaciones más jóvenes de cuarzo-monzonita. En los bordes y cúpulas se observan xenolitos de microdiorita. El batolito de Pataz aflora con un rumbo promedio de N30°W (lineamiento andino) cuyo contacto con las rocas circundantes es irregular y fallado. Estructuralmente, el batolito está sumamente fracturado y fallado, probablemente porque es un cuerpo tabular estrecho, que se emplazo en una zona de falla extensional, que subsecuentemente se reactivó como una zona de falla inversa oblicua (E. Nelson). Su longitud reconocida en la región es de 120 Km aproximadamente y con un ancho de 2Km. En el sector de Parcoy, este macizo rocoso está controlado por dos lineamientos mayores de orientación N30°W. La edad ha sido datada en varios estudios, destacando la data de Schreiberet al (1990), el cual por el método de 40AR/AR39 definió edades entre 305Ma. – 321Ma. Estudios más recientes de Haeberlinet al (1992) por el mismo método, registraron edades entre 322Ma – 328Ma.

Depósitos Cuaternarios.- Existen depósitos coluviales sobre el Batolito de Pataz, acompañado de suelos recientes. Se observan acumulaciones de sedimentos fluviales que muestran una deficiente selección granulométrica sin estratificación definida, formando depósitos cuaternarios recientes generalmente de naturaleza ígnea (terrenos de cultivo actuales), en el sector de Cabana, parte inferior de Mishito grandes áreas del batolito están cubiertos por depósitos coluviales hasta el río Llacubamba.

1.8.3. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

Según el cuadro tectónico descrito por Wilson Reyes (1967) para la zona existen 4 unidades tectónicas, una provincia de pliegues, un área imbricada, las fosas tectónicas del Marañon y una zona de bloques fallados, siendo esta última la que correspondería a nuestra área de estudio.

La provincia de bloques fallados se caracteriza por haber sufrido movimientos predominantemente verticales a lo largo de fallas que tienen rumbo aproximado NW-SE. En la unidad de Parcoy es importante indicar y definir un gran bloque tipo graben, "La Virgen", que ha bajado y cuyos límites son:

- Al Sur: La falla "H".
- Al Norte: entre Cachica.
- Al Este: Potacas.
- Al Oeste: La gran falla regional que pasa por el río Parcoy-Alpamarca y al W por toda la falda de Pilancones y Pampa Espino.

Este bloque influye en la mineralización y en la profundidad del yacimiento.

El Distrito minero ha sido afectado por los diferentes eventos tectónicos sufridos en los últimos 399Ma dando como resultado una complejidad estructural muy marcada. No presenta fuerte foliación, por lo que se supone instruyó la corteza superior en una zona extensional. Dicha zona extensional se habría reactivado subsecuentemente como consecuencia de un sistema de fallas inversas oblicuas durante la mineralización y de nuevo por callamiento post-mineralización.

Las fallas producto de los eventos tectónicos regionales, pueden haber tenido un efecto en la distribución de zonas mineralizadas en el distrito de Parcoy, que incluye cizallamiento y plegamiento pre-mineral, sin-mineral y post-mineral. Los eventos pre-mineral incluyen deformación y metamorfismo en el Complejo Marañon Proterozoico (la orientación estructural o direcciones de compresión no son muy reconocidas), débil acortamiento NW-SE en el Ordoviciano, acortamiento NE-SW en el Devoniano tardío, y extensión NW-SE durante la intrusión del Batolito de Pataz en el Missisipiano (Haeberlin y Fontboté, 2002).

El contacto occidental del Batolito es una falla Cenozoica tipo "Strike-slip" (salto sobre su rumbo) orientada 350°/85°, como lo indican las estriaciones de falla

horizontal "Slickenlines" observadas en la Quebrada Balcón. Esta falla es casi paralela a todas las vetas occidentales y probablemente sea una reactivación de una falla de primer orden sin-mineral (E. Nelson, 2003). El área presenta tres sistemas de fallas importantes:

- Sistema de Fallamiento NW-SE (Andino).- Son fallas postminerales de rumbo paralelo y subparalelo a la veta originando ensanchamiento, acuñaamiento, concentración de valores por dilatación térmica, creando un campo térmico favorable para la reactivación de mineral, etc. Son de carácter normal – sinextral e inversa.
- Sistema de Fallamiento NE-SW a NS (Antiandino).- Son fallas de alto buzamiento al W, se presentan agrupadas, se le considera como fallas gravitacionales. Las vetas muchas veces se hallan afectadas por este tipo de fallamiento ya sea normal como inverso, etc.
- Sistema de Fallamiento Principal E-W (Transversales).- Son fallas mayores de rumbo promedio E –W, las que originan las fallas de tipo extral.

1.8.4. GEOLOGÍA ECONÓMICA

Las fracturas pre-existentes a la mineralización tiene un rumbo paralelo a las grandes fallas N-S con buzamiento variable al Noreste, la mineralización relleno estas fracturas con cuarzo, pirita que posteriormente fueron afectadas por fallas transversales; esto dio origen a que las vetas presenten un modelo tipo rosario. Las vetas son típicamente mesotermiales donde prima la asociación "cuarzo, pirita, oro", así como otros minerales asociados en menor magnitud como clorita, sericita, calcita, ankerita, galena, esfalerita.

Las vetas se alinean a una dirección dominante N20°W con buzamientos al NE, siendo casi todas el resultado del emplazamiento del sistema de fallas de cizalla., así mismo se han identificado "sistemas" de vetas, constituidos por una veta central o principal con ramales y sigmoides asociados. La mayoría de las vetas presentan marcadas variaciones en rumbo y buzamiento, generando zonas de mayor apertura y enriquecimiento, emplazados en zonas de debilidad y cizallamiento que favorecieron el relleno mineralizante y la formación de "clavos". La extensión horizontal e individual de las estructuras es algunas decenas de metros las cuales están controladas por fallas transversales sinestrales en la

mayoría de los casos, de actividad tanto pre como post al emplazamiento de la mineralización.

La paragénesis de las vetas auríferas es simple y repetida.

- **Estadio I.-** Corresponde al relleno más antiguo de cuarzo lechoso acompañado de pirita gruesa y arsenopirita, por reactivación tectónica de las vetas se produce el fracturamiento y microfracturamiento de los minerales depositados en esta etapa.
- **Estadio II.-** Ocurre el ascenso de cuarzo gris de grano fino, esfalerita con exsoluciones de calcopirita y pirrotita, posteriormente galena con inclusiones de sulfosales de Sb, el electrum está hospedado principalmente en la esfalerita. Precipitando más tarde el oro nativo generalmente con galena y también en la pirita fracturada, hacia el final de esta etapa tiene lugar un proceso de recristalización a pequeña escala y nueva deposición de pirita y arsenopirita.

En una etapa tardía se deposita cuarzo con carbonatos. El volumen de los minerales del estadio I es mucho mayor que los depositados en el estadio II, sin embargo este estadio es la etapa aurífera.

Los minerales que conforman las estructuras de interés económico son:

- **Macroscópicamente.-** Cuarzo lechoso con abundante pirita. En algunas zonas se observa pequeñas cantidades de galena, esfalerita y arsenopirita. También se observa oro nativo en el cuarzo.
- **Microscópicamente.-** A continuación se nombra el orden decreciente de abundancia de los minerales hipógenos y supérgenos (Según Luís Ángel de Montrevil Díaz).
 - Cuarzo (SiO_2), componente predominante.
 - Pirita (FeS_2)
 - Calcita (CaCO_3)
 - Sericita $\text{KAl}_2(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})(\text{OH})_2$

- Arsenopirita FeAsS
- Galena PbS
- Esfalerita (Zn,Fe)
- Calcopirita (CuFeS_2)
- Oro Nativo (Au)
- Esfena o Tetanita (CaTiSiO_3)
- Pirrotita FeS_{1-x}
- Cerusita PbCO_3
- Covellita CuS
- Limonita (goethita) $\text{Fe}_2\text{O}_2\text{nH}_2\text{O}$
- Bornita Cu_5FeS_4

Respecto de las alteraciones podemos indicar que, en estos tipos de depósitos, la alteración hidrotermal está íntimamente relacionada a los mecanismos de deformación y geometría de las zonas de fractura y cizalla. Por otro lado, varían ampliamente de acuerdo a la litología y temperatura de los fluidos hidrotermales. Depósitos formados a diferente temperatura dentro de similares prototipos pueden tener diferentes ensambles de alteración hidrotermal.

Las alteraciones asociadas con la mineralización son:

Sericítica.- En la zona de alteración el cuarzo es el único mineral primario no alterado, el resto de minerales fue reemplazado por sericita, cloritas y piritas; a veces la clorita, como producto de alteración temprana, es reemplazada en una fase posterior por mica blanca (moscovita). En general la roca alterada presenta un color crema. El halo de alteración se extiende a pocos cm. o a veces a varios metros de la estructura mineralizada.

Propilítica.- Es una alteración hidrotermal temprana y está afectando a los ferro-magnesianos de los diferentes tipos de rocas. Esta ampliamente distribuida como halos externos y adyacentes a la alteración Sericítica.

La mineralización con mejores valores de oro se encuentra en los cambios significativos en la inclinación de las vetas así como en la cercanía a las intersecciones de estructuras. Las cuatro estructuras principales o “clavos” del Yacimiento de Parcoy son: “Milagros”, “Lourdes”, “Candelaria” y “Rosa Orquídea”, estas tienen longitudes de hasta 400 m. con anchos promedios del orden de los dos metros, su inclinación varía de 35° a 90°, siendo en promedio 65° al Este, estas estructuras se caracterizan por presentar ensanchamientos (clavos) así como estrangulamiento de las franjas económicas, muestran ramaleos tipo “cola de caballo” desprendimiento de ramales o splits y sigmoides asociados.

Áreas de Explotación Minera

A continuación se presentan las principales áreas de explotación:

Tabla N° 1.1
Principales Áreas de Explotación

Zona	Veta
Sur	Cabana
	Candelaria
	Oro Negro
Centro	Sissy
	Vannya
	Rosa Orquídea
	Lourdes
Norte	Milagros
	Golden

1.9. MINA

Con la finalidad de tener una cabal visión de las operaciones en mina se analizarán los siguientes aspectos:

- producción,
- avances lineales, y
- resultados operativos

La información que se presenta corresponde al Informe de Operaciones Mina del mes.

1.9.1 PRODUCCIÓN

La producción mineral considera tanto el material extraído en forma de fragmentos granulados como en forma de polvo residual, estos últimos conocidos como finos.

En las labores de producción (tajos) actúan cuadrillas de trabajadores ayudantes al mando de un maestro, quienes tienen a su cargo la ejecución de las operaciones unitarias con el objeto de cumplir con las metas programadas.

La Mina obtuvo como resultado de su producción 34,837 TMS de mineral con una Ley de 14.12 gr.Au/TMS, procedentes de tajos y aportes, asimismo 2,584TMS de mineral pobre con ley de 4.71gr.Au/TM.

La producción de la mina ha incluido 1,407TM de mineral con ley de 15.95 gr.Au/TMS correspondiente al PEC (Proyecto de Explotación Compartida con la empresa minera MARSA).

Tabla N° 1.2.

Producción de Mineral en TMS

Producción	Programa (TMS)	Ejecutado (TMS)					Total	% Cump.
		Norte	Centro	Sur	PEC			
Tajos	35,095	8,200	10,672	5,894	1,178	25,944	74%	
Aportes	6,002	1,428	4,229	3,007	229	8,893	148%	
Baja ley	100	799	557	1,227		2,584	2584%	
Total Mineral	41,197	10,428	15,458	10,128	1,407	37,421	91%	

1.9.1.1 RECUPERACIÓN DE FINOS

Como resultado de la producción de Mina se extrajo un contenido de finos de 492,111gr.Au con una ley promedio de 12,174gr.Au.

1.9.1.2 PRODUCCIÓN POR ZONAS Y SECCIONES

En la Zona Norte de la sección Milagros dio el mayor aporte de tonelaje (3,881TMS). El mayor aporte de finos correspondió a Golden (44,552 gr.Au/TMS).

En la Zona Centro las secciones Rumpuy RNG (7,426TMS y 128,593 gr.Au/TMS) y Sissy (6,432TMS y 71,339 gr.Au/TMS) dieron el mayor aporte de tonelaje y finos.

En la Zona Sur la sección Bernabé dio el mayor aporte de tonelaje y finos (5,987TMS y 66,213 gr.Au/TMS).

1.9.2 AVANCES LINEALES

Por avance lineal se conoce a la actividad minera cuya finalidad es habilitar labores de acceso como por ejemplo, túneles, galerías, cruceros o chimeneas que faciliten las operaciones en labores de producción. El avance se mide en metros. Los equipos utilizados en avances incluyen perforadoras tipo jumbo, vehículos motorizados como dumper o scoop y equipos para sostenimiento como shocreteras.

En un mes se ejecutaron 2,103mts en avances lineales con un cumplimiento del programa mensual de 84.59% (383mts menos de lo programado).

- Las labores con mayores avances en la zona Norte han sido el SN1570N, CH411N2, SN1738N, CX1900N y CX1701N.
- Las labores con mayores avances en la zona Centro han sido el BP762S, GL670S, SN652S, GL661S y GL555S.
- Las labores con mayores avances en la zona Sur han sido:
- La CH1225S (Alimak), SN6587S, GL1940S, GL1901S y GL1680S.
- Las labores con mayores avances en el PEC han sido RP1332N, CX979N, SN886N, CH858N y SN921N.
- Las labores con mayores avances en el Proyecto RNG han sido RP92442, CX430S, RP690S, CX1205S y CX102S

1.9.3 RESULTADOS OPERATIVOS

1.9.3.1 PRODUCCIÓN

Las minas con mayor producción (TMS) durante el mes de mayo fueron Rumpuy RNG (21%), Sissy (18%) y Bernabé (18%).

Las vetas de mayor producción en tms fueron Milagros Centro (18%) y Rosa (18%), Vannya (13%), Split II Candelaria (11%) y Candelaria (10%).

En finos, la mina de mayor producción fue Rumpuy-RNG con el 30% de la producción total, seguida de Sissy con 17%, Bernabé con 15%, Golden con 10% y Milagros con 8%. Las vetas de mayor producción de finos son Rosa (27%), Vannya (13%) y Milagros Centro (13%), Candelaria (8%) y Split II Candelaria (10%).

Zona Norte

En el mes de mayo, el aporte de los tajos fue el 79% del total de la zona. Los tajos de mayor producción fueron: TJ101N, TJ1809NS, TJ1711NS, TJ1489N y TJ160N.

Los frentes de avance aportaron el 14% del total de la producción de la zona siendo los más importantes: SN1570N, RP1517N, CH411N, SN411N1 y SN890N2.

Zona Centro

Los tajos aportaron el 69% del total de la producción de la zona.

Los tajos de mayor producción fueron: TJ614S, TJ981S, TJ832S, TJ665S y TJ850S

Los frentes de avance aportaron el 27% de la producción de la zona, siendo los más importantes: CH652S, SN652S, SN784S, CH635S y GL661S

Zona Sur

La producción de tajos representó el 58% del total de la zona.

Los tajos de mayor aporte en el mes de mayo han sido: TJ6587S, TJ1632S, TJ1550S, TJ1884S y TJ1822S.

Las labores de avance han aportado el 27% de la producción de la zona, siendo los más importantes: GL1999S, SN1980S, GL1940S, GL1826S y SN1984S.

PEC - Proyecto de Explotación Compartido

La producción de tajos representó en el mes de mayo el 96% del total producido. Los tajos más importantes fueron: TJ1324N, TJ1400NS, TJ40000, TJ1370N y TJ1447N

El aporte de los frentes de avance (8%) se extrajo principalmente de SN886N, SN921N, CH945N, SN1395N y RP1332N.

1.9.4 MÉTODOS DE EXPLOTACIÓN

En Consorcio Minero Horizonte se aplican los siguientes métodos de explotación:

- Corte y Relleno Ascendente Convencional
- Corte y Relleno Descendente Convencional
- Corte y Relleno Ascendente Mecanizado

1.9.4.1 CORTE Y RELLENO ASCENDENTE

Este método se utiliza cuando las cajas no son muy competentes y el buzamiento de la veta es mayor a 45°. A través de la rampa se gana cota para construir ventanas a partir de las cuales se tajea la veta en forma ascendente. Se hacen varios cortes horizontales hasta llegar a un tope en el que se deja un pilar de mineral como sostenimiento.

Cada dos cortes se sostiene la labor con relleno hidráulico para utilizarla como piso para seguir realizando nuevos cortes. Para aplicar el relleno se debe construir una losa o plataforma de concreto armado para soportar la carga de finos.

Antes de realizar los cortes se construye una chimenea para acceder al corte y para arrojar el mineral que es explotado y que posteriormente será recogido por el scooptram. La chimenea aumenta su longitud a medida que se hacen los cortes.

Este método se aplica en las minas Bernabé y Lourdes donde las vetas tienen un buzamiento entre 45° y 60° con una potencia de veta de 1.2 m en promedio. Se desarrolla a partir de la galería dejando un puente de mineral y el corte es en forma ascendente.

La limpieza del mineral roto se realiza con winches eléctricos hasta las chimeneas donde se realiza el chuteo por medio de las tolvas.

1.9.4.2 CORTE Y RELLENO DESCENDENTE

Este método se utiliza cuando las cajas son competentes para evitar que la dilución sea muy alta. La ventaja de este método es que el mineral es recuperado prácticamente en su totalidad ya que no se dejan pilares de mineral. La desventaja es que resulta muy caro por la utilización de cemento para construir la losa de concreto armado y luego se aplique el relleno hidráulico cuando se termina de tajar para que sirva de techo para el siguiente corte.

A diferencia del ascendente, la chimenea se desarrolla por completo antes de empezar a tajar para poder acceder al corte y para arrojar el mineral.

Este método se aplica en la mina Rumpuy donde la veta tiene un buzamiento entre 50° y 70°, y potencias de 2.5 m en promedio, con cajas completamente incompetentes. La preparación se realiza con una chimenea en estéril a partir de una galería inferior, la rotura de mineral se realiza con un primer corte superior en subnivel y a partir de este en forma descendente. Una vez agotado el corte se coloca una losa de concreto y se rellena con relleno hidráulico. El siguiente corte se realiza teniendo como techo la losa de concreto.

La limpieza se realiza con winches eléctricos hacia los buzones que se ubican en la parte inferior.

1.9.4.3 CORTE Y RELLENO ASCENDENTE MECANIZADO

Este método se aplica en las minas Lourdes y Milagros donde las vetas tienen un buzamiento de 65° y 75° y potencias de 2 m en promedio. La preparación se inicia con una rampa en espiral al piso de la estructura. A partir de la rampa se desarrollan ventanas (gradiente -15%) hacia la estructura. Una vez cortada la estructura se desarrollan galerías norte y sur con longitudes de 35m y 40 m en promedio (límite del tajo). Para el cambio de piso se rellena la galería y se desquincha la ventana de acceso (rebatido).

CAPITULO II

DESCRIPCION DE LA PLANTA

2.1 PLANTA

La planta procesa diariamente entre 1,000 y 1,200 tms (capacidad instalada de 1,500 toneladas métricas) de mineral aurífero, con leyes de oro que fluctúan en un rango aproximado de 10 a 15 gr/tm. Para beneficiar el mineral primero, se realiza un proceso de reducción de tamaño (chancado y molienda), luego el mineral molido pasa por los procesos de gravimetría y flotación, obteniendo un concentrado rico en oro.

Este concentrado es procesado por el método de cianuración tanto en molinos de remolienda como en los tanques agitadores. El oro disuelto en solución de cianuro se recupera en el proceso de Merrill Crowe en mayor proporción y una pequeña proporción se recupera en el proceso de Carbón en Pulpa. El producto final es el concentrado de oro del Merrill Crowe y oro en carbón activado.

El flujo de procesos en planta comprende:

- Recepción del mineral
- Chancado
- Molienda y clasificación
- Concentración

2.2 RECEPCIÓN DE MINERAL

El mineral proveniente de las diferentes labores de la mina es transportado a la Planta con camiones volquetes de 20 TM y carros mineros tirados por locomotoras, el mineral se almacena en las canchas de gruesos para luego alimentar a tres tolvas.

- La tolva N° 1 de capacidad de 200 toneladas
- La tolva N° 2 también de 200 toneladas
- La tolva N° 3 de 280 toneladas de capacidad.

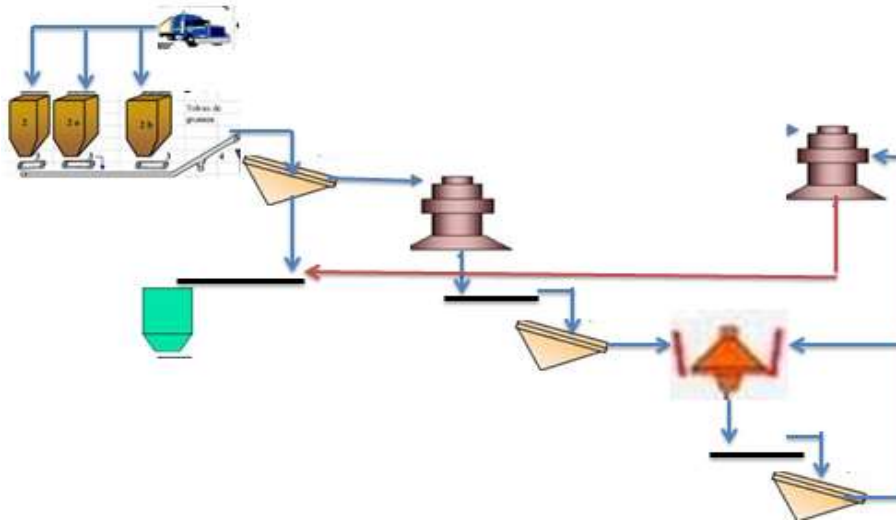
La tolva N° 1 y la tolva N° 2, cada una está provista de parrillas de 21 ½", descargan en las faja 1 a través de 2 alimentadores recíprocos y la tolva N° 3 descarga a la faja 2 por gravedad.

2.3 CHANCADO

Una vez depositado el mineral en las tolvas de grueso, mediante el alimentador recíproco y las fajas transportadoras; el mineral ingresa a una zaranda vibratoria de 5'x 16' doble, el piso superior tiene una abertura de 1" y el piso inferior tiene una abertura de 3/8". El mineral grueso del piso superior de la zaranda alimenta a la chancadora primaria Allis Faco 80x50 (set de salida 2 ½"). El mineral grueso del piso inferior pasa a la faja N° 4 y el mineral fino de la zaranda pasa a la faja N° 10 lo cual alimenta a la tolva de fino.

El producto de la chancadora primaria alimenta a la faja N° 4 la cual alimenta a la zaranda vibratoria 5'x10'. Esta zaranda tiene una abertura de 1" en el piso superior y 3/8" en la cama inferior. El mineral grueso pasa al chancado secundario en la chancadora cónica Telsmith 44FC; el set de la chancadora secundaria es ½". El producto fino de la zaranda 5'x10' pasa a la faja N° 10. El producto del chancado secundario alimenta a la faja N° 5 la cual alimenta a la faja N° 6 y está a la zaranda vibratoria Tyler 8'x16', esta zaranda tiene una luz de 3/8". El mineral + 3/8" pasa a la faja N° 7 que alimenta a la chancadora terciaria, la chancadora Symons (set de salida ¼"), y una parte a la Telsmith cerrando así el circuito de chancado. El mineral -3/8" pasa a la tolva de fino.

Figura N° 2.3:Proceso de chancado



Fuente figura N°2.3: propia.

2.4. MOLIENDA Y CLASIFICACIÓN

La descarga de la tolva de fino es recepcionada por dos fajas N° 15 y 16 mediante uno chutes de descarga, el mineral es descargado en la faja N° 17, esta faja alimenta al molino de bolas 8 Ø' x 10' N° 1. Las fajas N° 15 y 16 cuentan con un controlador de peso para la alimentación al molino. El molino de bolas 8 Ø' x 10' N° 1 trabaja en circuito abierto, la descarga de este molino pasa por el tambor magnético (para limpiar de residuos de bolas) y luego pasa por los concentradores gravimétrico Jigs Juba.

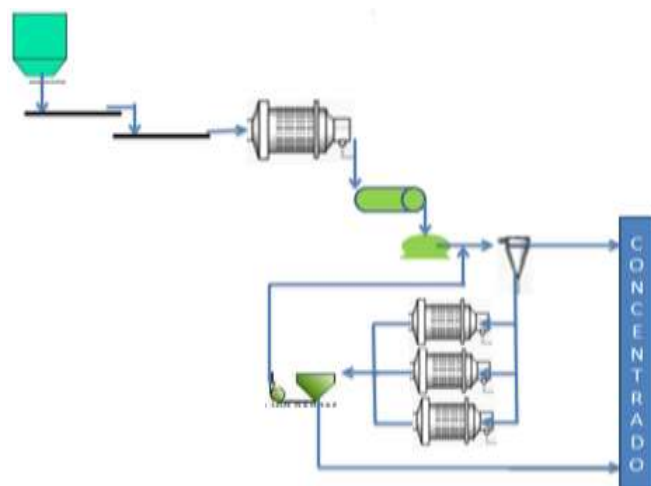
El rebose de los concentradores pasa a la bomba Wilfley (se tiene 2 bombas Wilfley), esta bombea al ciclón D-20 (se tiene dos ciclones D-20) el O/F (over flow) va al circuito de flotación y el U/F (under flow) va al circuito de molienda secundaria.

En circuito de molienda secundaria contamos con 3 molinos de bolas (molinos de bolas 8Ø' x 10' N° 1, 6 Ø' x 8' y 6 Ø' x 6' N° 2). Es un circuito cerrado inverso. Se trabaja de esta manera para obtener una mayor granulometría. Se está obteniendo una granulometría de 62 % - M 200.

La molienda tiene como objetivo realizar una reducción de tamaño en rangos finos de tal manera que se libere el mineral valioso. Esta sección es de vital importancia y responsabilidad de la Planta porque de ella depende el tonelaje y la liberación del mineral valioso para propósito de la flotación.

Las variables en el proceso de molienda son específicamente: alimento, suministro de agua, carga de bolas, forros, tiempo de molienda y carga circulante.

Figura N° 2.4: Molienda y clasificacion



Fuente figura N°2.4: propia

2.5. CONCENTRACIÓN: GRAVIMETRÍA Y FLOTACIÓN

Para este proceso, la Planta cuenta con 2 concentradores Jigs Juba de 42" x 56" duplex, que están en paralelo, por los cuales pasa la pulpa, obteniéndose un producto muy rico en oro al que denominamos concentrado de Jigs. También se obtiene oro libre, la cosecha se realiza semanalmente.

También cuenta con dos celdas SK Outokumpu (SK 240 y SK 80). El concentrado de estas dos celdas pasa a una zaranda astillera. El relave de los jigs como de las celdas SK vuelve a la bomba wilfley cerrando el circuito de molienda.

El O/F (over flow) del ciclón D- 20 pasa por el tromel astillero, proceso de limpieza, seguidamente pasa al acondicionador que es el inicio del circuito de flotación. Aquí se adiciona espumantes, colectores y modificadores.

En este circuito se cuenta con dos celdas Outokumpu OK – 16 (32 m³) y dos bancos de celdas Wenco 120 con 3 celdas por banco (50 m³).

La salida del acondicionador pasa a las celdas OK – 16, el concentrado de esta celda pasa a la zaranda de limpieza y el relave pasa a las celdas Wenco 120. A la entrada de las celdas Wenco se adiciona xantato para obtener un mayor concentrado.

El concentrado de las dos primeras celdas del primer banco pasa a las zaranda de limpieza y el concentrado de las demás celdas Wenco pasa al nido de ciclones D-4.

El O/F del D-4 pasa al espesador de madera y el U/F del D-4 pasa a la zaranda de limpieza. La descarga de la zaranda de limpieza es transportada por una bomba al ciclón D-10 donde el U/F (under flow) pasa al filtro de disco para su posterior remolienda y cianuración. El O/F (over flow) pasa al espesador de flotación Outokumpo.

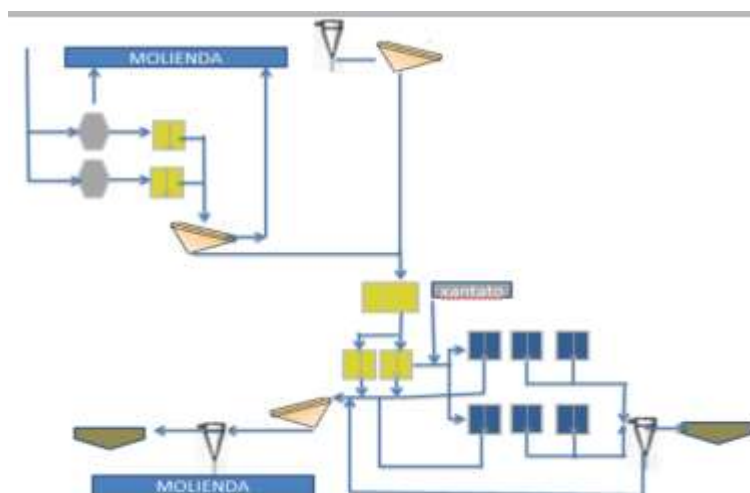
Los reboses del espesador de flotación tanto del Outokumpo como del espesador de madera es transportada al tanque de agua industrial.

La descarga del espesador Outokumpo es transportada por bombas bredel al filtro de disco y la descarga del espesador de madera mediante la bomba de diafragma es transportado a los tanques de cianuración.

En el área de concentración se obtiene un concentrado de flotación rico en oro en las que predomina los sulfuros de pirita aurífera, galena, escalerita y arsenopirita a los cuales está íntimamente ligado el oro como microfracturas, además el oro nativo fino.

Los reactivos usados en este proceso son los xantatos (Z-6), ditiofosfatos (AR 1208, 1404), espumantes (MIBC y aceite de pino) y ácido sulfúrico para mantener el pH adecuado para la flotación. El porcentaje de recuperación de los valores de oro en el proceso de concentración es cercano a 96%.

Figura N° 2.5: Gravimetria y flotacion



Fuente figura N° 2.5: propia

2.6. MEDIO AMBIENTE

Los supervisores y trabajadores en general debemos ser conscientes que es necesario trabajar enfocados en la prevención para identificar y controlar aquellos aspectos que tienen el potencial de generar impactos ambientales negativos como resultado de nuestra interacción con el entorno. Por ello, es necesario realizar una adecuada gestión de la seguridad, salud ocupacional y del medio ambiente.

Es importante realizar una apropiada planificación de nuestro trabajo, organizar los recursos requeridos, identificar las tareas con el ejemplo y controlar nuestras acciones para garantizar el éxito requerido.

Tenemos la obligación de ejecutar nuestras actividades, controlando al máximo los potenciales impactos adversos sobre el ambiente; incorporando medidas preventivas y de control desde el instante mismo del diseño del trabajo.

CMH se basa en la Guía Externa llamada: Explotación Mineral responsable desarrollada por la Asociación de Empresas de Exploración y Desarrollo minero de Canadá (PDAC) y busca difundir las mejores prácticas ambientales, tanto nacional e internacionalmente aceptables, estándares y procedimientos corporativos.

2.6.1 CARACTERÍSTICAS MEDIO AMBIENTALES EN MINERÍA

2.6.1.1 ETAPA DE PRE OPERACIÓN

- Remoción y almacenamiento de suelos; Identificación y disposición de suelo orgánico – debe disponerse de una Zona de Almacenamiento.
- Construcción de accesos. Está prohibido la intervención de humedales/bofedales.
- Construcción de ambientes para zona industrial (campamento, almacén, abastecimiento de agua, etc.). Se requerirá contar con los permisos de uso de agua y de vertimientos.
- Construcción según el diseño establecido de canchas de desmonte e infraestructura para disposición final de residuos sólidos domésticos, industriales, peligrosos, planta de tratamiento de aguas servidas, pozas de sedimentación y sistema de tratamiento de efluentes.

- Construcción de zona, de almacenamiento de combustible y lubricantes, considerando infraestructura para prevención de derrames y manejo de canchas de volatilización.

2.6.1.2 ETAPA DE OPERACIÓN

- Remoción y almacenamiento de suelos, disponer de una zona para almacenar el suelo orgánico.
- Evaluación y ubicación de bocaminas y canchas de desmontes (debe cumplir los diseños respectivos) y otra infraestructura operativa y acceso y pozas de sedimentación.
- Infraestructura de servicios diversos. Según lo aprobado en el Estudio Ambiental respectivo.
- Instalación de baños portátiles. Se requerirá un manejo adecuado de las aguas residuales o de la instalación.
- Impulsar el Plan de Cierre Progresivo. Trabajo que se concluye y que no es útil para la operación el cual debe cerrarse.
 - Cierre de plataforma y taladros perforados.
 - Cierre de caminos de accesos.
 - Cierre de pozas de sedimentación.
 - Cierre de trincheras y botaderos de desmonte.
 - Cierre de otra infraestructura que salga de servicio. Puede incluir desmantelamiento y/o transferencia.
- Implementación del Plan de Cierre, aprobado por el MEN, impulsando el Cierre Progresivo.
- Etapa final del cierre de labores: Recuperación de los componentes de los ecosistemas afectados o modificados durante las etapas anteriores.

En todos los casos, todas las labores a realizar deberán estar consideradas en un instrumento o Estudio Ambiental aprobado por la Dirección General de Asuntos Mineros del Ministerio de Energía y Minas.

2.6.2 CONSIDERACIONES GENERALES

2.6.2.1 MANEJO Y SELECCIÓN DE EMPRESAS ESPECIALIZADAS

La Empresa encargará, de ser necesario, realizar actividades de exploración a contratistas especializados con experiencia demostrada, para ejecutar:

- Investigación geofísica o geotécnica.
- Perforaciones diamantinas y desarrollo de labores mineras.
- Operación de equipo pesado.
- Transporte de personal y materiales.
- Vigilancia.
- Servicios de comedor, etc.

Es responsabilidad de la Jefatura de Proyecto de Exploraciones o Jefe de departamento de:

- Seleccionar adecuadamente las Empresas Especializadas y supervisar permanentemente su desempeño ambiental y social.
Recordar que deben ser consideradas y tratadas como servicios estratégicos de la Empresa y su personal debe recibir el mismo trato que el personal de la Empresa.
- Asegurarse, mediante procesos de capacitación y reuniones periódicas, que las Empresas Especializadas se adhieran a la Política de Seguridad, Salud Ocupacional, Medio Ambiente, Calidad y Relaciones Comunitarias de la Empresa; al código de Conducta y respeten y cumplan las directivas dadas por la Empresa aprobadas por la Dirección General de Asuntos Mineros del Ministerio de Energía y Minas.
- La Jefatura de la Empresa por la cual trabaje la contrata será la responsable de evaluar y monitorear el desempeño ambiental de las Empresas Especializadas. Asimismo, las EE designarán un “Responsable Ambiental”, quien coordinará sus trabajos ambientales con el área de Medio Ambiente. La EE deberá necesariamente hacer de conocimiento de la Empresa las actividades que podrían afectar y/o alterar las condiciones ambientales en su área de trabajo.

- Para iniciar trabajos la EE presentará al área de la Unidad o Proyecto para su aprobación, el Plan de Gestión Ambiental que desarrollará durante la ejecución de los trabajos asignados.
- Dentro de los términos del Contrato con la Empresa Especializada se deberá incluir el cumplimiento del Manual y otros procedimientos ambientales y sociales que la Empresa tenga implementados.

2.6.2.2 SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL

Todo el personal debe cumplir las Normas de seguridad y salud ocupacional establecidas por la Empresa Consorcio Minero Horizonte y especificado claramente en La Política de Seguridad y Salud Ocupacional y Medio Ambiente; él cual incluye todas las herramientas de gestión establecidas por la organización con el objetivo de prevenir lesiones y enfermedades ocupacionales.

2.6.2.3 RESPUESTA A EMERGENCIAS

De tal forma de estar preparados para responder ante una emergencia la organización dentro del Manual de Seguridad ha elaborado un procedimiento P-COR-SE-06.01 “Plan de contingencias” donde describe los tipos y niveles de emergencia, el equipamiento mínimo con el que se debe de contar para responder a ella, la programación de capacitaciones y simulacros. Todo ello nos permitirá estar preparados ante alguna eventualidad.

2.6.2.4 SEGUIMIENTO Y MEDICIÓN

Las Jefaturas del Medio Ambiente generan informes mensuales de cumplimiento de los programas de gestión y desempeño Ambiental. Estos establecen indicadores y reportan los problemas encontrados y las acciones de prevención y remediación adoptadas (Plan de Acción). Cada informe mensual incluye también actividades de cierre.

2.6.2.5 INSPECCIONES Y AUDITORIAS

Se dan “Inspecciones Mensuales Programadas” para evaluar el grado de cumplimiento de los compromisos adquiridos ante las partes interesadas

(MEN, MINAM, DIGESA, DREM, ANA, Comunidades), en los instrumentos ambientales y optimizar la gestión ambiental.

El Jefe de área / Jefe del Proyecto evalúa el desempeño ambiental del personal a su cargo. Se realizará como mínimo una auditoría interna al año de acuerdo al Procedimiento “Auditorías y Cumplimientos”, para asegurar la aplicación de las mejores prácticas ambientales, en cumplimiento con la política de la Empresa, y la legislación ambiental aplicable. Se mide el grado de efectividad de los estándares y procedimientos, así la capacidad para cumplir las obligaciones, compromisos y estudios ambientales correspondientes.

2.6.2.6 REGISTROS

Se mantienen y evalúan los datos consignados en registros y en imágenes. Según el procedimiento de MEM se dispone de una forma para custodiar, archivar y manejar los datos contenidos en ellos para poder responder a los grupos de interés. Esta información sirve para:

- Documentar las condiciones en la que se encontró el terreno antes de iniciar los trabajos programados. Asimismo, registrar las variaciones conforme se vaya avanzando en los trabajos. En uso de material fotográfico es de suma importancia para el futuro (Base de Datos).
- Documentan cualquier evento que debe ser informado a las autoridades y la atención o trato a todas las quejas recibidas de terceros o del equipo de trabajo. Toda queja es atendida / contestada de inmediato.
- Resultados de inspecciones, auditorias, monitoreo de agua y aire, avances del trabajo de plan de cierre, cumplimiento de compromisos con comunidades, cumplimiento de medidas correctivas debido a incidentes / accidentes, seguimiento y ejecución de Plan de Cierre, etc.

Se designa a un Responsable para recopilar, controlar mantener y custodiar los Registros generados. Esta información es aprovechada para cada área de trabajo, generando así Planes de Trabajo que sean usados en situaciones que pongan en riesgo el desempeño ambiental.

2.6.2.7 REPORTE DE INCIDENTES, ACCIDENTES, E INFORMES

- La supervisión incentiva el reporte de todo tipo de incidentes, no conformidades y accidentes al Medio Ambiente, Seguridad o Relaciones Comunitarias, según corresponda y de acuerdo al procedimiento “Investigación de Accidentes e Incidentes”.
- En caso de accidentes incluyendo al Medio Ambiente, como lo describe el procedimiento mencionado, se emite el reporte preliminar en el formato. Luego se remite el “Informe Final de Investigación de Accidentes/Incidentes”
- El informe se copia también a los responsables de las unidades y proyectos de la Corporación con el propósito que su difusión contribuya a adoptar medidas preventivas en sus respectivos centros de trabajo.
- Luego de coordinar con el área respectiva de Lima el Jefe de Proyecto procede a informar oportunamente a las autoridades y grupos de interés cualquier evento que tenga un potencial para convertirse en crisis. En casos de incidentes ambientales graves dentro de las 24 horas de su ocurrencia, se informará a la Dirección General de Asuntos Ambientales Mineras (DGAAM) del Ministerio de Energía y Minas y al Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA).

2.6.2.8 COMUNICACIONES PARA INICIAR TRABAJOS DE EXPLORACIÓN

El responsables de las actividades de exploración, reporta al Área de Medio Ambiente – Lima, la fecha de inicio de los trabajos de exploración, luego de que se apruebe el Estudio Ambiental respectivo.

2.6.2.9 SITIOS ARQUEOLÓGICOS Y CULTURALES

- El responsable de las operaciones debe asegurarse de contar con el CIRA para iniciar trabajos. Además debe informar de la existencia o conocimiento de restos arqueológicos en áreas aledañas de ser esto necesario. Debe asegurarse del cuidado de los restos arqueológicos y sitios culturales identificados en los Estudios Ambientales respectivos.

- Las áreas encontradas son previamente marcadas, señalizadas y protegidas de manera efectiva. Asimismo se capacita al personal, indicándoles la importancia de su conservación.

2.6.2.10 VIDA SILVESTRE

Todos los trabajadores:

- Se comprometen a no afectar la vida silvestre. Se encuentra prohibido la caza y la pesca en el área de trabajo, en cualquier de sus modalidades y en cualquier lugar: río, laguna, etc.
- Los responsables de las actividades mineras dan a conocer mediante carteles a todo el personal sobre la presencia de especies endémicas (peligro – extensión) ya sea de flora o fauna y de las medidas para evitar dañarlas, acorde con el Estudio Ambiental aprobado que autoriza los trabajos.
- Evitan todo acceso (ingreso) de animales a fuentes de agua para el consumo humano. Estas áreas están debidamente protegidas (cercos).

2.6.2.11. RESPONSABILIDAD EN PASIVOS AMBIENTALES

Cuando se adquiere una concesión minera, debe establecerse claramente la responsabilidad de la Empresa, respecto a la remediación o no de los pasivos ambientales existentes en el área.

Adicionalmente debe solicitarse al Titular la información que sustente que dichos Pasivos han sido informados a la Autoridad Minera, así como, obtener copia de Plan de Cierre de Pasivos que haya entregado a la autoridad.

2.6.2.12. OBLIGACIONES Y COMPROMISOS ASUMIDOS

Los responsables de las diferentes áreas, Jefe de Medio Ambiente y/o Jefe de Proyecto identifican los diseños y compromisos ambientales asumidos en los Estudios Ambientales aprobados, e informan su cumplimiento para entregar a la autoridad según corresponda.

2.6.2.13. ESTUDIOS AMBIENTALES Y SU MODIFICACIÓN

La solicitud anticipada al área ambiental Lima para la ejecución de los estudios ambientales que requieren los proyectos de exploración o Unidades es fundamental. Solo los proyectos son ingresados mediante el Sistema de Evaluación Ambiental de Lima (SEAL), el área ambiental de Lima coordina con Ingeniería para el ingreso respectivo.

El trámite del instrumento ambiental culmina cuando sea aprobado por la autoridad, a partir de este paso se podrá iniciar con los trabajos que se programen. El mismo se deberá seguir cuando se requiera modificar los Estudios Ambientales.

2.6.3 PLAN DE MANEJO AMBIENTAL

Planificar y aprobar la gestión ambiental de un proyecto nuevo/trabajo a desarrollarse en la Unidad Minera/Exploraciones de CMH.

Para todos los proyectos nuevos/trabajos referidos a componentes ambientales contemplados en un instrumento ambiental que se realicen en la Unidad Minera, refiriéndose a aquellos que se ejecutan directamente por CMH o una Empresa Contratista.

2.6.4 DEFINICIONES

Plan de Manejo Ambiental (PMA): Documento que describe el proyecto e identifica impactos, propone controles de ingeniería y gestión de trabajo, incluyendo el cierre del trabajo o proyecto.

Proyecto Nuevo/Trabajo: Construcción, modificación o ampliación de alguna instalación o estructura, también incluye actividades extraordinarias o modificaciones de los procesos existentes identificados por un área.

2.6.5 RESPONSABILIDADES

Gerencia de la Unidad

- Aprobar, hacer seguimiento a los PMA que autorice el área de medio ambiente.
- No autorizar la ejecución de proyectos nuevos, trabajos que no cuenten con un PMA.

Superintendente / Jefe de Proyectos

- Elaborar y gestionar la aprobación de los PMA y sus modificaciones, ante el departamento de medio ambiente de la unidad de manera previa al inicio de cualquier proyecto nuevo programado.
- La gestión del PMA (implementación de compromisos) debe ser directamente entre el responsable del proyecto nuevo en coordinación con el área de medio ambiente.
- Difundir el PMA aprobado a su personal bajo su responsabilidad, incidiendo en los impactos y controles ambientales a implementar. Reportar incidentes o no conformidades según corresponden a inducir a su personal y que realicen dichos reportes.
- Mantener los registros originales del PMA, adendas, cierre o transferencias de su área.
- Reportar mensualmente el estado (Abierto/Cerrado) de los PMA al área de medio ambiente.

Jefe de Medio Ambiente

- Asesorar en la Gestión/Elaboración de los PMA.
- Revisar, evaluar y aprobar PMA en un plazo de tres días.
- Realizar el seguimiento de la implementación del PMA como parte del trabajo diario y de acuerdo cronograma de inspecciones ambientales.
- Verificar el cumplimiento de los requerimientos ambientales legales desde el inicio de la gestión hasta el cierre del proyecto.
- Reportar mensualmente (al décimo día de cada mes) a la superintendencia general de la unidad el avance del PMA.

Jefe de Relaciones Comunitarias

- Coordinar con el jefe de medio ambiente los riesgos sociales en el área de influencia del proyecto nuevo/trabajo.
- Realizar el seguimiento de la implementación del PMA en el área de su competencia.

Auditor de Medio Ambiente – Lima

- Evaluar juntamente con el jefe de Medio Ambiente los requerimientos necesarios para la gestión de permisos requeridos para la planificación de los proyectos nuevos/trabajo.

2.6.6 PROCEDIMIENTO

Planificación y Elaboración de Los PMA

La elaboración del PMA debe ser planificado anticipadamente para obtener el permiso ambiental necesario para la ejecución del proyecto nuevo/trabajo.

Todo proyecto nuevo podrá llevarse a ejecución solo cuando se obtenga la debida autorización ambiental, bajo la responsabilidad de la jefatura del área respetiva.

El asesoramiento del área de Medio Ambiente incluirá visitas a campo conjuntamente con las áreas del proyecto y/o responsables.

Todo trabajo a realizar debe estar contemplado en un instrumento ambiental aprobado y vigente. Por lo que todos los trabajos, proyectos deberán tener cuenta este registro.

Implementación de los PMA

Una vez aprobado el PMA el responsable del proyecto/trabajo debe ejecutar los compromisos declarados en el documento dentro de los plazos establecidos.

Verificación de los Cumplimientos del PMA

La verificación se realizará mediante el programa de inspecciones del área responsable del proyecto nuevo/trabajo y por las que ejecuta el área de medio ambiente.

Cierre de los PMA

Concluidos los proyectos nuevos/trabajos, se procederá al cierre del PMA por parte del área responsable.

Para verificar la aprobación del cierre del PMA el jefe de medio ambiente efectuara una visita a la obra/proyecto/trabajo para verificar la conclusión de los compromisos.

2.6.7 DOCUMENTOS DE REFERENCIA

Ley N°28611, Ley General del Ambiente.

D.S. N°057-2004-SA, Reglamento de la Ley General de Residuos Sólidos.

D.S. N°055-2010-EM, Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería.

CAPITULO III

FLOTACION - MARCO CONCEPTUAL

3.1 TEORÍA DE LA FLOTACIÓN

Existen varios tipos de flotación:

- **FLOTACIÓN POR ESPUMAS.-** Es el proceso que separa minerales que están en suspensión en el agua, atacándola con una burbuja de aire que hace que el grupo de minerales valiosos floten a la superficie:

Dentro de la flotación por espumas tenemos dos tipos de flotación:

1. **FLOTACION BULK.-** Es un término no muy preciso, generalmente es una flotación de una sola etapa con desgaste y agotamiento, donde un mineral simple o un grupo de minerales valiosos son separados de las gangas
2. **FLOTACION SELECTIVA.-** Es el tipo de flotación para separar minerales menos compleja, las cuales separa minerales de flotación similar (cobre, plomo, plata, oro de una sola mena) como en este caso, ya que estamos tratando minerales polimetálicos.

3.1.1 FUNDAMENTO TÉCNICO DE FLOTACIÓN

La flotación es un proceso físico – químico usado para la separación de sólidos finamente divididos, la separación de estos sólidos es efectuada por la adherencia selectiva de la superficie de la partícula a una burbuja de aire o a un líquido cualquiera que sea el caso de adherencia de la partícula a la fase gaseosa, ayudada grandemente por una modificación de la superficie de la partícula hecha por los reactivos químicos activos sobre superficies (Surfactantes).

El medio ambiente es bastante complejo en el cual se efectúa la separación, que está compuesto de fases:

- **La fase líquida.**- (Generalmente agua) la cual es química y físicamente muy activa.
- **La fase gaseosa.**- (Generalmente aire), la cual es relativamente simple.
- **La fase sólida.**- La que puede ser considerada como infinitamente variable.

Las burbujas de aire actúan como balones y proveen de la flotabilidad necesaria para llevar los minerales seleccionados a la superficie de la pulpa, donde una espuma estable retiene al mineral permitiendo que esta sea extraído como concentrado, mientras tanto aquellos materiales que no han sido adheridos a las burbujas de aire permanecen sumergidos y salen del proceso como relave.

En el proceso de flotación se obtiene adhesión entre la superficie de la partículas minerales recubiertas y las burbujas de aire, las cuales se hallan subiendo a través de la pulpa, las burbujas proveen suficiente flotabilidad para originar que las partículas suban y formen una espuma razonable estable que pueda ser

extraída por desespumación, los pasos que conforman la operación unitaria de flotación son:

1. El mineral molido (malla 48,297u) se mezcla con agua
2. La pulpa formada de este modo es diluída con agua una consistencia entre 25 y 45% en sólidos en peso
3. Pequeñas cantidades de surfactantes químicos son adicionados a la pulpa para modificar las superficies de minerales determinados.
4. Se adiciona el colector escogido, este actuará sobre el mineral que se desea recuperar por flotantes, lo hará hidrofóbico.
5. Luego adiciona otro reactivo que ayuda a formar espuma (espumante)
6. La pulpa químicamente tratada en un depósito apropiado tiene aire introducido por agitación.
7. El mineral como parte de la espuma sube hacia la superficie, donde es extraído.

3.1.2. FACTORES QUE AFECTAN AL PROCESO DE FLOTACIÓN

Los factores que afectan al proceso de flotación son: el factor agua, el factor granulométrico, la influencia de lamas, el factor agua y el factor pH.

A. Factor Mineral

Para una flotación es primordial conocer la composición química, mineralógica, impurezas que acompañan a la mena. La composición química nos indicara que reactivos debemos usar, si se sabe de antemano que los sulfuros y minerales

nativos no presentan ninguna dificultad para ser flotados como carbonatos, silicatos, sulfatos y otros óxidos, es decir no sulfurados presentan problemas en la flotación ya que presentan bajas recuperaciones.

B. Factor Granulométrico

Todo mineral para ser flotado tiene que ser reducido en su tamaño hasta el punto que cada partícula represente una sola especie mineralógica (liberación) apropiado para que las burbujas de aire lo puedan llevar hasta la superficie de las celdas de flotación, o sea existe un tamaño máximo donde las partículas pueden flotar, naturalmente que depende de la naturaleza del mineral.

El tamaño máximo conveniente para la flotación se considera alrededor de 45 mallas (93 μ m), las partículas de tamaño superior ofrecen ciertas dificultades ya sea por la liberación misma.

La mayoría de los metales útiles yacen en forma dispersa en una matriz rocosa, esto significa que el mineral que se va a flotar no es molido hasta el punto de su liberación de sus valores mineralógicos, las recuperaciones van a disminuir.

C. Influencia de las Lamas

El problema de las lamas finas causan el daño siguiente. Las partículas de diámetro pequeño flotan mal, ya que es necesario que la partícula tenga una cierta barrera energética para acercarse a la burbuja de aire, ya que las lamas generalmente son ganga.

Cuando un mineral sufre un sobre molido, aumenta desproporcionalmente la superficie de contacto, permitiendo mayor consumo de reactivos, lo cual significa una mayor

solubilidad del mineral y exposición excesiva a los fenómenos secundarios, tales como la oxidación.

Las lamas se pueden controlar con sílice como un dispersante.

D. Factor Agua

En el proceso de flotación cada tonelada de mineral consume entre 2.5 – 3 toneladas de agua, esta enorme cantidad de agua hace un factor importante, por que es el medio donde se desarrolla el proceso.

Debido a que en las plantas existentes hay poca disponibilidad de agua, esta tiene que ser bombeada desde lugares lejanos.

Las aguas naturales (aguas subterráneas) casi siempre llevan contaminantes, fosfatos, carbonatos, etc y algunos cationes y metale spesados que pueden causar problemas en el proceso.

E. Factor pH

La flotación es un fenómeno de superficie y es extremadamente sensible al contenido de iones de agua de flotación; la variación del ph puede deprimir o activar algunos minerales, por eso es necesario controlarlo, esto se realiza con cal, ya que es más económico y al mismo tiempo actúa como depresor de la pirita.

3.2 FLOTACION FLASH

La flotación flash es un proceso que está 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.

3.3 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 está encapsulado, ni se encuentra en su estado libre.

3.4 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 precedido 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 más 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.

3.5 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 importancia 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 $(\text{Au}, \text{Ag})\text{Te}_2$

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 $\text{Cu}_{12}(\text{Sb,As})_4\text{S}_{13}$

Bornita Cu_5FeS_4

Calcocita Cu_2S

Los materiales carbonaceos participan en este grupo.

3.6 APLICACIONES DE LA FLOTACION DE ORO

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

Flotación como Etapa Primaria de Concentración

Cuando el oro está 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 específico para ser tratado separadamente y ser más económico; o reducir la carga circulante del proceso de la fracción más refractaria, o permitir la adopción de un flujo de caja más rentable o simplemente lo más importante incrementar la recuperación total del oro.

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

3.7 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.

3.8 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.

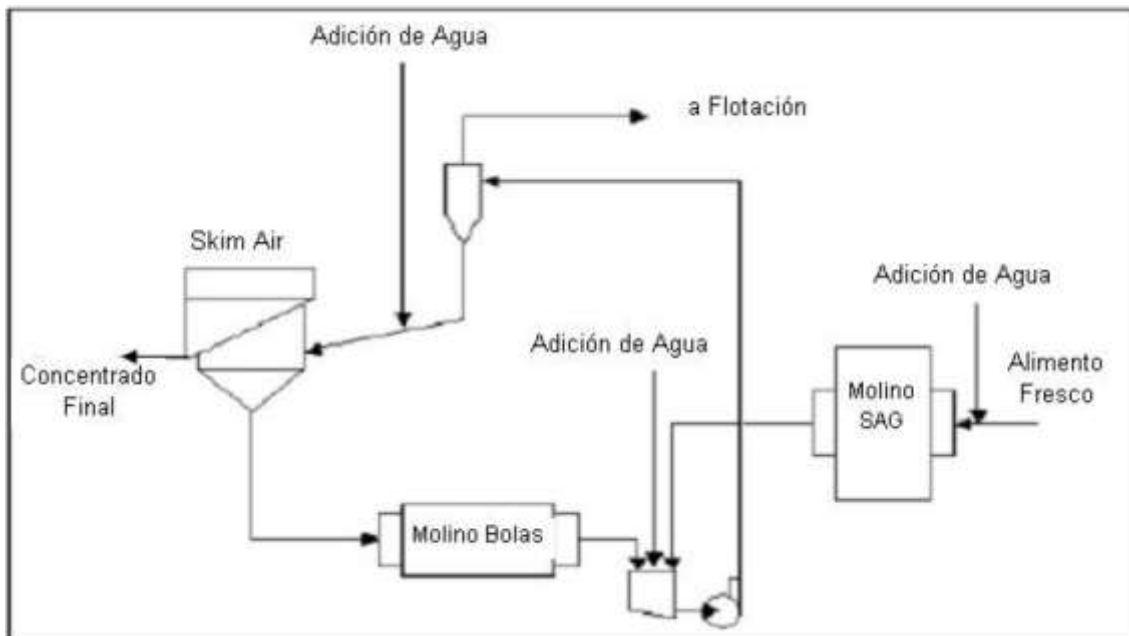
La máquina de la celda de flotación flash de Outokumpu SkimAir tiene un especial propósito, pues se constituye para manejar partículas gruesas y densidades altas de pulpa del under flow del ciclón en un circuito de molienda. Los tiempos cortos de retención con algunos pocos minutos, se utilizan para 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.

Figura N° 3.3

Diagrama típico de la flotación Flash.



Fuente figura N°3.3: www.wikipedia.com

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.

3.9 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.

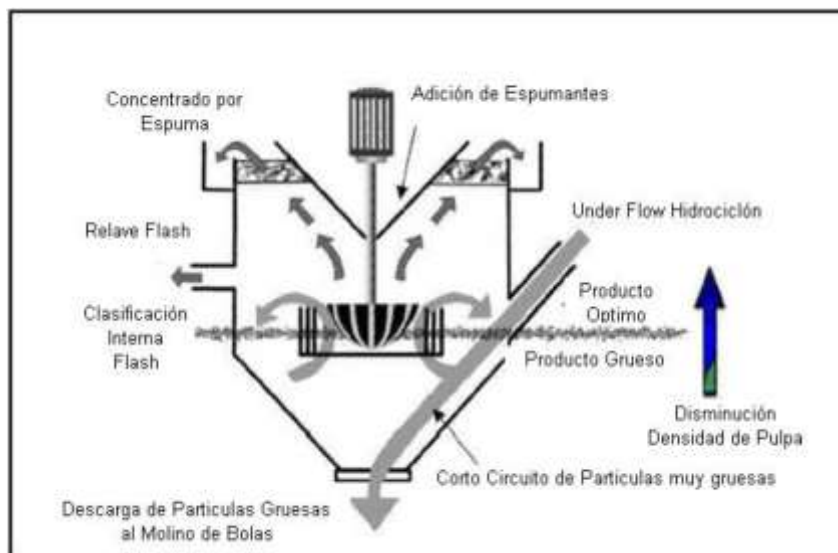
Este material grueso realiza el by-pass directamente a la descarga del fondo. Esto previene que el material interfiera con la flotación, donde pudiera llevar a una densidad de pulpa muy alta en la celda e impedir que las partículas suban a la superficie.

La descarga máxima es de una densidad baja de pulpa entre (40-50 % de sólidos) comparando a la descarga del fondo (60-70% de 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° 3.2.

Flotación Flash Outokumpu



Fuente figura N°3.2: www.wikipedia.com

3.10 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.

3.11 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 más grueso resultara en una mejor filtración y disminución del porcentaje de humedad en el concentrado efectivo.

3.12 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.

3.13. REACTIVOS DE FLOTACIÓN

Los reactivos usados en la flotación de minerales son por lo general modificadores interfaciales de tensión superficial y modificadores de superficie, en general son:

1. Colectores
2. Espumantes
3. Modificadores (activadores, depresores)

A. Colector o Promotor

El colector constituye el corazón del proceso de flotación puesto que es el reactivo que produce la película hidrofóbica sobre la superficie del mineral.

Los colectores son reactivos que cubren y/o reaccionan con la superficie de los minerales, haciéndola repelente al agua y propensa a que se puedan adherir burbujas de aire.

Los colectores de sulfuros minerales contienen azufre y son tioles.

A su vez los colectores se clasifican en colectores aniónicos y colectores catiónicos.

- Aniónico para minerales sulfurados
 - Xantatos

- Tioncarbonatos
- Ditiósfatos
- Tioarbonilo
- Anhidrosulfuros xantico alcainoicos.

- Aniónicos para minerales no sulfurados

Ácidos grasos

- Catiónico para minerales no sulfurados

Aminas alquidicias RNA

Compuesto amoniacaes cuaternarios RRRNC1

B) Espumantes

Son reactivos de activación superficial que ayudan a la estabilización de las espumas o burbujas de aire.

El propósito principal del espumante es la creación de una espuma capaz de mantener las burbujas cargadas de mineral hasta que se remuevan de la máquina d flotación. Sin embargo una vez sacado de la máquina de flotación, la espuma debe romperse rápidamente.

- **Tipos de Espumantes**

Todos los espumantes actualmente en uso, son compuestos orgánicos heteropolares, la mayor parte de espumantes son del grupo (OH) como:

Alcohol amílico	$C_5H_{11}OH$
Cresol	$C_5H_3C_6H_4OH$ en ác. cresílico
Terpinol	$C_{10}H_{17}OH$ em aceite de pino

Tabla N° 4.1

Propiedades de alcoholes usados como espumantes

Alcohol	Congelamiento	Ebullición (°C)	Densidad (gr/ml)	Solubilidad (gr/ml)
n-pentanol	-78.5	137.3	0.814	23.0
Isso amílico	-117.0	132.0	0.813	25.0
Hexanol	-52.0	156.5	0.819	6.0
Heptanol	-34.0	176.0	0.822	1.8
MICB	-90.0	132.0	0.803	17.0
Caprílico	-38.6	179.0	0.822	12.0
4 Heptanol	-41.2	161.0	0.818	4.5

Fuente: José Manzaneda Cabala 2000

C) Modificadores

Son reactivos que se usan para controlar la acción de un colector sobre los minerales con el objeto de intensificar o reducir el efecto repelente al agua de las superficies minerales.

- **Depresores**

Es un reactivo que inhibe la absorción de un mineral por el colector y por lo tanto previene su flotación, los depresores de mayor uso son:

1. **Cianuro de Sodio:** (NaCN) es un depresante fuerte de sulfuros, pirita, pirrotita, arsenopirita y escalerita.
2. **Cal:** Deprime la pirita, galena, zinc, etc. Esta puede ser usada como lechada o como óxido de calcio.
3. **Dicromato:** Deprime la galena.

4. **Permanganatos:** Usados para deprimir pirrotita y arsenopirita.
5. **Silicato de Sodio:** Usado para deprimir sílice y coagular lamas.
6. **Hidróxido de Sodio:** Deprime iones de sales solubles.
7. **Ferrocianuro:** Deprime sulfuros de cobre.

- **Activantes:**

Su acción es contraria a la acción del depresor y los reactivos de este tipo sirven para aumentar la absorción de los colectores.

La cativación se efectúa al reemplazar en la red cristalina los iones no metálicos por otros que forman un compuesto más firme.

1. **Sulfato de Cobre:** Es el mejor activador de esfalerita.
2. **Bisulfuro de Sodio:** Controla las actividades de zinc en el circuito de plomo.
3. **Nitrato de Plomo:** Usado para reactivar sulfuros de cobre, previa depresión con cianuro.
4. **Sulfuro de Sodio:** A bajas concentraciones puede activar menas oxidadas.
5. **Sulfuro de Hidrógeno:** Deprime oro, plata, cobre y fierro en separaciones de molibdenita.

- **Modificadores:**

- 1. pH**

- Cal CaO
 - Ceniza de sodio Na_2CO_3
 - Soda cáustica Na(OH)
 - Acido $\text{H}_2\text{SO}_4.\text{HCL}$

- 2. Modificadores de superficie**

- Cationes Ba, Ca, Cu, Pb, Zc, Ag
 - Aniones SO_2PO_4 , CN, CO_3 , S
 - Coloides orgánicos Dextrina, almidón, goma

CAPITULO IV

PRUEBAS METALURGICAS A NIVEL DE LABORATORIO

4.1. INTRODUCCION

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 aún 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 despegar de la burbuja con turbulencia (favorezca a partículas pequeñas).

4.2. 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 esté 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.

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.

4.3. EQUIPO

Celda de flotación de laboratorio – Standard.

4.4. PROCEDIMIENTO DE PRUEBAS PARA FLOTACIÓN FLASH

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.

4.4.1. 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 esté 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.

4.5. ANALISIS VALORADO DEL CLASIFICADOR D10

Tabla N° 4.1

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

Tabla N° 4.2

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

Tabla N° 4.3

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

4.6. ANALISIS VALORADO DEL CLASIFICADOR D15

Tabla N° 4.4

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

Tabla N° 4.5

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

Tabla N° 4.6

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

4.7. FLOTACIÓN FLASH EN LAS ARENAS DEL CLASIFICADOR D15

4.7.1. CARACTERÍSTICAS INICIALES DE LA MUESTRA:

Densidad : 1932.4 g/l

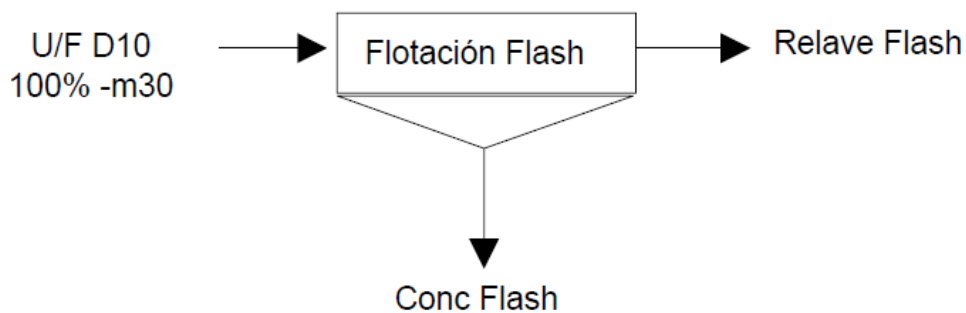
% Solidos : 77.56

% -m30 : 49.82

Gravedad específica : 2.6464

% S en Flotación Flash : 45

4.7.2. ESQUEMA DE LA PRUEBA DE FLOTACIÓN



4.7.3. CONDICIONES DE LA PRUEBA

REACTIVOS

Z-6	: 40 g/T
A-404	: 35 g/T
A-208	: 20 g/T
MIBC (espumante)	: 30 g/T
Tiempo	: 5 minutos.
pH	: 7.7

4.7.4. RESULTADOS DE LAS PRUEBAS

Tabla N° 4.7

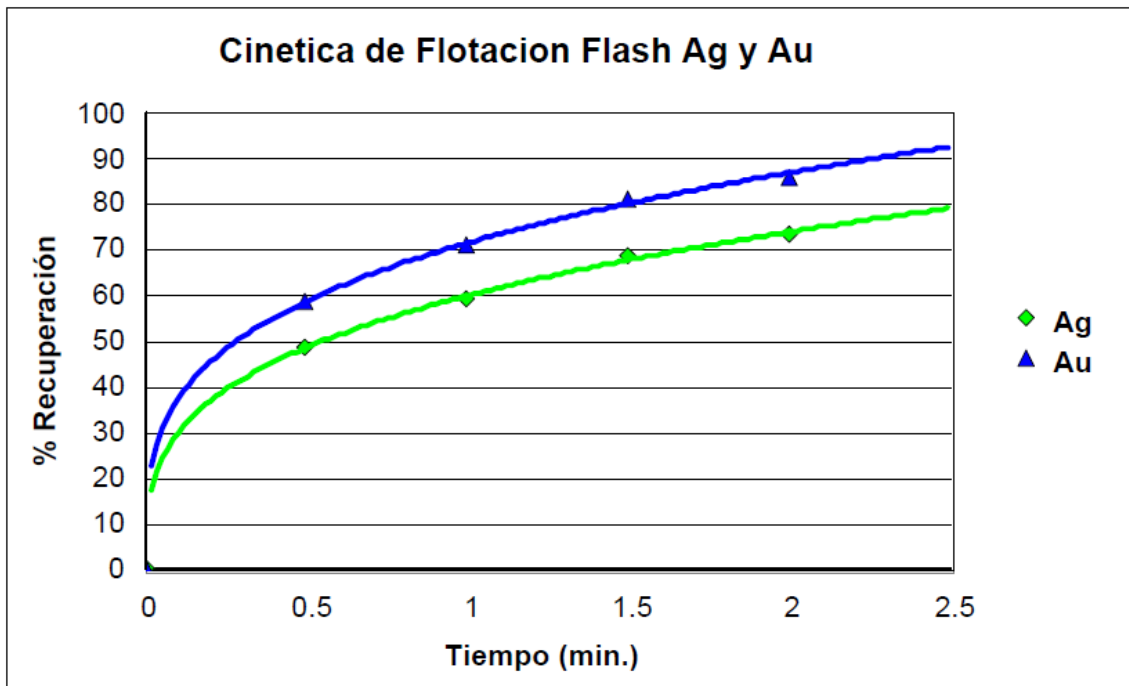
RESULTADOS				
Producto	Peso gr.	Peso %	Distribución	
			%Ag	%Au
Prueba 1	18.3	1.38	48.8	58.97
Prueba 2	7.5	0.55	10.9	12.42
Prueba 3	6.5	0.48	9.0	10.13
Prueba 4	5.4	0.40	5.0	4.86
Relave	1324.1	97.23	26.3	13.62
Cabeza Calc.	1361.8	100.00	100.00	100.00

Tabla N° 4.8

Distribución Acumulada

Tiempo Minutos	Distribución	
	%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° 4.1



4.8. FLOTACIÓN FLASH EN EL REBOSE DEL CLASIFICADOR D15

4.8.1. CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA

Densidad	: 1392 g/l
% Sólidos	: 45.5
Gravedad específica	: 2.6464
% S en Flotación Flash	: 45
% -m30:	97.48

4.8.2. CONDICIONES DE LA PRUEBA

REACTIVOS

Z-6	: 40 g/T
A-404	: 30 g/T
A-208	: 20 g/T
MIBC (espumante)	: 25 g/T
Tiempo	: 2 minutos.
pH	: 7.0

Tabla N° 4.9

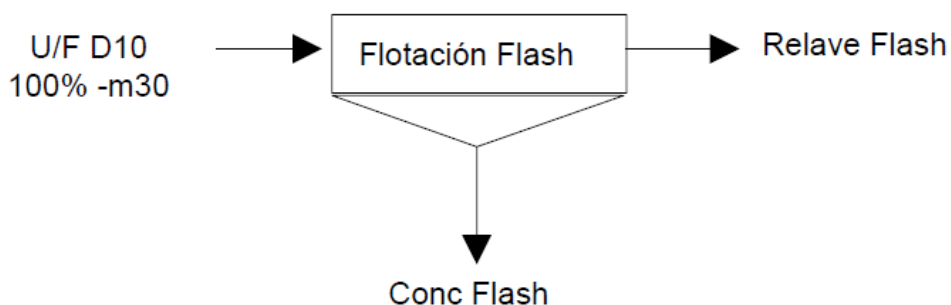
RESULTADOS				
Producto	Peso gr.	Peso %	Distribución	
			%Ag	%Au
Concentrado	111	7.99	78.1	72.0
Relave	1278.3	92.01	21.9	28.0
Cabeza Calc.	1389.3	100.00	100.00	100.00

4.9. FLOTACIÓN FLASH EN EL CLASIFICADOR ARENAS D10

4.9.1. CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA

Densidad : 1824.9 g/l
 % Sólidos : 72.66
 Gravedad específica : 2.6464
 % S en Flotación Flash : 45
 % -m30 : 97.48

4.9.2. ESQUEMA DE LA PRUEBA DE FLOTACIÓN



4.9.3. CONDICIONES DE LA PRUEBA

REACTIVOS

Z-6 : 40 g/T
 A-404 : 35 g/T
 A-208 : 20 g/T
 MIBC (espumante) : 30 g/T
 Tiempo : 5 minutos.
 pH : 7.5

4.9.4. RESULTADO DE LAS PRUEBAS

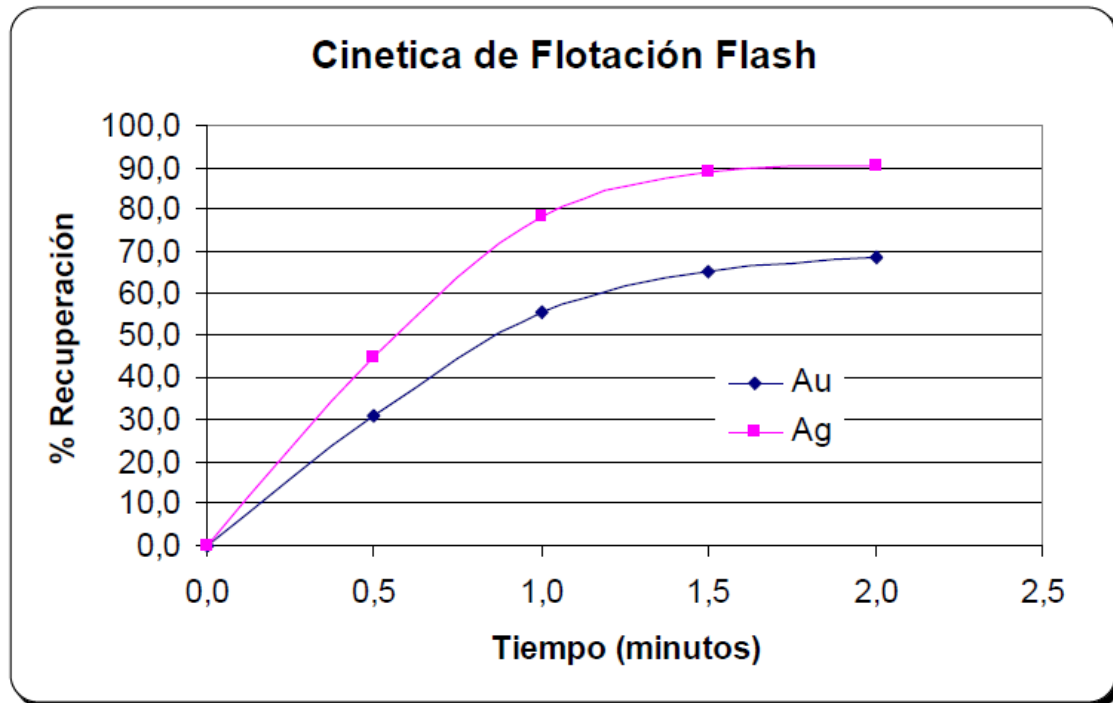
Tabla N° 4.10

RESULTADOS				
Producto	Peso gr.	Peso %	Distribución	
			%Ag	%Au
Prueba 1	5.7	0.42	31.0	44.7
Prueba 2	7.0	0.52	24.3	33.4
Prueba 3	5.3	0.39	9.9	10.6
Prueba 4	4.4	0.32	3.4	1.6
Relave	1331.7	98.35	31.3	9.7
Cabeza Calc.	1354.2	100.00	100.00	100.00

Tabla N° 4.11**Distribución Acumulada**

Tiempo Minutos	Distribución	
	%Ag	%Au
0.0	0	0
0.5	31.0	44.7
1.0	55.4	78.1
1.5	65.3	88.7
2.0	68.7	90.3

Figura N° 4.2



4.10. RECUPERACIÓN Y BALANCE METALÚRGICO PARA LA FLOTACIÓN FLASH

Tabla N° 4.12
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

Tabla N° 4.13
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

Tabla N° 4.14
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

4.11. 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.

4.11.1 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 la tabla 4.15.

Tabla N° 4.15
Diseño de pruebas en mesa Wilfley

Prueba	U/f ciclón -200 m %	Peso de u/f gr
Prueba 1	14.32	5000
Prueba 2	14.32	5000

De acuerdo a las condiciones establecidas se procede a realizar las pruebas como sigue:

CONDICIONES DEL EQUIPO:

Meza de Concentración

Equipo : Denver

Inclinación : m/m, 5° grados

Stroke : ¼"

Pulsación : 300 RPM

Alimentación : 5 Kg/h

%sólidos : 20

4.11.2. RESUMEN DE RESULTADOS

En el siguiente cuadro se presenta el balance Metalúrgico de la concentración gravimétrica y granulometría.

Cuadro N° 4.16

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

4.11.3. INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS DEL CONCENTRADO GRAVIMETRICO

- 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 formar lamas dificultando su recuperación en la siguiente etapa.

En el cuadro 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 de ser remolido para su posterior recuperación en la etapa de flotación.

CONCLUSIONES

- 1) Se observó 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.
- 2) En el 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.
- 3) Tanto en el hidrociclón D-10 y D-15 observamos una carga circulante de oro en 12.69% y 12.23% respectivamente. En el caso de la plata fue de 3.12% y 2.62%, respectivamente; estas recirculaciones son muy altas comparadas con la del mineral 2.12%, lo cual evidencia que este exceso es lo que se estaría sobremoliendo.
- 4) 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.
- 5) Los resultados de concentración gravimétrica a nivel de laboratorio se comparó con 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 descartó el proceso por concentración centrífuga con mineral de las arenas del hidrociclón D-10.

- 6) 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 recircularte.
- 7) 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.
- 8) 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.
- 9) 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 y como se puede notar la ley de Au respecto a la ley plata está aumentando, y si esta tendencia aumenta, favorecería aún más la Flotación Flash.

BIBLIOGRAFIA

- www.metso.com – Concentracion gravimétrica de oro y plata.
- iimetmat.umsa.edu.bo – Recuperacion de oro a partir de pirita aurífera.
- www.monografias.com – Concentracion gravimétrica.
- Flotacion FLASH – TECSUP.
- S. Mackinnon, D. Yan, R. Dunne “The Interaction of flash flotation with closed circuit grinding” AB XIV Intern. Min. Proc. Congress 1988. (traducido).
- Kallionen, J.; Niitti, T.; “The basis of coarse flotation kinetics and practical realisation of classifier sands flotation”, XVth IMPC, Cannes, June 2-9, 1985.(traducido)
- Laplante, A, “The gravity recoverable gold test and flash flotation” 34 Annual Meeting of the Canadian Mineral Processors January 2002, pp 22-24 (traducido).