



RESUMEN

El presente trabajo que se expone, tiene como base el establecimiento de un Sistema de Gestión Integral, para el manejo de los residuos sólidos (relaves) que se genera en la Planta de Beneficio PROHEMACH. Se ha determinado que los mismos son peligrosos, pues provienen de un proceso metalúrgico que permite la recuperación del oro mediante el uso de cianuro. Frente a esta situación, es necesario insertar en los componentes propios de operación de la Planta, herramientas de carácter predictivo-correctivo, considerando que el manejo de los relaves debe ser efectuado desde su planeamiento, diseño, construcción, operación y cierre, frente a los problemas socio ambientales, de salud, y seguridad asociados. La necesidad de un manejo responsable de los recursos, y la correcta disposición de los residuos (relaves) se refleja en la propuesta de implementación del Sistema de Gestión Integral de Residuos Sólidos, considerando para ello la normas ambientales vigentes.

PALABRAS CLAVES:

PLANTA, BENEFICIO, PROHEMAC, RELAVES, CIANURACION, AMBIENTAL, ORO, RESIDUOS, SOLIDOS



ÍNDICE

Dedicatoria	
Agradecimiento	
Resumen	
CAPITULO I	
ASPECTOS GENERALES	8
1.1. Antecedentes	8
1.2 Justificación	9
1.3 Objetivos	9
1.3.1 Objetivo General	9
1.3.2 Objetivos específicos	10
1.4 Base teórica	10
1.5 Marco Legal	21
CAPITULO II	
DATOS GENERALES DE LA PLANTA	29
2.1 Ubicación Geográfica	29
2.1.1 Síntesis Geológica	30
2.1.2 Regiones Bioclimáticas	35
2.1.3 Regiones Ecológicas	35
2.1.4 Edafología	38
2.1.4.1 Unidades de uso	39
2.1.5 Hidrología	41
2.2 Vialidad accesos	41
2.3 Infraestructura, Instalaciones y Servicios	42
2.3.1 Instalaciones de la Planta	42
2.3.2 Otras Infraestructuras	43



2.3.3	Sistema de recolección de efluentes	44
2.3.4	Piscinas de arena y relaveras	44
2.4	Personal	45
CAPITULO III DESCRIPCIÓN DE LAS OPERACIONES		48
3.1	Transporte y Recepción del mineral	48
3.2	Proceso metalúrgico	48
3.2.1	Cianuración	49
3.2.2	Adsorción y desorción del carbón activado	51
3.2.3	Separación sólido/líquido	54
3.2.3.1	Actividades complementarias	55
3.2.4	Fundición-refinación	55
3.2.5	Balance metalúrgico	56
CAPITULO IV POTENCIALES IMPACTOS DE LOS RESIDUOS MINERO METALÚRGICOS, SOBRE EL MEDIO AMBIENTE		60
4.1	Contaminación de la atmósfera	61
4.2	Contaminación de aguas	62
4.2.1	Contaminación de aguas superficiales y subterráneas	63
4.3	Contaminación del suelo	68
4.4	Conflictos Sociales	70
CAPITULO V MANEJO DE RESIDUOS EN LA PLANTA PROHEMACH		73
5.1	Auditoria de diagnostico	73
5.1.1	Análisis de los residuos (relaves generados en la planta)	76



5.1.2	Análisis de los impactos generados	82
5.1.2.1	Factores considerados	83
5.1.2.2	Medidas de prevención y/o mitigación	98
5.1.3	Análisis del cumplimiento de la Legislación aplicable	101
5.2	Manejo Integral de los residuos (relaves) generados	108
5.2.1	Gestión de relaves	109
5.2.1.1	Políticas y compromisos	113
5.2.1.2	Planificación	113
5.2.1.3	Implementación y operación	115
5.2.1.4	Verificaciones y acciones correctivas	117
5.2.1.5	Revisión por la Gerencia para un mejoramiento continuo	118
5.3	Manual de procedimientos	118
5.4	Cronograma de actividades y presupuesto referencial	119
CAPITULO VI		
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		122
6.1	Conclusiones	122
6.2	Recomendaciones	123
BIBLIOGRAFÍA		
ANEXOS		
Anexo 1 Análisis Químicos		
Anexo 2 Métodos constructivos de represas o presas de relaves		



UNIVERSIDAD DE CUENCA



**UNIVERSIDAD DE CUENCA
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS
CENTRO DE ESTUDIOS AMBIENTALES**

**MAESTRÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL PARA INDUSTRIAS DE
PRODUCCIÓN Y SERVICIOS**

**SISTEMA DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS
(RELAVES) PARA LA PLANTA DE BENEFICIO PROHEMACH**

TESIS

Para optar el grado académico de:

**MÁSTER EN GESTIÓN AMBIENTAL PARA INDUSTRIAS DE
PRODUCCIÓN Y SERVICIOS**

DIRECTOR: Ing. Raúl Vanegas, M.Sc.

AUTOR: Ing. Guadalupe Herdoíza Vélez

Cuenca, septiembre 2010



DEDICATORIA

A Dios por darme sabiduría, entendimiento y guiarme en el camino de la fe.

A mi esposo Gerardo y a mis hijos Carlos y Andrés por ser fuente inagotable de estímulo y superación.



AGRADECIMIENTO

A la muy Ilustre Universidad Estatal de Cuenca, en la persona de la Dra. Nancy García Alvear, Directora de la Maestría y a todos los docentes de la misma, que me permitieron hacer realidad este Postgrado.

Mi agradecimiento al Ing. Raúl Vanegas, M.Sc, quien dirigió de manera acertada y brindó su invaluable apoyo en el presente trabajo de tesis de grado.

Finalmente mi agradecimiento a la Empresa CASILSA, titular de la Planta de Beneficio PROHEMACH, en la persona del Sr. Darwin Machuca Herrera.



CAPITULO I

ASPECTOS GENERALES

1.1 ANTECEDENTES

Algunos de los problemas ambientales por los que la actividad minera-metalúrgica se encuentra cuestionada, se debe en gran medida al manejo de los residuos, que por su volumen los de mayor incidencia son los relaves (corresponden a la suspensión fina de sólidos en líquido, constituido fundamentalmente por el mismo material (minerales) in situ en el yacimiento, al cual se le ha extraído la fracción con mineral valioso), debido a su deficiente disposición y/o roturas que han ocasionado infiltraciones de lixiviados, provocando la contaminación del agua superficial y subterránea.

El presente estudio se ubica en el Distrito Minero de Ponce Enríquez, provincia del Azuay, en donde existe una descarga incontrolada de relaves, para lo cual se han construido presas en un intento de mantenerlos fuera de ríos y quebradas, siendo estas prácticas empíricas y típicas de la zona.

La Planta de Beneficio PROHEMACH, lugar donde se ha realizado la presente investigación, tiene implementado el proceso metalúrgico de Cianuración en Pulpa (CIP), luego de lo cual se descarta las colas o relaves hacia las piscinas de sedimentación. En dichos residuos se encuentran concentraciones importantes de cianuro y metales disueltos, con el consiguiente riesgo para el medio ambiente y salud humana (vecindad).

La detoxificación, neutralización o estabilización de los relaves, hasta la fecha en el Distrito de Ponce Enríquez, no se han planificado adecuadamente. Por lo tanto, la implementación de un Sistema de Manejo Integral de los Relaves, en la Planta de Beneficio PROHEMACH,



permitirá un mejor control y monitoreo de los mismos, contribuyendo eficazmente al cuidado medio ambiental. Dicho sistema podrá ser puesto en práctica en plantas con características similares a las de la Planta en referencia.

En la Planta de Beneficio se generan también otros residuos inertes que no se gestionan adecuadamente, a pesar de que se producen en cantidades menores, pero que igualmente constituyen un problema ambiental.

1.2 JUSTIFICACIÓN

Se debe destacar que la actividad minera en el Ecuador, presenta diversos problemas en cuanto al manejo de los residuos (relaves), debido a tres factores principalmente:

- 1) La implementación de gestiones adecuadas implica una inversión económica difícilmente costeable (por ejemplo, la adquisición de terrenos para el procesamiento y disposición de los relaves y la construcción de obras de ingeniería sanitaria).
- 2) Existe una deficiencia de profesionales especializados en el tema. Esto contribuye al manejo irresponsable de los relaves y recursos, sin planes de gestión.
- 3) Conducta o cultura de la minería artesanal que prevalece de manera muy arraigada en la zona.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

Proponer un Sistema Integral de Gestión, para el manejo de los residuos sólidos (relaves) que se generan en la Planta de Beneficio PROHEMACH,



a fin de que la planta optimice su gestión ambiental, seguridad y salud laboral en un 90% o más en 12 meses.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Caracterización físico-química y mineralógica de los relaves.
2. Evaluación del riesgo ambiental de los relaves, considerando la Legislación Ambiental, Ley de minería y demás normas vigentes.
3. Almacenar en forma segura los residuos (relaves), buscando no causar daños a la salud y al ambiente.
4. Permitir un mejor conocimiento con respecto al manejo seguro y ambientalmente adecuado de las instalaciones de almacenamiento de relaves, durante sus etapas de planeamiento, diseño, construcción, operación y cierre.

1.4 BASE TEÓRICA

La industria comprende múltiples actividades propias de cada rama particular y debe entenderse como un sistema complejo de procesos, que al operar utiliza innumerables materias primas y genera, en consecuencia, una gran variedad de residuos.

Cualquier proceso de transformación, separación o purificación, puede ser dividido en lo que la ingeniería denomina *operaciones unitarias*; las cuales se insertan en diferentes procesos industriales manteniendo sus principios básicos, aunque varíe en cada proceso, su dinámica y la corriente de materiales. La caracterización de las operaciones unitarias permite entender la lógica de generación de residuos de manera integrada a los procesos industriales (Márquez, 1990).

Históricamente, el manejo de los residuos se ha enfocado de una manera simplista limitándose a encontrar solamente un lugar para su disposición final. Sin embargo, el crecimiento de la población, el desarrollo de



conciencia ambiental y el agotamiento de nuestros recurso naturales, está provocando un cambio en este enfoque.

La experiencia a nivel mundial permite visualizar que la producción de residuos es un fenómeno inherente al desarrollo, producto del aumento de los niveles de vida con el consiguiente aumento del consumo de una mayor variedad de bienes. Por otra parte, queda claro que el crecimiento incontrolado y la inadecuada disposición sin tratamiento de los residuos, son una característica propia e indeseable de la actividad minera, provocando la contaminación de aguas superficiales o subterráneas. Por esta razón la implementación de un sistema integrado de gestión de residuos (relaves), permitirá estrategias de ahorros de recursos y energía, minimizando la generación de residuos y emisiones.

La Gestión Integral de los Residuos, debe considerar el ciclo de vida del producto (incluye el residuo). Para esto se ha establecido una estrategia jerarquizada, considerando la normativa vigente:

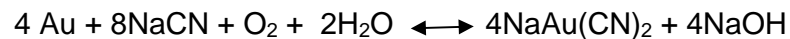
- 1 Evitar
- 2 Minimizar
Reducir, tanto en cantidad como en peligrosidad (principalmente en el origen)
Reutilizar
Reciclar
- 3 Tratar
Incinerar con o sin recuperación de energía
Producción de compst;
Otros tratamientos físico-químicos y biológicos
- 4 Disponer
Relleno sanitario
Relleno de seguridad para residuos peligrosos



FUNDAMENTO TEÓRICO-CIANURACIÓN

Las operaciones para la recuperación del oro mediante el uso de cianuros alcalinos se viene aplicando desde hace cien años con éxito. Aunque en el pasado se decía que las operaciones de cianuración estática no tenían altas recuperaciones, los hechos demuestran que cuando el oro es liberado, éstas alcanzan recuperaciones de más de 90% (Marsen y House, 1992).

La siguiente reacción es aceptada como la que representa la disolución del oro (Ecuación de Elsner):



Los minerales de ganga (minerales de bajo contenido metálico, que no es económica su recuperación, o presencia de minerales no metálicos como cuarzo o baritina), presentes en el mineral son prácticamente insolubles en cianuro.

En general, desde el punto de vista operativo, se podrían clasificar las operaciones de cianuración en dinámicas y estáticas, dependiendo si el material sólido es sometido a movimiento o no.

En la práctica la mayoría de las plantas de cianuración que tratan minerales de oro, usan soluciones conteniendo menos de 0.05% de NaCN (cianuro de sodio). El promedio general esta probablemente cerca de 0.02 a 0.03%, dependiendo del resultado de las pruebas metalúrgicas (Díaz y De La Torre, 2000).

Concentración del oxígeno.- El uso del oxígeno es indispensable para la disolución del oro, bajo condiciones normales de cianuración. Los agentes oxidantes, tales como el peróxido de Sodio, dióxido de Manganeso, Cloro, entre otros, han sido utilizados con mayor o menor éxito en el pasado, debido al costo de estos reactivos y las complicaciones inherentes al



manejo de ellos. De otro lado, múltiples pruebas han demostrado que una adecuada aireación brinda tan buenos resultados como lo hacen los oxidantes químicos citados. Barsky, Swainson y Easley, determinaron la velocidad de disolución del oro en soluciones de 0,10% de NaCN, a 25° C usando Oxígeno, Nitrógeno y mezcla de ambos.

En la tabla No. 1 se presenta el efecto del oxígeno sobre la velocidad de disolución del oro.

Tabla 1. Velocidad de disolución del Au

Oxígeno %	Disolución del oro mg/cm ² /hora
0.0	0.04
9.0	1.03
20.9	2.36
60.1	7.62
99.5	12.62

Fuente. Smith y Mudder, 1991

Temperatura.- El suministro de calor a la solución de cianuro en contacto con oro metálico, produce fenómenos opuestos que afectan la velocidad de disolución. El incremento de la temperatura aumenta la actividad de la solución, incrementándose por consiguiente la velocidad de disolución del oro. Al mismo tiempo, la cantidad de oxígeno en la solución disminuye porque la solubilidad de los gases decrece con el aumento de la temperatura (Habashi, 1980).

En la práctica el uso de soluciones calientes para la extracción del oro, resulta no ventajosa por el elevado costo, por lo que usualmente, se lixivia a temperatura ambiente.



La Alcalinidad de la Solución-pH: El uso de cal (en solución) para mantener un pH de 10,5 a 11 (alcalinidad protectora) cumple las funciones de:

- ✚ Evitar pérdidas de cianuro por hidrólisis: $(\text{NaCN} + \text{H}_2\text{O} = \text{HCN} + \text{NaOH})$, haciendo que la reacción sea favorecida hacia la izquierda.
- ✚ Prevenir o evitar las pérdidas de cianuro por acción de dióxido de carbono del aire: $2\text{NaCN} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} = 2 \text{HCN} + \text{Na}_2\text{CO}_3$.
- ✚ Neutralizar los componentes ácidos resultantes de la descomposición de los diferentes minerales de la mina en la solución de cianuro.
- ✚ Neutralizar los componentes ácidos tales como sales ferrosas, férricas y el sulfato de magnesio contenidos en el agua antes de ser adicionada al circuito de cianuración.
- ✚ Facilitar el asentamiento de las partículas finas de modo que pueda separarse la solución rica clara de la mena cianurada.

Recuperación del oro desde soluciones cianuradas

De la solución rica, el Au y Ag pueden ser recuperados (Habashi, 1980), usando uno o más de los siguientes procesos:

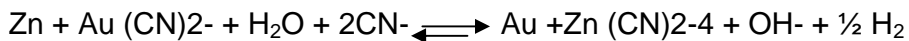
- 1) Cementación con polvo de zinc (Proceso Merrill-Crowe)
- 2) Adsorción con carbón activado
- 3) Intercambio iónico
- 4) Electrodeposición



Proceso Merrill-Crowe:

La concentración de metales es una alternativa muy eficiente y de aplicación efectiva en la metalurgia del oro. Esta se basa en la sustitución del zinc por el oro disuelto en las soluciones de cianuro (Habashi, 1980), formando un precipitado o cemento que luego será tratado por métodos pirometalúrgicos a fin de obtener el doré.

La reacción química total para la concentración de oro por zinc es:



La adición de sales solubles de plomo, el uso de zinc en polvo y la desoxigenación de la solución rica en oro (pregnant) fueron incorporados en una técnica industrial para la recuperación del oro de las soluciones cianuradas, el proceso Merrill – Crowe, desarrollado en Estados Unidos (1887).

En casi todos los casos la extracción de los metales disueltos suele hacerse mediante la precipitación por reducción iónica, esto es por reemplazo del oro por otro metal como el zinc. Así desde hace mucho tiempo se le extrae por el uso de polvo de zinc (método Merrill Crowe) que requiere de la condición básica de desoxigenación mediante el uso de una torre de vacío.

Otro método para la extracción de los metales disueltos es el uso de carbón activado por adsorción. Esto es posible por el contacto de la solución con el carbón.

Adsorción en carbón activado

El carbón activado debido a su gran área superficial (500-1500 m²/g) y por su gran porosidad, tiene una alta capacidad adsorbente, lo que hace



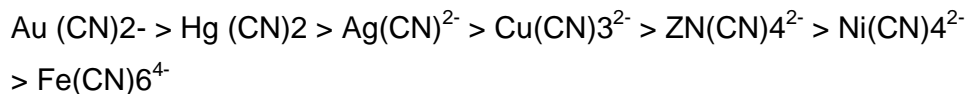
posible su aplicación en la Industria Metalúrgica (Habashi, 1993). Estos carbones son de estructura granular, siendo más aptos los fabricados a partir de cáscara de coco, debido a su dureza, que lo hace más resistente a la ruptura por abrasión y tienen una mayor capacidad de adsorción que otros carbones activados.

Por su gran superficie específica y sus características químicas, el carbón activado es capaz de adsorber al oro presente en solución, según mecanismos diversos, pero en los cuales predominaría la adsorción en asociación con un catión metálico tal como el Ca^{+2} :



El fenómeno de la adsorción se define como la adhesión de sustancias disueltas en la superficie de sólidos, con los cuales se hallan en contacto. La adsorción puede deberse a causas físicas (fuerzas coulómbicas, hidrofobicidad, etc.). También puede ocurrir adsorción química, la que se manifiesta a través de una interacción química con las moléculas de la superficie del sólido.

El carbón activado es altamente selectivo para la adsorción de Au y Ag y no así otros metales (Adams, 1992), con la notable excepción del mercurio. El orden de selectividad para varios complejos de metales se indica a continuación:



La tecnología del uso del carbón activado comprende tres técnicas de aplicación y son el carbón en pulpa (CIP), el carbón en columna (CIC) y el carbón en lixiviación (CIL).



La técnica de adsorción esta en dependencia del tipo de cianuración, como se muestra en la figura 1:

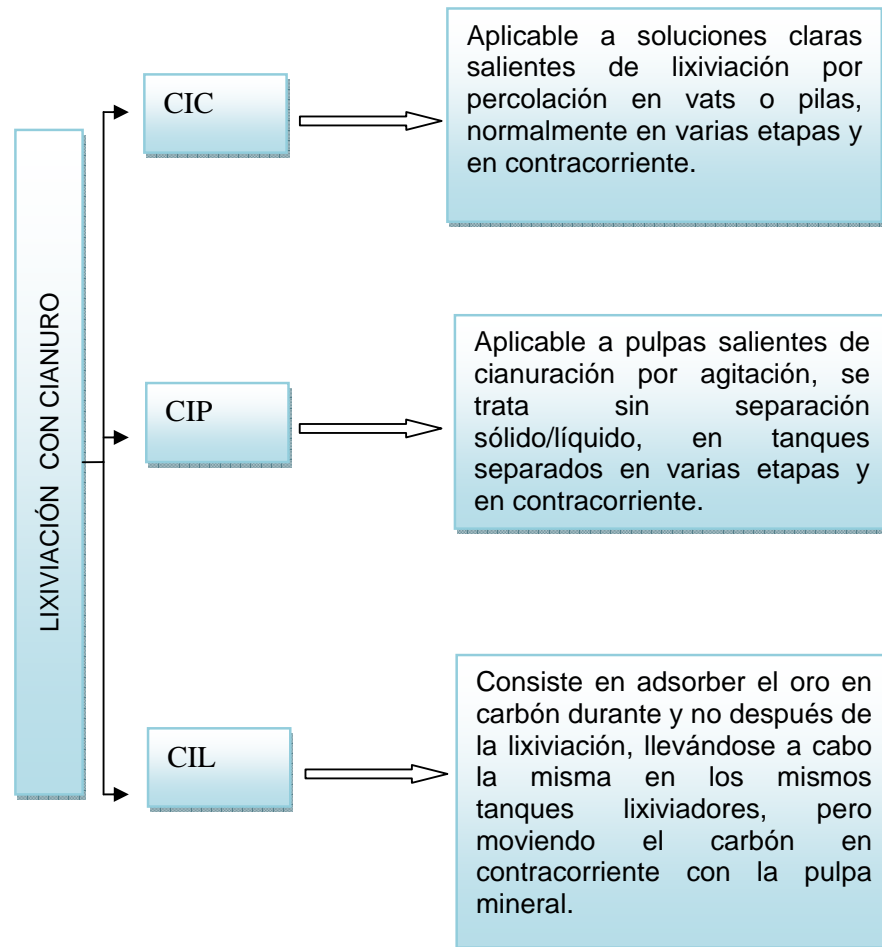


Figura: 1. Técnicas de lixiviación con adsorción en carbón activado.
Fuente: Autora de la tesis

En la lixiviación con cianuro (figura 1), confluyen aspectos técnicos, operacionales y económicos, para la definición del proceso y su optimización.



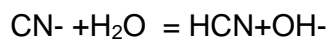
Consideraciones en el uso del Carbón Activado:

De acuerdo a De La Torre (2000), en el empleo de carbón activado se deberá tener las siguientes consideraciones:

- ✚ Se recomienda un pH de 10,0. Por debajo de estos niveles, el cianuro se hidroliza, ocasionando pérdidas y problemas de contaminación ambiental. Por otro lado, si el pH es muy elevado, la carga de oro en el carbón se ve gravemente afectada.
- ✚ Las partículas finas de carbón aportan una cinética más rápida, pero probablemente ellas causan una alta caída de presión en las columnas.
- ✚ La capacidad de carga de oro en el carbón activado decrece a medida que la temperatura aumenta, por lo que se trabaja a temperaturas ambientales.
- ✚ En las columnas, la altura de la capa de carbón con reposo debe ser tres veces el diámetro de la columna.

El cianuro libre y compuestos de cianuro

El término cianuro libre se refiere a ambos: al ión cianuro (CN-) y al ácido cianhídrico HCN. La coexistencia (proporción en la que se presentan cada una de estas especies) es dependiente del pH de la solución, y se expresa por la siguiente ecuación de hidrólisis:



La figura 2 presenta una relación grafica de la coexistencia de estas dos especies en función del pH. Las concentraciones de HCN y CN son iguales a un valor de pH de aproximadamente 9,4. Cuando el pH es



superior a 10,5, hay pocos iones hidrógeno presentes y casi todo el cianuro libre está presente como CN.

Dependiendo de la composición de la mena (material geológico mineralizado susceptible de ser extraído económicamente), los efluentes y soluciones que se descargan de los procesos de cianuración tienen una amplia variedad de compuestos de cianuro. La formación de estos compuestos se debe al comportamiento químico complejo del cianuro, que comprende:

- ✚ Comportamiento pseudo halógeno del anión cianuro (CN⁻), es decir que algunas propiedades del cianuro de sodio (NaCN) son similares a las del cloruro de sodio o de otro halógeno (Flúor, Bromo, Yodo);
- ✚ “Back bonding” o contribución de un electrón par del ión cianuro al metal o viceversa, que explica la formación de complejos estables de cianuro con metales de la serie de transición (Fe, Co, Ni, Cu, Zn) , y
- ✚ Unión triple que puede ser fácilmente rota y que explica la formación de cianatos y thiocianatos.

Se conoce de la literatura disponible, que veintiocho elementos pueden formar compuestos con cianuro, con la posibilidad de dar existencia a compuestos metal-cianuro. Los complejos y quelatos de cianuros con metales de transición y los compuestos metal-cianuro que se forman, son menos tóxicos que el cianuro libre. Algunos de esos compuestos no son muy estables y se descomponen produciendo cianuro libre, a estos compuestos se los conoce como “*weak acid dissociable (WAD) metal cyanide complex*”, término analítico utilizado para designar a los compuestos de cianuro que se disocian con un ácido débil.



Estas formas de cianuro libre son importantes, porque son formas que se eliminan más fácilmente de los efluentes y soluciones mediante procesos de tratamiento y mecanismos naturales de atenuación.

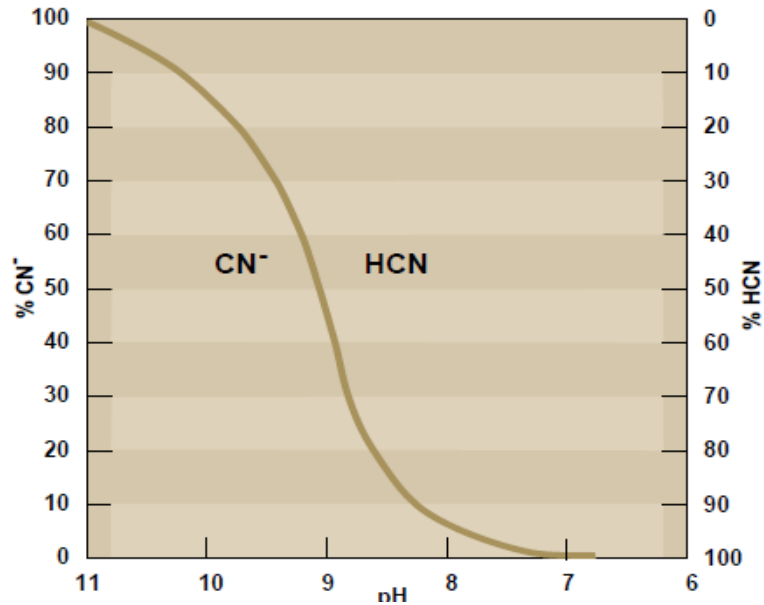


Figura 2 Equilibrio de CN-/HCN con el pH

Fuente: *Smith y Mudder, 1991*

La estabilidad de los compuestos de cianuro define la aplicabilidad y la cinética de los procesos para eliminar o degradar el cianuro. Para este fin se ha clasificado en cinco categorías los compuestos de cianuro, como se muestra en la tabla 2.



Tabla 2 Clasificación de cianuro y compuestos de cianuro en soluciones cianuradas con referencia a su estabilidad.

CATEGORÍA	ESPECIES (EJEMPLO)
1. Cianuro Libre	CN ⁻ , HCN
2. Compuestos Simples	CN ⁻ , HCN
a) Fácilmente solubles	NaCN, KCN, Hg(CN) ₂ , Zn(CN) ₂ , Cd(CN) ₂
b) Relativamente insolubles	CuCN, Ni(CN) ₂ , Ag(CN)
3. Compuestos Débiles	Zn(CN) ₄ ²⁻ ; Cd(CN) ₃ ⁻ , Cd(CN) ₄ ²⁻
4. Compuestos moderadamente fuertes	Cu(CN) ₂ ⁻ , Cu(CN) ₃ ²⁻ , Ni(CN) ₄ ²⁻ , Ag(CN) ₂ ⁻
5. Compuestos fuertes	Fe(CN) ₆ ⁴⁻ ; Co(CN) ₆ ⁴⁻ , Au(CN) ₂ ⁻ , Fe(CN) ₆ ³⁻

Fuente: Guía Ambiental para el Manejo de aguas en Actividades Minero Metalúrgicas, 2001

El grado al cual se disocian estos compuestos de cianuro depende en gran medida del pH de la solución. Los compuestos fuertes de cianuro se degradan mucho más lentamente que el cianuro WAD en condiciones químicas y físicas normales.

Los complejos de cianuro con oro, cobalto y hierro son fuertes y estables en solución. Esta estabilidad del complejo oro-cianuro es un factor clave en el uso del cianuro para la extracción del oro del mineral. Una vez que el oro entra a la solución ligado al cianuro, permanece complejado con el cianuro hasta que las condiciones del proceso se cambian con el fin de removerlo de la solución. El cobalto está presente únicamente en trazas, pero el hierro está virtualmente presente en todos los materiales geológicos. Para la mayoría de las situaciones mineras, los complejos fuertes de cianuro son predominantemente cianuros de hierro.



La velocidad a la cual los complejos se disocian y liberan cianuro libre en la solución depende de varios factores, entre ellos, la concentración inicial del compuesto de cianuro, la temperatura, el pH de la solución y la intensidad de la luz, especialmente de la radiación ultravioleta. (Logsdon Mark, Kagelstein K. y Mudder T., 1994).

1.5 MARCO LEGAL

La normatividad y el marco jurídico constituyen instrumentos de regulación estratégicos para adecuar conductas productivas, minimizar o evitar riesgos y/o impactos ambientales, inducir el manejo adecuado de los residuos (relaves). Por lo tanto es preciso revisar las normas existentes y aplicables para este estudio.

Constitución Política de la República del Ecuador

La actual Constitución Política del Estado aprobada en el año 2008, como Ley Suprema de la República, contempla disposiciones sobre el tema ambiental, y el Estado garantiza a los ciudadanos:

Art. 14.- Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kawsay*.”

Se declara de interés público la preservación del medio ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados.

Art. 15.- El estado promoverá, en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energía alternativas no contaminantes y de bajo impacto. La soberanía energética no se



alcanzará en detrimento de la soberanía alimentaria, ni afectará el derecho del agua.

Art. 396 .-Así también que: La ley tipificará las infracciones y regulará los procedimientos para establecer las responsabilidades administrativas, civiles y penales, que correspondan a las personas naturales o jurídicas, nacionales o extranjeras, por acciones u omisiones en contra de las normas de protección al medio ambiente”.

Art. 398.- “Toda decisión estatal que pueda afectar al medio ambiente deberá contar previamente con los criterios de la comunidad para lo cual ésta será debidamente informada. La ley garantizará su participación”.

“El Estado tomará medidas orientadas a la consecución de los siguientes objetivos”:

Promover en el sector público y privado el uso de tecnologías ambientales limpias y de energías alternativas no contaminantes.

Establecer estímulos tributarios para quienes realicen acciones ambientalmente sanas.

Regular, bajo estrictas normas de bio-seguridad, la propagación en el medio, la experimentación, el uso, la comercialización y la importancia de organismos genéticamente modificados.

Por otra parte: “El Estado, sus delegatorias y concesionarios, serán responsables por los daños ambientales, en los términos señalados en la Constitución de la República”.

Art. 407.- Se prohíbe la actividad extractiva de recursos no renovables en las áreas protegidas y en zonas declaradas como intangibles, incluida la explotación forestal. Excepcionalmente dichos recursos se podrán



explotar a petición fundamentada de la Presidencia de la República y previa declaratoria de interés nacional por parte de la Asamblea Nacional, que, de estimarlo conveniente, podrá convocar a consulta popular.

Tratados y convenios internacionales

Tratados y convenios internacionales que han sido reconocidos por el Estado ecuatoriano, que contienen enunciados respecto al medio ambiente, entre los más importantes, se anotan:

- ✚ Convención sobre la Protección del Patrimonio Mundial, Cultural y Natural de la UNESCO, París 16 de noviembre de 1972.

- ✚ Convenio de las Naciones Unidas sobre Diversidad Biológica, Río de Janeiro 1992.

- ✚ Convención sobre el Comercio Internacional de las Especies Amenazadas de Flora y Fauna Silvestre (CITES), 1975.

- ✚ Convención relativa a las Zonas Húmedas de Importancia Internacional, especialmente como hábitat de las aves acuáticas, 1990.

- ✚ Convenio de Basilea sobre el control de los movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos y su eliminación, adoptado por la Conferencia de Plenipotenciarios el 22 de marzo de 1989 en Basilea, Suiza.

Normativa General

Ley de Gestión Ambiental No. 37, publicada en el Registro Oficial 245 del 30 de julio de 1999, que establece los principios y directrices de política ambiental; determina las obligaciones, responsabilidades, niveles de

AUTOR:

Ing. Guadalupe Herdoíza



participación de los sectores públicos y privados en la gestión ambiental; y, señala los límites permisibles, controles y sanciones en esta materia.

La Ley determina que la autoridad nacional será ejercida por el Ministerio del Ambiente, que deberá actuar como instancia rectora, coordinadora y reguladora del Sistema Nacional Descentralizado de Gestión Ambiental.

La actual Ley de Minería No. 517, publicada en el Registro Oficial el 29 de enero de 2009, que en su contenido establece:

“La presente Ley de Minería norma las relaciones del Estado con las personas naturales y jurídicas, nacionales o extranjeras y de éstas entre sí, respecto de la obtención de derechos y de la ejecución de actividades mineras. Se exceptúa de las disposiciones de esta Ley el petróleo y demás hidrocarburos, los minerales radioactivos y las aguas mineromedicinales”.

“Los titulares de concesiones mineras y de plantas de beneficio, fundición y refinación, previamente a la iniciación de las actividades mineras en todas sus fases, de conformidad a lo determinado en el inciso siguiente, deberán presentar estudios de impacto ambiental en la fase de exploración inicial, estudios de impacto ambiental definitivos y planes de manejo ambiental en la fase de exploración avanzada y subsiguientes, para prevenir, mitigar, controlar y reparar, los impactos ambientales y sociales derivados de sus actividades, estudios que deberán ser aprobados por el Ministerio del Ambiente, con el otorgamiento de la respectiva licencia ambiental”.

El Art. 83 de este mismo cuerpo legal, sobre manejo de desechos, manifiesta: “El manejo de desechos y residuos sólidos, líquidos y emisiones gaseosas que la actividad minera produzca dentro de los límites del territorio nacional, deberá cumplir con lo establecido en la



Constitución de la república del Ecuador y la normativa ambiental vigente”.

- ✚ Ley Forestal y de Conservación de Áreas Naturales y Vida Silvestre y su Reglamento.
- ✚ Ley para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental (R.O. No.374, del 31 de mayo de 1976).
- ✚ Ley de Régimen Municipal (R. O. No.331, del 15 de octubre de 1995).
- ✚ Ley Orgánica de las Juntas Parroquiales.
- ✚ Ley de Consultoría (R. O. No.136, del 24 de febrero de 1989).
- ✚ Ley de aguas (Decreto Supremo No.- 369. R. O. No.69 del 30 de mayo de 1972).
- ✚ Ley de Descentralización del Estado y Participación Social (Art. 9 literal i).
- ✚ Código de la Salud (D. S. 188. R. O. No.158, del 8 de febrero de 1971).

Rige de manera específica y prevalece sobre las demás leyes en materia de salud individual y colectiva, y en todo lo que tenga relación a las acciones sobre saneamiento ambiental.

El Código de Salud en su libro II, de las acciones en el Campo de Protección de la Salud; Título I del Saneamiento Ambiental; Capítulo I, Disposiciones Generales; Artículos 8, 9 y 12 que hacen relación al saneamiento ambiental y las atribuciones del Ministerio de Salud.



El Art. 12 del Código de Salud, establece que: “Los reglamentos y disposiciones sobre molestias públicas, tales como, ruidos, olores desagradables, humos, gases tóxicos, polvo atmosférico, emanaciones y otros, serán establecidas por la autoridad de Salud”.

Finalmente es importante destacar que el Art. 204 del mismo Código de la Salud, inciso primero establece:

Art. 204.- “La autoridad de salud puede delegar a las municipalidades la ejecución de las actividades que se prescriben en esta Código”.

Decretos y Acuerdos

Acuerdo Ministerial No.112, instructivo al Reglamento de Aplicación de los mecanismos de participación Social, establecidos en la Ley de Gestión Ambiental, de fecha 17 de julio de 2008.

Acuerdo Ministerial No.056, instructivo para la aplicación de Disposición Transitoria Primera de la Ley de Minería.

 Administrativos que ofrece la Comisión de Gestión Ambiental.

Normas Reglamentarias

Texto Unificado de la legislación secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA) (R. O. Edición Especial del 31 de marzo de 2003).

El texto Unificado, está compuesto por 9 libros con sus respectivos Títulos y Capítulos:

Libro I. De la Autoridad Ambiental.

Libro II. De la Gestión Ambiental.



- Libro III. Del Régimen Forestal.
- Libro IV. De la Biodiversidad.
- Libro V. De los Recursos Costeros.
- Libro VI. De la Calidad Ambiental.
- Libro VII. Del Régimen Especial Galápagos.
- Libro VIII. Del Instituto para el Ecodesarrollo Regional Masónico, Ecorae.
- Libro IX. Del Sistema de Derechos o Tasas por los Servicios que presta el Ministerio del Medio Ambiente y por el uso y aprovechamiento de Bienes Nacionales que se encuentran bajo su cargo y protección.

- ✚ Reglamento General Sustitutivo del Reglamento General de la Ley de Minería publicado en el R. O. No. 307, del 17 de abril de 2001.
- ✚ Reglamento Ambiental para las Actividades Mineras en la República del Ecuador (R. O. No.151, del 12 de septiembre de 1997).
- ✚ Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental, Recurso Suelo (R. O. No.201, de junio de 1989).
- ✚ Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación, por Emisión de Ruidos (R. O. No.560, de noviembre de 1990).
- ✚ Reglamento para el manejo de Desechos Sólidos (agosto de 1992).
- ✚ Reglamento del Sistema Único de Manejo Ambiental (SUMA) Libro VI. (R. O. Edición Especial del 31 de marzo de 2003).
- ✚ Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental. Título IV del Libro VI del TULSMA. (R. O. Edición Especial No.-1 del 31 de marzo de 2003).



Normas Conexas

- ✚ Código Civil.

- ✚ Código Penal.

- ✚ Código del Trabajo.

- ✚ Normas Técnicas Ecuatorianas.

- ✚ Norma Técnica Ecuatoriana NTN INEN 2288:2000, referente a la Transportación de Productos Químicos Peligrosos, Etiquetado y Almacenamiento.

- ✚ Norma Técnica Ecuatoriana NTN INEN 2266:2000, referente a la transportación de Productos Químicos Peligrosos.



CAPÍTULO II

DATOS GENERALES DE LA PLANTA

2.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA

La Planta de Beneficio PROHEMACH, se encuentra ubicada en el flanco occidental de la cordillera occidental de los Andes, en la parroquia y cantón Camilo Ponce Enríquez, jurisdicción de la provincia del Azuay, como podemos ver en la figura 3.

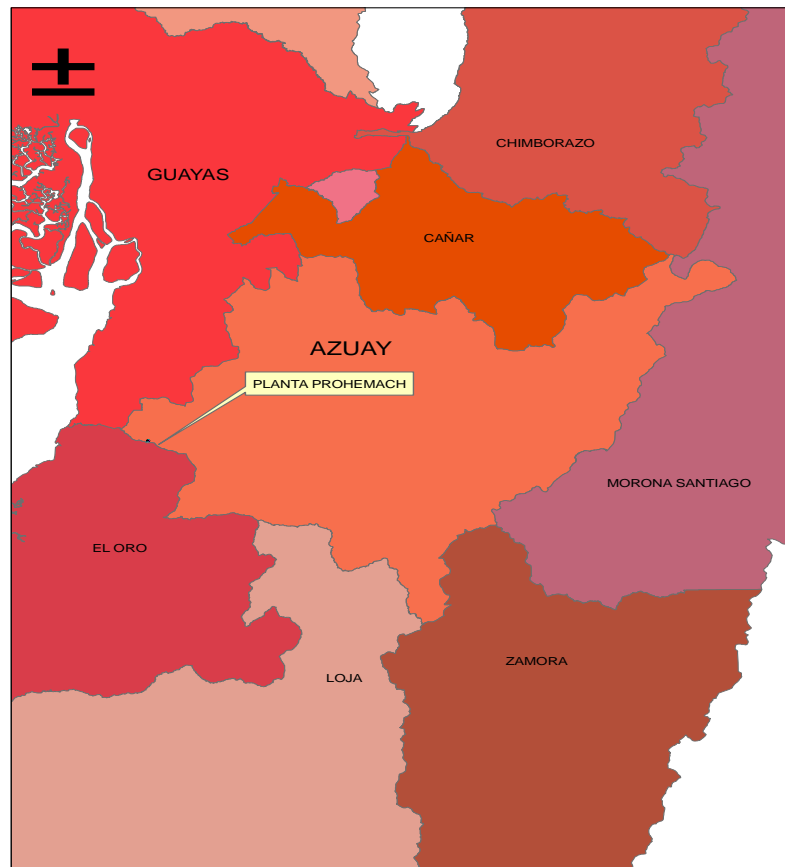


Figura 3. Ubicación política administrativa de la Planta de Beneficio

En la figura 4 podemos ver la ubicación geográfica de las relaveras de la Planta de Beneficio PROHEMACH.

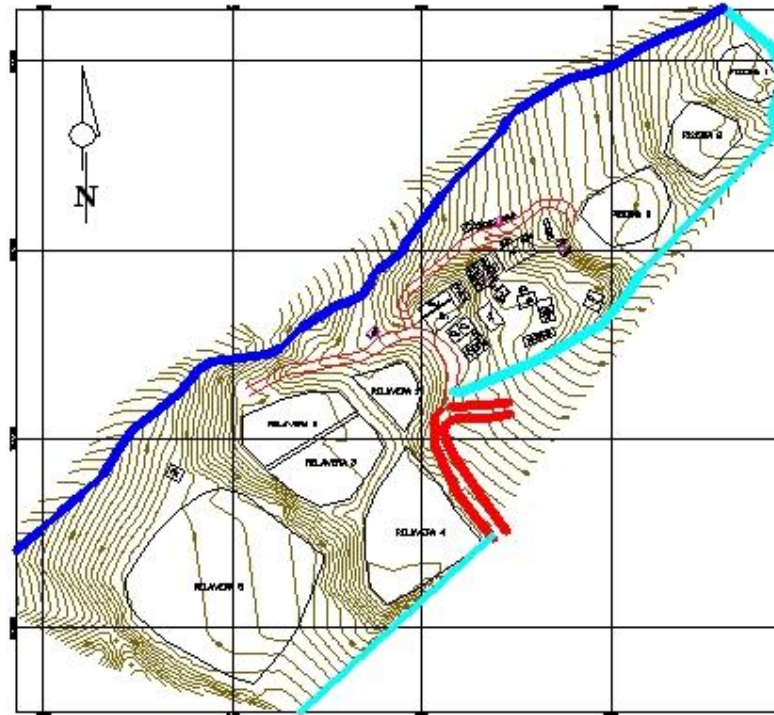


Figura 4. Ubicación geográfica de las relaveras

La Planta PROHEMACH dispone de siete piscinas: tres para el almacenamiento de arenas, las cuales se ubican en la parte superior de la propiedad y cuatro para el almacenamiento de los relaves; estas últimas se ubican en la parte inferior como se observa en la figura 4. La distribución obedece al desnivel del terreno.

2.1.1 SÍNTESIS GEOLÓGICA

GEOLOGÍA REGIONAL

La Planta de Beneficio “PROHEMACH”, se encuentra emplazada en el campo mineral de Ponce Enríquez, en el Subdistrito Machala-Naranjal, en la parte occidental del Distrito Azuay, el cual está influido por rocas



volcánicas e intrusivas básicas y ultrabásicas, relacionadas especialmente con pórfidos.

De acuerdo a la Auditoría Ambiental (Planta Prohemach, 2008) por los rasgos geomorfológicos del sitio de ubicación de la Planta, la zona de estudio se puede subdividir en:

La zona baja que corresponde a la llanura costanera con pendientes suaves y la zona montañosa con dirección Este, que constituyen las estribaciones de la cordillera Occidental, cuyas pendientes sobrepasan el 40%.

La cordillera de Santa Martha con elevaciones de hasta 1200 m.s.n.m. en el sector de ubicación de la Planta y el filo de Peña Dorada, con alturas hasta los 2200 m.s.n.m. Este sector está delimitado en el lado sur por la Falla Margarita y hacia el sudeste está recubierto por material volcánico del Grupo Saraguro, así también se encuentran tobas dacíticas no diferenciadas. La litología de la zona se caracteriza básicamente por la presencia de rocas andesíticas, dacíticas y diabasas fuertemente silicificadas. En las zonas de transición de las estribaciones andinas a llanuras costaneras se encuentran valles juveniles a maduros desde el punto de vista morfológico.

De acuerdo a los estudios realizados por la misión Belga (1996), se señala que los principales rasgos estructurales, corresponden a fallas que controlan la mineralización, que predominan al Norte y Este del Distrito Minero, dando lugar a depósitos sulfurosos con contenidos importantes de metales básicos Au, Ag, Cu, Pb, Zn. Ocasionalmente el oro y la plata se encuentran en estado libre.

Las estructuras de mayor longitud presentan fuertes buzamientos (70-90°), en cambio zonas de cizallamientos tienen buzamientos medios (50-70°).



Tomando a Bella Rica como centro de la actividad extractiva actual, las vetas mineralizadas presentan una dirección preferencial N-S. Hacia el Sur se curvan para tomar una dirección N25E, con buzamientos del orden de los 75° al E, presentándose también de manera vertical.

La mineralización existente en el Distrito Minero Ponce Enríquez (campo minero), corresponde a un sistema (epi)-mesotermal de vetas auríferas relacionado con pórfidos (UCP PRODEMINTA, 2000).

Los afloramientos principales corresponden a las rocas de la Formación Macuchi. También se observan depósitos aluviales, coluviales y esporádicos apófisis de intrusivos de composición media a ácida.

Desde el punto de vista estructural, este Distrito Minero se encuentra alojado en bloques fallados adyacentes al denominado Terreno Pallatanga y relacionados genéticamente con el pórfido brecha del sector de Papa Grande.

De manera resumida se describen las Formaciones Geológicas, establecidas en la zona de ubicación de la Planta de Beneficio.

FORMACIÓN MACUCHI (Cretáceo- Eoceno)

La Formación Macuchi está constituida por lavas andesíticas y lavas indiferenciadas de coloraciones gris, verdoso, y oscuras a negras, algunas veces se las encuentra interestratificadas con areniscas de granulometría fina y limonitas de origen volcánico.

Al Sur y Suroeste de la zona de estudio, se observan algunos afloramientos de los Volcánicos La Fortuna (Cretáceo), que son rocas volcánicas ácidas con matriz fina silicificada, muy empleados como materiales de construcción (Hoffstetter, 1997).



Hacia el Este y Sureste, afloran rocas de la Formación Saraguro.

FORMACIÓN SARAGURO (Oligoceno- Mioceno)

Constituida por lavas y piroclastos que alternan con tobas finas y aglomerados gruesos.

Se encuentran con mayor frecuencia y comúnmente la tobas aglomeráticas, con bloques de lavas incorporadas en una matriz tobácea amarilla, estratos que forman escarpas muy predominantes y en algunos casos es impenetrable por la vegetación arbustiva presente (Hoffstetter, 1997).

INTRUSIVOS

Los afloramientos de intrusivos de carácter granodiorítico y diorítico, se encuentran intruyendo a las rocas de la Formación Macuchi. El intrusivo tiene contacto fallado por el río Tenguel (Hoffstetter, 1997).

COLUVIALES

Se presentan como clastos angulares y subangulares de diferentes dimensiones, dispuestos en una matriz areno-arcillosa en proceso de compactación, su espesor es variable debido a la pendiente del terreno. (Hoffstetter, 1997).

TERRAZAS

Se han observado terrazas de edad Holoceno, constituidas por conglomerados angulares y subangulares con diámetros que van de los de pocos centímetros hasta 1m, con matriz arcillo arenosa, en las



márgenes del río Margarita, que en su curso bajo toma el nombre de río Siete (Hoffstetter, 1997).

ALUVIALES

Se observan en el río Tenguel, Margarita, Río Siete y en los torrentes y pequeñas quebradas de la zona, donde aparecen muy pocos aluviales que consisten en gravas de cantos variados, arena gruesa, arcillas y limos (Hoffstetter, 1997).

GEOMORFOLOGÍA

Geomorfológicamente, la Planta se localiza en el Distrito Minero de Ponce Enríquez, al Sur-Oeste de la provincia del Azuay en las estribaciones de la Cordillera Occidental, Filo Peña Dorada, cordillera de Santa Martha.

La característica de la zona en las partes altas con pendientes pronunciadas, es estar inmersa en rocas sin agua, por la ausencia de permeabilidad primaria, condición que es alterada por la fracturación y fallamiento, que permite la circulación de agua por estas estructuras o su confinamiento. En la parte baja presencia de acuíferos.

Estos terrenos se presentan montañosos y fuertemente escarpados con pendientes que llegan a superar los 70° de inclinación, característica que dificulta el acceso y el desplazamiento interno.

Las formas elevadas y angulosas dan origen a una serie de micro valles en V, a través de los cuales se escurre el agua lluvia. Algunos constituyen el origen de quebradas perennes que realizan un trabajo erosivo intenso, con arrastre de material hacia la parte baja.

A los 2200 m.s.n.m. nace el río Margarita con dirección S-O, en el sector de la hacienda el Guabo con el aporte de las aguas de varias quebradas.

AUTOR:

Ing. Guadalupe Herdoíza



Cambia el rumbo de E a O, para pasar a formar parte más adelante del río Siete. El régimen es turbulento por ser un río de montaña. (Fuente: Autora de la tesis, reconocimiento de campo).

MINERALIZACIÓN

Las formas de los cuerpos mineralizados en el distrito minero de Ponce Enríquez, corresponden a vetas longitudinales que por su génesis son de tipo hidrotermal. En las fracturas se depositó mineralización tipo sulfuros metálicos como pirita, calcopirita, pirrotina, esfalerita, así también hematita, calcita y óxidos de hierro.

2.1.2 REGIONES BIOCLIMÁTICAS

Para la identificación de las zonas de vida, donde se encuentra inmerso el proyecto minero, se ha considerado el Mapa Bioclimático y Ecológico del Ecuador, que toma como base el "*Diagrama para la clasificación de zonas de vida o formaciones vegetales del mundo*", elaborado por el Dr. L. Holdridge (Cañadas, 1983).

La Planta "PROHEMACH" se encuentra inmersa en la Región Bioclimática Sub-húmedo-Sub-Tropical, de acuerdo a la extrapolación de los valores climáticos tomados de las estaciones meteorológicas de las inmediaciones del sector de ubicación de la misma.

Esta región se caracteriza porque mantiene los mismos rangos altitudinales y de temperatura media anual que la Región Seco Sub Tropical, pero su diferencia radica en la recepción de precipitaciones mayores a 1000 mm, pero menores de 1500 mm. La tendencia general de esta región es tener algo de lluvia durante todo el año.



2.1.3 REGIONES ECOLÓGICAS

Por sus características de relieve, geomorfología, suelos y clima, el proyecto según la clasificación de las zonas de vida de Holdridge (Cañadas, 1983), pertenece a la formación vegetal *bosque húmedo Pre-Montano* (b.h. PM).

Bosque húmedo Pre-Montano

Los rasgos altitudinales y de temperatura de esta formación, tanto en la Costa como en la Sierra, reciben una precipitación media anual entre los 1000 y 1500 mm.

En la Sierra, esta formación se encuentra en las estribaciones externas de la Cordillera Occidental, estribaciones de Molleturo y Chaucha en el Azuay, Uzhcurrumi y Abañin entre las provincias del Azuay y El Oro. Esta zona de vida se extiende desde los 300 metros hasta la cota de 1800 a 2000 m.s.n.m., su temperatura promedio es de 18 a 24°C.

Climáticamente sus características son de tipo monzónico razón por la cual al *Bosque húmedo Pre-Montano* se le considera una anomalía del *Bosque seco-Tropical*. La estación lluviosa puede tener una duración de 5 a 8 meses, seguida de una estación seca de 7, 6, 5 y 4 meses respectivamente que se extiende de junio a noviembre, de junio a diciembre, de julio a noviembre o de junio a septiembre sin que exista una diferencia exacta entre una u otra estación (Cañadas, 1983).

Los valores que presentan las estaciones meteorológicas de Pagua y Naranjal, tablas 4 y 5, ilustran los parámetros que influyen en el clima local, entre ellos la precipitación, la misma que ha sufrido serias modificaciones en toda la subregión. Los anuarios meteorológicos publicados por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI, 2005-2008), sirvieron de base para realizar el presente análisis,

AUTOR:

Ing. Guadalupe Herdoíza



considerando solo las estaciones ubicadas dentro del área de influencia del Proyecto Minero como se muestra en las tablas 3, 4 y 5.

Tabla 3.- Ubicación geográfica de las estaciones climatológicas

ESTACIÓN	TIPO	CÓDIGO	ALTITUD m.s.n.m.	LATITUD S	LONGITUD W
PAGUA	Climatológica Ordinaria	CO	8	3° 4' 10"	79° 46' 4"
NARANJAL	Climatológica Ordinaria	CO	23	2° 39' 44"	79° 39' 23"

Fuente: Anuarios meteorológicos del INAMHI (2005-2008)

Tabla 4.- Estación Pagua

VARIABLE	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Año
Precipitación media mensual (mm)	188.5	138.4	365.4	48.8	33.8	17.2	54.0	21.5	32.7	79.5	65.4	64.7	1.109.9
Humedad relativa (%)	89	88	87	87	88	89	92	91	90	91	-	-	-
Temperatura media (°C)	26.5	26.6	26.9	26.9	26.3	25.5	23.8	23.2	23.5	23.0	23.4	24.8	25.0
Punto de Rocío (°C)	24.4	24.3	24.5	24.6	24.1	23.5	22.3	21.6	21.7	21.4	-	-	-
Tensión de vapor (hPa)	30.7	30.4	30.9	31.0	30.1	28.9	27.0	25.9	26.1	25.5	-	-	-
Nubosidad media (octas)	7	7	7	7	7	7	7	7	7	8	7	7	7
Velocidad media mensual del viento (m/s)	1.9	1.8	2.0	1.8	1.5	1.7	1.5	1.7	1.7	1.4	1.5	1.7	1.7

Fuente: Anuarios meteorológicos del INAMHI (2005-2008)



Tabla 5.- Estación Naranjal

VARIABLE	EN	FE	MA	AB	MA	JU	JU	AG	SE	OC	NO	DI	Año
	E	B	R	R	Y	N	L	O	P	T	V	C	o
Precipitación media mensual (mm)	58.8	50.2	30.7	12.8	0	0	11.4	35.8	0	17	0	11.7	228.4
Humedad relativa (%)	94	93	93	94	94	93	95	95	95	94	95	94	94
Temperatura media (°C)	27	27	27.4	27.8	27.3	26.8	25.4	25.4	25.1	24.7	25.0	26.4	26.3
Punto de Rocío (°C)	25.8	25.7	26.2	26.5	26.1	25.4	24.6	24.5	24.1	23.7	23.9	25.4	25.2
Tensión de vapor (hPa)	33.5	33.4	34.3	35.1	34.1	32.7	31.2	31.3	30.4	29.5	29.9	32.9	32.4
Nubosidad media (octas)	4	5	4	4	4	4	4	4	4	5	5	4	4

Fuente: Anuarios meteorológicos del INAMHI (2005-2008)

Del análisis realizado a los datos de las estaciones meteorológicas antes referidas, la precipitación media anual fluctúa entre 200 y 1000 mm, determinándose que los meses de mayor precipitación son de enero a marzo. Las temperaturas medias anuales están entre 25 y 26 °C, lo que da una humedad relativa de 91 y 94%.

2.1.4 EDAFOLOGÍA

De acuerdo a la Auditoría Ambiental (Planta Prohemach, 2008), en la zona, la presencia de mineralización de hierro, ha dado origen a suelos lateríticos con bajo contenido de materia orgánica. Los suelos de pie de monte son de tipo areno-limoso con presencia de materia orgánica en los primeros 30 cm, estos permiten regularmente cultivos de cacao, frutales y



pastizales, los suelos son susceptibles a la erosión hídrica, por la fuerte precipitación.

A fin de contar con datos estadísticos que permitan evaluar la calidad físico-química del suelo, se cuenta con el análisis físico-químico de una muestra de suelo alrededor del punto de coordenadas: 646.000 E, 9657.500 N y 646.600 E, 9'659.000 N. En la tabla 6 se muestra los parámetros y los valores determinados y en la tabla 7 su interpretación.

Tabla 6.- Análisis Físico-químicos de suelo

DETERMINACIÓN	RESULTADOS	VALORES ESTÁNDARES	CONCLUSIONES
pH (suelo)	4,60	6,5 hasta 7,5	Suelo ácido
Humedad	17,7 g		
Conductividad	0,25 mill.mho/cm	<4 mill.moh/cm	Bajo
Textura	arena 52%, arcilla 44%, limo 4%		Areno- arcilloso
Nitrógeno, N	9,20 ppm		Bajo
Fósforo, P	2,5		Bajo
Potasio, K	46,5 ppm		Bajo
Materia orgánica	8,75%		Buen porcentaje de materia orgánica

Fuente: Auditoría Ambiental, laboratorio del CREA, enero 2008.



Tabla 7.- Interpretación

	Bajo		Medio		Alto
Materia orgánica (%)	0-2		2.1-4		>4.1
Nitrógeno total (%)	0-0.15		0.16-0.30		>0.31
Fósforo (ppm)	0-10		10-20		>21
Potasio (ppm)	0-75		76-150		>151
Calcio (ppm)	0-150		151-300		>300
Magnesio (ppm)	0-25		25-50		>50
Hierro (ppm)	0-20		21-40		>41
Manganeso (ppm)	0-5		6-15		>16
Cobre (ppm)	0-1		1.1-4		>4.1
Zinc (ppm)	0-3		3.1-7		>7.1
pH	5.5 ácido	5.6- 6.4 ligera ment e ácido	6.5- 7.5 neutr o	7.6-8 ligera ment e alcali no	8.1 + alcalino

Fuente: Auditoría Ambiental, laboratorio del CREA, enero 2008.

De acuerdo a los resultados obtenidos, el suelo se presenta ácido, con bajos contenidos de N, P, K, tiene un buen porcentaje de materia orgánica, aunque esta es poco profunda, y su textura es fina areno- arcillosa.

2.1.4.1 Unidades de Uso

De la verificación de campo, se determinó que la utilización de los suelos en el área de influencia está distribuida de la siguiente manera:

a) Los potreros ocupan los suelos planos en grandes extensiones, sembradas con especies nativas como “pasto elefante” *Pennisetum purpureum* (Poaceae), que presenta un buen desarrollo y son utilizados para la alimentación del ganado.

b) Los terrenos dedicados a la agricultura, están ocupados por cultivos de cacao, café, maíz y pequeñas huertas familiares, en las que diversifican las especies con frutales, cítricos, raíces de “yuca” *Manihot esculenta* (Euphorbiaceae), “banano” *Musa x paradisiaca* (Musaceae).



c) La vegetación nativa está constituida por una gran variedad de especies forestales, que se encuentran distribuidas en tres diferentes estratos, alto, medio y bajo.

En el estrato alto existen escasas especies de “guayacanes” *Tabebuia chrysantha* (Bignoniaceae),” laurel” *Cordia alliodora* (Boraginaceae), “guarumo” *Cecropia litoralis* (Cecropiaceae), “frute pan” *Artocarpus altilis* (Moraceae), teca “Figueroa” *Carapa guianensis* (Meliaceae), “guabas” *Inga edulis* (Mimosaceae) y “matapalos” *Coussapoa parviceps* (Cecropiaceae).

El estrato medio, se encuentra conformado por “ciruelos” *Bunchosia carnifolia* (Malpighiaceae) y “chilcas” *Baccharis polyantha* (Asteraceae). Además se encuentran especies en crecimiento de las anteriormente mencionadas, especialmente la “Saboya” *Panicum maximus* (Poaceae) que se encuentra mayormente distribuida y también se presenta una diversidad de cítricos.

En el estrato bajo, se encuentran especies herbáceas, helechos, pastos y maleza, con sistemas de crecimiento muy agresivos que protegen rápido a los suelos. Algunas especies son sembradas como los pastos, mientras que otras son de regeneración natural.

En la tabla 8 se presenta la distribución de los suelos, de acuerdo a sus usos:



Tabla 8.- Unidades de uso de los suelos presentes en área.

UNIDADES DE USO	(%)
Forestales	40
Potreros	30
Cultivos	15
Degradados	15

Los valores obtenidos muestran que una 40% de la superficie de área de influencia se encuentra cubierta por forestales, el avance de la frontera agrícola y ganadera representan el 45 %, y el 15 % corresponden a suelos erosionados.

2.1.5 HIDROLOGÍA

El principal sistema hidrográfico lo constituye el río Margarita que corre en dirección E-O, a partir del sector de la Hda. El Guabo, el cual se origina en la parte alta de la cordillera de Mullupungu, filo Peña Dorada y forma parte de la Cuenca Hidrográfica No.- 17 del río Balao, en una dirección N.O-S, engrosando su caudal con el aporte de quebradas tributarias que se precipitan perpendicularmente de los dos flancos de las montañas, formando un drenaje tipo paralelo. El río Margarita en el curso más bajo toma el nombre de río Siete (Auditoría Ambiental, Planta Prohemach,2008).

Los acuíferos en este sector están prácticamente ausentes, por cuanto la zona está constituida por rocas con posibilidades hídricas muy escasas o prácticamente impermeables.



2.2 VIALIDAD –ACCESOS

El acceso vía terrestre desde la ciudad de Cuenca hacia la planta, es relativamente fácil a través de la vía Cuenca-Pasaje, Pasaje-El Guabo de primer orden y desde el sector de Brasil por una vía afirmada.

Para el ingreso al sitio de ubicación de la Planta de Beneficio, se cuenta con una vía de tercer orden construido por el titular de la Planta, desde el cruce del Río Margarita. Además se cuenta con caminos internos que permiten acceder a la zona de ubicación de las relaveras.

La vía principal de primer orden recibe mantenimiento por parte del Ministerio de Transporte y Obras Públicas y el Consejo Provincial del Azuay, mientras que el mantenimiento de la vía de acceso hacia la planta lo realiza el titular de Planta de manera conjunta con el I. Municipio de Ponce Enríquez.

2.3 INFRAESTRUCTURA, INSTALACIONES Y SERVICIOS

2.3.1 INSTALACIONES DE LA PLANTA

Las instalaciones de la Planta de Beneficio ocupan una superficie aproximada de 0,8 hectáreas.

La Planta de Beneficio tiene la siguiente distribución:

- Área de almacenamiento de arenas
- Área de cianuración-adsorción
- Área de elution
- Área de electrodeposición
- Área de fundición-refinación
- Área de campamento, oficina, talleres



<p>Foto 1 Almacenamiento de arenas, para el proceso de cianuración</p>	<p>Foto 2. Área de Cianuración, tanques agitadores</p>
<p>Foto 3 Area de elution y electrodeposición</p>	<p>Foto 4 Cribado del carbón activado</p>
<p>Foto 5 Área de fundición</p>	<p>Foto 6 Área de refinación</p>

2.3.2 OTRAS INFRAESTRUCTURAS

Otras instalaciones que se encuentran dentro del área donde se ubica la Planta de Beneficio "PROHEMACH" son las siguientes:

AUTOR:
Ing. Guadalupe Herdoíza



- Oficina técnica-administrativa
- Laboratorio de Análisis Químico
- Bodegas
- Campamento
- Taller de mantenimiento mecánico
- Taller eléctrico
- Carpintería
- Piscinas de almacenamiento de arenas
- Piscinas de almacenamiento de relaves
- Tanques de almacenamiento de agua para el proceso y para uso doméstico
- Instalaciones para distribución de los servicios de agua y desagüe



Foto 8 Vista general del campamento



Foto 9 Laboratorio



Foto 10 Control del pH, y cianuro libre



Foto 11 Equipo de absorción atómica, para análisis químico.



2.3.3 SISTEMA DE RECOLECCIÓN DE EFLUENTES

Los efluentes generados en la operación de la Planta de Beneficio son recolectados a través de canales de hormigón, los mismos que son descargados hacia las relaveras.

El agua del proceso (en las colas cianuradas) es reciclada y el agua que se descarga a las relaveras en las colas finales es neutralizada mediante el empleo de peróxido de hidrogeno.

2.3.4. PISCINA DE ARENA Y RELAVERAS



Se cuenta con tres piscinas para el almacenamiento de las arenas del proceso de concentración gravimétrica que proviene de la mina “TRES RANCHOS”, las cuales han sido impermeabilizadas con material arcilloso. Actualmente se ha construido un muro de gaviones a fin de evitar que las aguas del río Siete, en épocas de crecida, inunden los terrenos.

Los relaves que provienen del proceso de cianuración, son transportados por medio de tuberías a tres piscinas de sedimentación, las cuales se encuentran emplazadas en la parte baja (respecto a la planta de cianuración) aprovechando la topografía del terreno.



Foto 12.-	Piscina de almacenamiento de arenas para
Foto 13.-	Piscina de almacenamiento de relaves



cianurar	cianurados
	
Foto 14.- Piscina de almacenamiento de relaves, cuando no se descarga	Foto 15.- Tubería que conduce el relave en forma de pulpa

2.4 PERSONAL

Administrativamente, la planta de beneficio PROHEMACH está organizada actualmente de la siguiente forma: Gerente y Presidente, quienes son los encargados de coordinar políticas económicas- técnicas, ambientales, legales y las relaciones comunitarias, manteniendo registros de los costos operacionales, datos de producción, inversiones de obras de protección ambiental, aportes de apoyo comunitario; encontrándose esta información en la oficina de la planta de beneficio localizada en la ciudad de Machala. La figura 5 muestra el esquema organizacional de la Planta de Beneficio PROHEMACH.

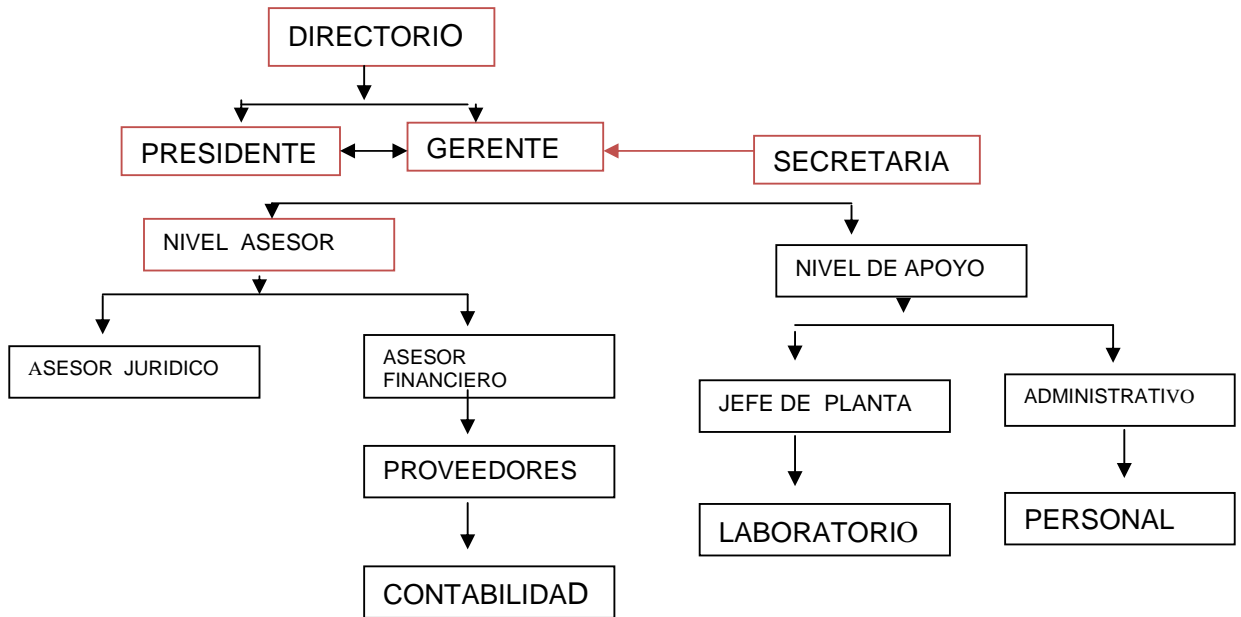


Figura 5.- Diagrama de flujo: Esquema organizacional de la Planta de Beneficio PROHEMACH

Fuente: Elaborado por la Autora de la Tesis

El número total de personas que actualmente trabajan en la Planta es diez, y se los detalla a continuación:

- 1 Administrador
- 4 Obreros (2 areneros, 1 cribador, 1 separador)
- 2 Laboratorista (1 Ing. Jefe de planta)
- 2 Guardianes
- 1 Cocinera

El Gerente General de la Empresa o el Presidente, actuando en forma conjunta o separada son quienes definen las Políticas de Calidad, Medio Ambiente y Seguridad y Salud Ocupacional, metas e indicadores de desempeño de la Empresa y son responsables en última instancia por el mejoramiento continuo y la disposición no conforme del residuo sólido (relaves).



CAPÍTULO III

DESCRIPCIÓN DE LAS OPERACIONES

3.1 TRANSPORTE Y RECEPCIÓN DEL MINERAL

El mineral que se transporta hacia la Planta de Beneficio, proviene de las labores mineras de la parte alta del sector conocido como El Paraíso. El mineral proviene de un depósito filoniano, conformado por un conjunto de vetas o vetillas encajadas en rocas volcánicas. Las vetas tienen mineralización tipo cuarzo pirita, cuarzo pirrotina-calcopirita, cuarzo marcasita-hematita. Resumiendo se trata de una mineralización tipo sulfuros con presencia de oro, plata y cobre, arsénico, bismuto y óxidos de hierro.

En el caso de las arenas, éstas son transportadas en forma de pulpa desde los molinos, mediante gravedad a través de mangueras de PVC de 2 pulgadas hasta las piscinas de captación de arenas, que posteriormente son procesadas mediante cianuración. Se determina que el volumen de relaves del proceso de concentración gravimétrica transportados a la Planta de Beneficio es de 40 t/día.

3.2 PROCESO METALÚRGICO

La cianuración es una tecnología que se utiliza desde hace cien años en la recuperación de oro primario, sobre todo en la minería grande y mediana. En la pequeña minería, su uso es bastante nuevo.

Debido a que algunos materiales auríferos (oro refractario o fino) no pueden ser concentrados satisfactoriamente por ningún método gravimétrico, en los últimos años el empleo de la cianuración se ha difundido bastante en la pequeña minería aurífera de los países andinos como Perú, Chile, Ecuador, Colombia y Venezuela y también en varios países africanos (Hruschaka, 1998).



Al margen de sus indudables ventajas técnicas de alta recuperación, la cianuración puede causar y está causando un grave impacto ambiental. El cianuro es altamente tóxico. Sin embargo, al contrario del mercurio, el cianuro es biodegradable. En la presente investigación, el cianuro se le encuentra en los diques de colas que constituye el efluente de la planta de beneficio.

El efluente de una planta de recuperación de oro típicamente contiene entre 600 a 1000 ppm de NaCN (cianuro de sodio), el cual es acumulado en las denominadas piscinas de relaves o relaveras de tratamiento para su degradación natural. Sin embargo, dependiendo de varios factores esta degradación puede durar semanas y aún meses, lo cual significa un riesgo latente de posibles derrames, percolaciones a un acuífero cercano y emanaciones de HCN (ácido cianhídrico).

Si bien la degradación natural del cianuro de sodio ocurre en las relaveras, se conoce que niveles de 150 a 300 ppm son letales al ser humano y que niveles de 50 ppm se pueden percibir con el olfato. La dosis letal de HCN es de 90 a 100 ppm (Bachiller y Rendueles, 2001).

En el caso de la Planta de Beneficio "PROHEMACH", se ha venido trabajando con el proceso de cianuración con carbón en Pulpa (CIP), que no es otra cosa que el tratamiento de la mena aurífera por cianuración y la extracción del contenido metálico por carbón activado.

3.2.1 CIANURACIÓN

Se dispone de una planta de cianuración de capacidad instalada de 100 t/día, pero en la actualidad la capacidad de operación es de 40 t/día, constituida por cinco tanques de cianuración con sistema de agitación mecánica y aireación mediante draff. Para el efecto, las arenas acumuladas en las piscinas de almacenamiento mediante gravedad en



forma de pulpa a través de tubos PVC de cuatro pulgadas, se descargan hacia los tanques de cianuración.

Es importante señalar que en los tanques agitadores se realiza la cianuración en las primeras ocho horas. Durante este periodo de agitación se controla el consumo de cianuro y cal, a fin de que la disolución del oro sea óptimo. Cuando el pH es menor que 10,2 se gradúa apropiadamente con la adición de cal. Al igual que cuando la concentración de CN^- es menor que 0,05%. En la foto 16 se pueden observar los reactores donde se lleva a cabo el proceso de cianuración y adsorción en carbón activado.



Foto 16.- reactores para el proceso de cianuración

En el proceso metalúrgico instaurado en la Planta de Beneficio PROHEMACH, se presentan las etapas que involucran la obtención de oro metálico luego del tratamiento metalúrgico por medio de lixiviación con cianuro, adsorción-desorción (conocido como el proceso CIP) y electro deposición, como se muestra en la figura 6 a través un diagrama de flujo.

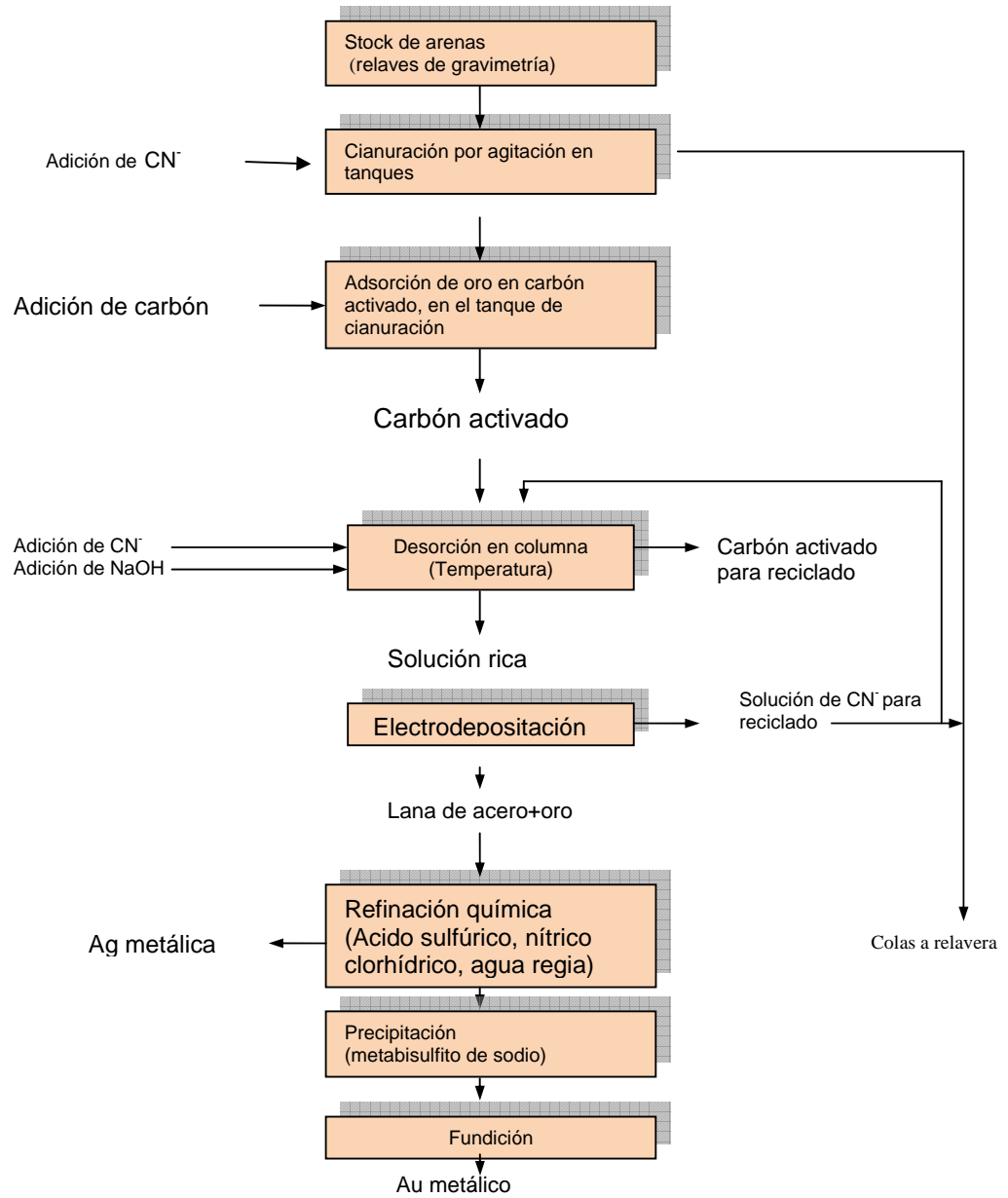


Figura 6.- Etapas generales del proceso metalúrgico, para la obtención del oro.

Fuente: Elaborado por la autora de la Tesis.



3.2.2 ADSORCIÓN Y DESORCIÓN DEL CARBÓN ACTIVADO

Concluido el tiempo de cianuración, se sigue manteniendo el control del pH, y se adiciona el carbón activado (carbón en pulpa, el cual permite adsorber el oro disuelto), aproximadamente de 15 a 20kg/m³ de solución, completándose un tiempo total de retención de 18 horas.

Para el proceso de adsorción se adiciona carbón activado (tamaño 10 mallas), a cada tanque de agitación, para adsorber el oro disuelto durante la cianuración.

Una vez que el carbón se ha enriquecido (carbón cargado), se procede a la recuperación de los metales preciosos (Au, Ag). En este momento se descarga la pulpa junto con el carbón mediante gravedad, el carbón es recuperado en los trommels donde se retiene en una malla 24 y, se lava con abundante agua. Luego de eliminar el exceso de agua se traslada a la planta de desorción y refinación. El exceso de agua va junto con las arenas cianuradas a las relaveras.

El carbón cargado es almacenado, y cuando hay una suficiente cantidad, se llenan las dos columnas de desorción. Estas son selladas y se conectan en circuito cerrado con una celda electrolítica y un calentador de la solución para dar inicio a la desorción y a la electrolisis.

En la planta de desorción se tiene dos columnas como se indicó anteriormente. Se carga el carbón, para lo cual se prepara una solución de cianuro e hidróxido de sodio (3,5 m³) a 120° C. La solución circula por el sistema de desorción atravesando el interior del caldero para mantener la temperatura señalada. La solución rica o solución pregnat se descarga directamente de la segunda columna, llega a la celda electrolítica sobre la cual se depositan los metales preciosos en el cátodo que contiene lana de acero. La solución pobre del circuito es recirculada a las columnas de carbón hasta que el contenido de oro en la misma sea el mínimo. El

AUTOR:

Ing. Guadalupe Herdoíza



tiempo de retención en el proceso es de 24 horas, luego de lo cual los cátodos son retirados para la refinación-fundición de los metales preciosos. En las fotos 17 y 18 podemos ver los las columnas que se utilizan en el proceso de desorción del oro y la celda electrolítica respectivamente.



Foto 17. Reactores para el proceso de elution



Foto 18. Celda electrolítica

En la celda se reducen electrolíticamente los metales nobles que se encuentran disueltos en la solución rica (Pregnat), que sale de la columna de desorción. En los cátodos (lana de acero) se precipitan como un cemento el oro y plata, mediante la aplicación de corriente eléctrica continua generada por un rectificador de voltaje entre 3-5 voltios y de 200-300 amperios.

La operación que sigue es el lavado del carbón para ser nuevamente utilizado. El lavado permite remover el carbonato de calcio adsorbido por la superficie del carbón.

Una vez terminado el proceso de cianuración-adsorción, la pulpa es evacuada por la parte inferior del agitador a través de mangueras de 4 pulgadas hacia la criba estática que se encuentra en un estanque. El carbón activado queda sobre la malla de acero y es acumulado en saquillos plásticos para un nuevo ciclo, mientras que la pulpa es



descargada por la parte inferior del estanque a través de mangueras PVC hacia la relavera.

Durante el proceso de cianuración-adsorción se toma muestras periódicas de solución para la determinación de pH y control de cianuro, como también para la determinación de oro disuelto mediante espectrometría de absorción atómica. Se efectúa también determinación de oro en muestras de carbón mediante ensayos de copelación. En las fotos 19 y 20 se puede observar la toma de muestras para determinar cianuro libre y realizar el control del pH.



3.2.3 SEPARACIÓN SOLIDO/LIQUIDO

La cola o relave descargada de los tanques de agitación, se conduce por gravedad hacia las relaveras. Se estima que durante el proceso se emplea alrededor de 1.500 m³ de agua de la cual se recicla el 60% (900 m³).

La separación solido/liquido en la relavera se realiza únicamente por decantación.

La plataforma sobre la cual se encuentra instalada la planta, cuenta con cunetas perimetrales que conducen los efluentes (derrames, aguas de



lavado de equipos), hacia las relaveras, como se observa en las fotos 21 y 22.



3.2.3.1 Actividades complementarias

Mantenimiento

El mantenimiento preventivo y/o correctivo de los equipos fijos se realiza de acuerdo a las horas de trabajo, o en su defecto después de cada operación de cianuración-adsorción, refinación.

Durante el mantenimiento se extrema el cuidado en la utilización de aceites y grasas, pues la presencia de los mismos puede inhibir la disolución del oro. En cualquiera de las etapas del proceso, se mantiene el registro del mantenimiento de los equipos.

3.2.4 FUNDICIÓN- REFINACIÓN

Los cátodos obtenidos durante el proceso de electrodeposición contienen el cemento de oro, plata e impurezas. Los cátodos reciben un enjuague con agua limpia, para remover impurezas de hierro. Se adiciona ácido sulfúrico al 10%. Posteriormente la refinación química continúa mediante la adición de ácido nítrico y agua regia, y finalmente precipitación con metabisulfito de sodio.



La fundición del precipitado se lo realiza en crisoles de arcilla refractaria, con el empleo de un equipo de suelda autógena. En la foto 23 se puede ver la celda electrolítica y en la foto 24 se muestra la fundición del oro en los crisoles de arcilla.



3.2.5 BALANCE METALÚRGICO

Para realizar el control de la operación y el balance metalúrgico diario, se toma muestras de la pulpa y relaves. Las muestras obtenidas se envían al laboratorio, en donde se analiza el contenido de oro en el sólido y en la solución.

Las soluciones pobres del proceso se recolectan en dos pequeñas piscinas de cemento, donde se procede a su neutralización y posterior descarga.

PROCESO DE CIANURACIÓN - ADSORCIÓN EN CARBÓN ACTIVADO

Densidad de la pulpa: 1,2 -1,4 t/m³

Densidad real de los sólidos: 2,5-2,9 t/m³

Cianuro libre: 200 ppm

pH : 10,5-11



En las tablas 9 y 10 se encuentra el balance de materiales (año 2009) total de la planta. En las tablas 11 y 12 se puede ver el consumo de reactivos en el proceso de cianuración (CIP). Las tablas 13 y 14 muestran el consumo de reactivos del proceso de refinación y fundición (año 2009).

Tabla 9. Balance de materiales primer semestre/2009

MES	MATERIAL PROCESADO		REACTIVOS			CIANURACIÓN	COLAS	
	PESO (t)	LEY (g/t)	CN (Kg/t)	Cal (Kg/t)	CARBÓN ACTIVADO (Kg)	% EXTRACCIÓN	PESO (t)	LEY (g/t)
enero	903,94	1,25	2,261	3,38	1000	71,39	903,94	0,36
febrero-marzo	904,61	1,15	2,073	2,07	1000	72,70	904,61	0,31
abril, mayo y junio	1.815,22	1,29	4,581	6,38	1000	71,52	1.815,22	0,37
Total	3.623,77				3000		3.623,77	

Fuente: Planta PROHEMACH. Informe de producción primer semestre/2009

Ley: Contenido metálico expresado en % o en g/t.

Tabla 10. Balance de materiales segundo semestre/2009

MES	MATERIAL PROCESADO		REACTIVOS			CIANURACIÓN	COLAS	
	PESO (t)	LEY (g/t)	CN (Kg/t)	Cal (Kg/t)	CARBÓN ACTIVADO (Kg)	% EXTRACCIÓN	PESO (t)	LEY (g/t)
agosto	2816	1,828	1,29	2,95	1.128,00	92,16	2.816	0.155
octubre	1509	1,49	1,87	3,80	936,00	87,45	1504	0.21
noviembre	928	1,175	1,90	4,15	863,20	86.06	928	0.19
diciembre	1344	1,183	1,99	4,63	906,14	88,28	1344	0.156
Total	6597				3.833,34		6.597	

Fuente: Planta PROHEMACH, Informe de producción segundo semestre/2009



De la información recopilada, se puede ver claramente que el volumen anual de relaves producidos es de 10.220,77 toneladas. Promediando mensualmente se depositan 851,73 t.

El consumo de cianuro es 12.234 Kg en el primer semestre, y de 10.896 Kg en el segundo semestre, la diferencia en el consumo de este reactivo posiblemente se debe a la composición mineralógica de las arenas (menor presencia de materiales cianicidas). Al comparar los valores de extracción de oro del primer semestre con los del segundo, se observa una mayor recuperación en el último.

Tabla 11.- Consumo de reactivos en el proceso de Elution primer semestre/2009

VOLUMEN SOLUCIÓN	CONSUMO DE REACTIVOS	
	m ³	CN(kg)
3,00	65	50
3,00	65	50
6,00	130	100
TOTAL	260	200

Fuente: Planta PROHEMACH. Informe de producción primer semestre/2009

Tabla 12.- Consumo de reactivos en el proceso de Elution segundo semestre/2009

VOLUMEN SOLUCIÓN	CONSUMO DE REACTIVOS	
	m ³	CN(kg)
5	60	35
5	60	100
5	60	100
5	60	50
TOTAL	240	285

Fuente: Planta PROHEMACH. Informe de producción segundo semestre/2009

El consumo de cianuro para el proceso de elution para el año 2009 alcanza un total de 500 Kg y de hidróxido de sodio (NaOH) 485 Kg. Estos valores son relativamente constantes durante el proceso.



**Tabla 13.- Consumo de reactivos en los procesos de Refinación y Fundición
Primer semestre/2009**

REFINACIÓN QUÍMICA				FUNDICIÓN	
CONSUMO REACTIVOS	HCl (kg)	H ₂ SO ₄ (kg)	METASULFITO DE SODIO (kg)	BÓRAX (kg)	CARBONATO DE SODIO (kg)
	46	12	5	0,5	0,2
	35	8	5	0,5	0,2
	52	62	10	1	0,4
TOTAL	133	82	20	1,5	0,8

Fuente: Planta PROHEMACH. Informe de producción primer semestre/2009

**Tabla 14.- Consumo de reactivos en los procesos de Refinación y Fundición
Segundo semestre /2009**

REFINACIÓN QUÍMICA				FUNDICIÓN	
CONSUMO REACTIVOS	HCl (kg)	H ₂ SO ₄ (ml)	METASULFITO DE SODIO (kg)	BÓRAX (kg)	CARBONATO DE SODIO (kg)
	13.63	17.27	25	0.193	0
	18.58	32.28	50	0.232	0
	18.68	25.57	50	0.218	0
	13.50	13.14	25	0.205	0
TOTAL	64.35	88.26	150	0.848	

Fuente: Planta PROHEMACH. Informe de producción segundo semestre/2009

En los procesos de refinación y fundición, el consumo de reactivos está en función del grado de finesa del oro que se obtiene. El ácido clorhídrico (HCL) utilizado para el año 2009 ha sido de 197.35 Kg y para el ácido sulfúrico ha sido de 170,26 ml. El control de estos reactivos por parte del CONSEP (Consejo Nacional de Sustancias Estupefacientes y Psicotrópicas) es estricto.

De manera general el consumo de cianuro de sodio es alto. Esto se debe al tipo de mineralogía presente, posiblemente oro ocluido en los sulfuros minerales como la arsenopirita y pirita o la presencia de elementos cianicidas consumidores de cianuro.



CAPITULO IV

POTENCIALES IMPACTOS DE LOS RESIDUOS MINERO-METALÚRGICOS, SOBRE EL MEDIO AMBIENTE

En muchos procesos mineros es necesario extraer materiales no mineralizados o de baja ley en volúmenes importantes y con tamaños muy variables.

En la mayor parte de las mismas es muy considerable el volumen de ganga como producto de la explotación y la obtención de colas o relaves luego del proceso de beneficio para la obtención de metales. Por ejemplo, en el caso de sulfuros de cobre, plomo y zinc, con importantes contenidos de Au (12.-20 g/t), se puede decir que el 90-95,5% de roca mineralizada es ganga.

Los relaves provenientes del procesamiento de los minerales, se suelen apilar en lugares despejados, en las cabeceras de los valles, en llanuras aluviales o en otras localizaciones, o se pueden utilizar en el relleno de huecos mineros para evitar colapsos y subsidencias, y minimizar las necesidades de áreas de ocupación. En cualquier caso pueden ser un foco de contaminación de acuíferos.

Hay que añadir un volumen importante de residuos sólidos procedentes del rechazo de lavaderos, los cuales se transportan por canales o tuberías, estos materiales llevan consigo productos químicos empleados en los procesos, que con frecuencia son altamente contaminantes.

Otro de los efluentes emitidos es el polvo, cuyas partículas son altamente dañinas a la salud humana, la sedimentación de partículas pueden causar la contaminación del suelo, la vegetación y del agua.



También se producen otros tipos de residuos como embalajes de diversos tipos, chatarras, basura de oficinas, laboratorios y talleres, basura doméstica proveniente de comedores y alojamientos.

Los impactos ambientales que pueden generar los residuos (relaves) están en función de su volumen, de la capacidad receptora del medio y las características de los procesos y operaciones mineras.

Los impactos pueden ocurrir sobre los diferentes medios como el físico, biológico, económico y social; afectando los recursos como el agua, suelo, flora, fauna y por ende con consecuencias socio-económicas.

4.1 CONTAMINACIÓN DE LA ATMOSFERA

La industria minera en general produce una serie de emisiones a la atmósfera en diferentes formas tanto sólidas (polvo durante las voladuras, carga y el transporte), gases de piro metalurgia, escapes de vehículos, ruidos durante las voladuras y funcionamiento de la maquinaria, lanza térmica y onda aérea.

La calidad del aire en el área de depósito de los residuos minero-metalúrgicos puede ser modificada por el polvo que se genera durante el movimiento de los materiales, en las épocas de ausencia de lluvia principalmente.

La erosión por viento puede elevar material particulado a la atmósfera en grandes extensiones. Valores de 2000 mg/m^3 son capaces de causar irritación de las vías respiratorias. Uno de los riesgos potenciales radica en la ingestión directa de polvos de relaves con contenido metálico por parte de humanos y animales (Guía Ambiental para el manejo de Relaves Mineros, 2007).



Se ha realizado pocos estudios sobre el transporte en el aire de relaves como tales. Por tanto, la severidad que se percibe por la contaminación por polvo se relaciona directamente a zonas de residencia adyacentes a las áreas de embalse.

Los mecanismos de transporte de partículas son la variación brusca (saltación) y la suspensión. Las partículas de arena de un tamaño medianamente fino (1,0 a 0,1 mm de diámetro) son objeto de saltación ya que ellos se desprenden y son proyectados dentro de una corriente de aire donde adquieren velocidad tras la acción del viento y descienden a la superficie causando otros movimientos de las partículas.

Por otro lado las partículas sumamente finas (limos) menores a 0,1 mm de diámetro, se mueven principalmente por suspensión y siguen la turbulencia del viento. Aunque los más grandes flujos de masa ocurren por saltación, es la suspensión la que produce las características de polvaredas (dust blows) sobre la superficie de los embalses de relaves.

Es importante señalar que los sulfuros de plomo, arsénico, hierro, etc., en general, los minerales más pesados tienden a concentrarse en los tamaños más finos del relave, y son por ello los más susceptibles de arrastre eólico.

4.2 CONTAMINACIÓN DE AGUAS

El agua dulce es un recurso natural único y escaso, esencial para la vida y las actividades productivas, por tanto directamente relacionado con el crecimiento económico.

El agua en la tierra se encuentra principalmente en los mares y océanos, cubriendo el 71% de la superficie terrestre. Sin embargo, el 97 % de toda el agua existente es de mar y sólo el 3% restante corresponde a agua dulce. De este 3% de agua dulce en el mundo, alrededor del 2 % está



congelada en los polos y sólo el 1% es agua dulce natural líquida que en gran parte se encuentra en acuíferos muy profundos difíciles de aprovechar.

Contaminantes de las aguas se constituyen cualquier forma de materia o energía cuya presencia, evacuación o liberación pueda causar daños a la biota.

4.2.1 CONTAMINACIÓN DE AGUAS SUPERFICIALES y SUBTERRÁNEAS

La actitud permisiva o indiferente ante los potenciales riesgos de contaminación de los recursos hídricos causados por la minería se debe principalmente a que se trata de una preocupación ambiental nueva por el contenido anómalo de los metales y/o metaloides pesados, que es aún materia de debate o reconocida en pocos casos, como los del As, Cd, Hg, Pb, y el Cr (+6).

Los factores a ser considerados y que pueden provocar una potencial contaminación (efecto sobre la composición y dispersión de los contaminantes) radica en la posición de la fuente potencial (relaveras, escombreras) en la respectiva cuenca hidrográfica, mineralogía del depósito y el tipo e intensidad de la alteración hidrotermal que afecta a las rocas de su entorno (Guía Ambiental para el Manejo de relaves mineros, 2007), para lo cual se deben establecer:

- ✚ Contenidos significativos de metales o metaloides con propiedades tóxicas.

- ✚ Ubicación de las relaveras en las cabeceras de las cuencas hidrográficas, en áreas de topografía abrupta.



- ✚ Ubicación de las relaveras en zonas de intensa alteración hidrotermal.

- ✚ Grado de fracturamiento de las rocas.

- ✚ Contenido de pirita.

De manera general es importante conocer la interacción de las aguas del drenaje superficial y subterráneo con las zonas de alteración hidrotermal, excavaciones mineras subterráneas y a cielo abierto y zonas depósitos de residuos minero-metalúrgicos.

Uno de los problemas ambientales asociados con la minería es la contribución de sustancias tóxicas y no tóxicas a las aguas superficiales, sea por descarga directa, en los casos de una deficiente práctica de almacenamiento y control de lixiviados y relaves; por arrastres ocasionados por la lluvia y la escorrentía superficial e incluso vía las aguas subterráneas que reciben las infiltraciones desde los sitios mineros y afloran eventualmente en cuerpos superficiales.

Las explotaciones a cielo abierto, aunque exponen una menor superficie a las mismas reacciones roca/agua/aire, pueden dar lugar a la formación de pequeñas lagunas al término de su vida útil. Estas pueden convertirse en un intermediario en la contaminación de los drenajes subterráneos.

El tratamiento de minerales de cobre y de oro se efectúa por métodos de lixiviación química o técnicas pirometalúrgicas. A estas operaciones por lo general precede la concentración por flotación. La lixiviación se utiliza para minerales oxidados de cobre y para oro libre diseminado en otros minerales. Para la lixiviación del cobre se utiliza ácido sulfúrico, el mismo que solubiliza el cobre en su forma iónica (Cu^{+2}). Para su recuperación se utiliza chatarra de hierro mediante reducción o se emplean complejantes orgánicos y electroobtención. El residuo del proceso de lixiviación del cobre está constituido por lo tanto por residuos ácidos. Este



mismo proceso puede ser aplicado a minerales sulfurados (no oxidados) en cuyo caso se forman pilas de mineral que se exponen a la acción oxidante de las bacterias (biolixiviación).

A diferencia de la lixiviación del cobre que requiere un medio ácido, en la lixiviación del oro se requiere condiciones alcalinas, que son indispensables para la estabilización del CN^- , el cual constituye el agente complejante del oro. En consecuencia, los residuos de esta operación tienen reacción básica.

Los residuos de la concentración de minerales sulfurados (procesos, gravimétricos flotación y colas de cianuración) que se depositan en los denominados diques y piscinas, tienen reacción básica. Si son ricos en pirita (FeS_2) y están en contacto con el aire o con agua que contiene aire disuelto, su oxidación desarrolla ácido sulfúrico y por lo tanto lo acidifica. Ello facilita la solubilización de la mayor parte de los metales pesados presentes, aunque el contenido de elementos menores o en trazas podría presentar riesgos toxicológicos (Guía ambiental para el manejo de aguas en actividades minero metalúrgicas, 2001).

Metales pesados y toxicidad

Los metales pesados pueden clasificarse en dos grupos (Barbour y Shaw, 2000; Niebeor y Sanford, 1984; Oyarzún, 2001). El primero (al que pertenecen elementos como Cu, Zn y Cr^{3+}) incluye aquellos requeridos por el organismo en dosis moderadas, pero que pasan a ser tóxicos al superar cierto umbral de concentración. El segundo grupo está constituido por aquellos metales que no tienen un rol biológico conocido, pero sí una clara toxicidad (pese a lo cual han sido utilizados en farmacología). A este grupo pertenecen, entre otros el As, Cd, Hg y Pb, junto con el Cr^{+6} .



Arsénico: Forma parte de muchas menas cupríferas y auríferas. También existen numerosas fuentes naturales de As (relacionadas o no con yacimientos minerales).

El arsénico es un metaloide conocido como veneno y elemento cancerígeno (cáncer de la piel, gástrico, etc.). En consecuencia, constituye un serio riesgo para la salud humana, en particular cuando la población está expuesta a dos o más fuentes contaminadas (p. ej., emisiones aéreas, agua potable, presencia en las hortalizas) (Oyarzún, 2000).

Cadmio: Está relacionado con yacimientos cupríferos (Oyarzún et al, 2000). Dado que este metal presenta toxicidad para el sistema renal, debería ser cuantificado en los relaves o ripios abandonados.

Cromo: Solamente su forma hexavalente (Cr^{6+}) genera efectos cancerígenos. Puesto que dicha forma ha sido detectada en los yacimientos de nitratos al norte Chile (Pueyo et al, 1998), es conveniente se considere su posible presencia en agua subterránea o superficial.

Mercurio: El Hg está presente en bajas concentraciones en diversos tipos de yacimientos hidrotermales y se ha usado en pequeña minería para amalgamar oro. Por otra parte, la actividad industrial puede generar una importante contaminación, ej., en la producción electrolítica de hidróxido de sodio. El mercurio es tóxico para el sistema nervioso gastro-intestinal y renal, produciendo temblores, pérdida de equilibrio corporal, ceguera parcial y otros efectos (PNUMA, 2005).

Plomo: El plomo se encuentra presente en un gran número de minerales siendo la forma más común el sulfuro de plomo (galena: PbS). También son comunes aunque en orden decreciente, la cerusita (PbCO_3) y la anglesita (PbSO_4). El Plomo es un metal difícilmente movilizable. Así, el principal riesgo en la minería no radica en la posible puesta en solución



de este metal (precipita rápidamente como carbonato o sulfato), sino en lo que concierne a los procesos metalúrgicos de las menas de plomo (fundiciones). El plomo es tóxico, el daño que causa en el ser humano se centra en varios sistemas, siendo los más importantes los siguientes: nervioso, hematopoyético, urinario, gastrointestinal, renal, reproductivo y endócrino. La contaminación por plomo afecta especialmente a los niños (Oyarzún, 2000).

En la minería tres factores tienen especial importancia en la transferencia de metales pesados desde las minas a los residuos mineros, y de ahí al drenaje subterráneo o superficial. Aparte de las propiedades químicas intrínsecas del elemento, están su forma mineralógica, la superficie de interacción sólido/agua, y el nivel (superficial o subterráneo) de la interacción, los que a su vez influyen también en las características físico-químicas del agua. La mineralogía es importante por la distinta estabilidad de los diferentes minerales frente al ataque químico. Por otro lado, la presencia de pirita puede dar lugar a la generación de drenaje ácido lixivante (Nicholson, 1994).

La superficie de interacción es también un factor principal, porque de su extensión dependerá la efectividad del traspaso. Ya hemos mencionado al respecto como la minería subterránea incrementa grandemente esa superficie.

También el fracturamiento de las rocas tiene un efecto similar, especialmente cuando las fracturas abiertas facilitan el paso de las soluciones. En el caso de depósitos de residuos, la granulometría del material tiene un efecto decisivo. En lo referente al nivel de interacción (superficial o subterránea) el factor decisivo corresponde al grado de oxigenación del agua que posibilita la oxidación de los sulfuros y por consiguiente la solubilización de los metales. Al respecto hay que considerar que las aguas de la zona vadosa (entre la superficie del



terreno y el nivel freático) son relativamente oxidantes, disminuyendo el oxígeno disuelto bajo el nivel freático (Blowes, 1994; Robertson, 1994).

Transporte de metales pesados por el drenaje

El transporte de un elemento metálico por el drenaje superficial puede ocurrir bajo varias formas diferentes (Nesbitt, 1984). Ellas incluyen la forma iónica (p.ej., Cu^{2+}) en soluciones no saturadas o sobresaturadas, la forma molecular (p.ej. CuCO_3); la de iones complejos (p.ej., $\text{Cu}(\text{OH})^+$), la forma coloidal y la particulada fina en suspensión (ya sea de precipitados de sales o bien por la fijación del metal en materiales arcillosos u orgánicos en suspensión). En consecuencia, sería erróneo calcular la concentración máxima de metal en el agua solamente a través del producto de solubilidad de sus sales simples.

Otro error importante sería filtrar el agua antes de su análisis, puesto que dejaría fuera un contenido metálico importante. En el caso del agua de riego, dicho contenido puede incorporarse finalmente a los suelos y a las plantas cultivadas y, a través de ellas, al ser humano. Ello, considerando la capacidad de las raíces para solubilizar elementos metálicos contenidos en fases estables.

A través del conocimiento físico-químico y geoquímico disponible, es posible evaluar en principio la probable distribución de los diferentes metales entre las diversas formas indicadas. A este respecto son de mucha utilidad, junto al K_{ps} y otras constantes de equilibrio, los diagramas Eh-pH y Log m-pH. Los primeros, nos indican el comportamiento de las formas iónicas y moleculares del metal respecto a cambios en el estado de oxidación y acidez del agua, en tanto que los segundos nos entregan la concentración total disuelta bajo distintos valores del pH.



4.3 CONTAMINACIÓN DEL SUELO

Las plantas cercanas a las relaveras, pueden concentrar en algunas de sus partes, elementos potencialmente tóxicos. La estructura granulométrica de los relaves es fina y por tanto susceptible de ser removida por agentes como el agua y el aire, lo cual propicia su dispersión y acumulación tanto en el suelo como en los organismos vivos (Lizárraga L., 2008).

El mayor problema para la salud humana son los polvos que se generan en las relaveras y para el suelo las sales de sodio (Lizárraga L., 2008).

El material de las presas; dependiendo de su composición y de la disponibilidad de sus compuestos, de las rutas de transporte, vías de entrada a los organismos y la biodisponibilidad; puede constituir un riesgo para la biota, incluyendo a los humanos. Por su alto contenido de sales de sodio y la formación de drenaje ácido pueden también representar un riesgo para los suelos y cuerpos de agua de los alrededores e inhibir el crecimiento de la vegetación (Lizárraga L., 2008).

De acuerdo a (Lizárraga L., 2008), cuando los compuestos químicos que contienen los EPT (elementos tóxicos persistentes) liberan al ambiente especies en forma soluble que pueden ser adsorbidas y absorbidas por las plantas y bacterias, se puede crear un problema fuerte de contaminación de los recursos.

La toxicidad de los metales está influenciada por diferentes factores como la forma química del ambiente y las diferencias en la susceptibilidad de los organismos. De esta forma los EPT, por su gran capacidad de coordinación con la mayoría de los elementos, pueden actuar como bloqueadores de la acción de minerales y enzimas necesarias que permiten el desarrollo de las funciones orgánicas vitales, obligando a que los procesos metabólicos normales se degeneren.

AUTOR:

Ing. Guadalupe Herdoíza



Los efectos de toxicidad en las plantas son a nivel fisiológico, por lo tanto pueden ser utilizadas como indicadores de la concentración de metales pesados en un medio donde la raíz los consume pudiendo integrarles al ambiente a escala espacial y temporal.

Los trabajos mineros generan áreas con disturbios que son caracterizadas por poca vegetación o ninguna. Las plantas pueden ser selectivas o no a la bioacumulación de metales y/o metaloides, procurándose generalmente una recolonización por plantas tolerantes a los mismos.

De acuerdo a (Lizárraga L., 2008), concentraciones altas de metales en las soluciones del suelo pueden provocar inhibición en la elongación y en el desarrollo de las raíces. Sin embargo, existe vegetación resistente que se adapta a ambientes con elevadas concentraciones de metales pesados pudiendo colonizarlos.

4.4 CONFLICTOS SOCIALES

La Constitución de la Republica ha establecido la preponderancia de los derechos fundamentales y la tolerancia. El contexto social que encierra la actividad minera extractiva es el de cumplir un papel dinamizador en nuestra economía nacional, no sólo por los ingresos que recibiría el Estado sino también las comunidades por las patentes y regalías, lo que permitiría obtener un número considerable de divisas.

Por tanto, al ser indudable la importancia de la minería para el desarrollo, resultaría contradictoria la presencia de conflictos sociales en esta actividad. Sin embargo, esto no es así, la situación actual es disímil y compleja, confluyendo distintos niveles de confrontación, multiplicidad de actores y criterios de carácter social, político y económico, alrededor de



un conflicto socio- ambiental. Por tanto, los conflictos sociales son uno de los grandes problemas que enfrenta la inversión minera en nuestro país.

La alta conflictividad que envuelve a las actividades mineras tiene su origen en diversas causas. En primer lugar encontramos las causas socio-ambientales, donde se enmarcan la exclusión, desigualdad y discriminación, la problemática medio ambiental producto de los pasivos ambientales que han generado incertidumbre y temor en la población, y el conocimiento de las externalidades ambientales de la actividad minera actual, que tiene un impacto negativo sobre los derechos y actividades económicas de las comunidades.

En segundo lugar, existe un orden jurídico que no permite mejorar la gestión y fiscalización ambiental. Este hecho tiene su raíz en distintas normas que no cumplen con elaborar un marco que permita gestionar mejores condiciones para el medio ambiente y para las comunidades campesinas. Así mismo existe una debilidad estatal para hacer cumplir las normas que establecen compromisos sociales y ambientales a las empresas mineras.

La actividad minera y las comunidades se encuentran en plena evolución. Las empresas mineras se han dado cuenta, en los últimos años, que el principal conflicto social que han enfrentado a partir de la década del 90' es precisamente el conflicto con sus entornos poblacionales.

Pero los conflictos sociales en torno a la minería van más allá de la preocupación por el medio ambiente. Una innumerable cantidad de "grupos de interés", se ponen la camiseta ambientalista para conseguir sus "objetivos particulares", entre ellos tenemos a los dirigentes locales, a los políticos que perdieron las elecciones, a las ONG's buenas y a las malas también, a los comerciantes e industriales de otros sectores, a funcionarios públicos electos y no electos y en algunos casos hasta a representantes de la iglesia.



A fin de disminuir la conflictividad social por la actividad minera, es importante precisar cuál es el verdadero aporte al desarrollo de una actividad como la minería, más aun si hablamos de desarrollo sustentable.

En países con importantes recursos mineros como el nuestro, se debe discutir donde se puede realizar la minería. Hay que hablar de ordenamiento territorial, zonificación, etc., y allí donde se va a desarrollar la minería, definir cuáles son los parámetros que va a seguir la actividad, y cuál será su aporte real al desarrollo de las comunidades del área de influencia de los proyectos mineros.



CAPITULO V

MANEJO DE RESIDUOS (RELAVES) EN LA PLANTA PROHEMACH

5.1 AUDITORIA DE DIAGNOSTICO (RECONOCIMIENTO, CUANTIFICACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE LOS RELAVES GENERADOS)

Para la realización del reconocimiento, cuantificación y clasificación de los relaves generados en la Planta de Beneficio PROHEMACH, se procedió de acuerdo a las etapas siguientes:

- a) Reconocimiento de los residuos generados (relaves)
- b) Elaboración del diagrama de flujo del proceso
- c) Cuantificación del volumen de residuos generados (relaves)
- d) Clasificación de los residuos (relaves)

a) Reconocimiento de los residuos generados (relaves)

De acuerdo a lo establecido en el Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria del Ministerio del Ambiente, (TULAS, 31 de marzo de 2003), ***“residuos son todas las substancias sólidas, líquidas, gaseosas o pastosas u objetos cuya eliminación se procede, se propone proceder o se está obligado a proceder en virtud de lo dispuesto en la legislación vigente”.***

Las colas o relaves de cianuración son residuos sólidos que se genera en la planta de beneficio. Son pulpas que quedan luego que el metal de valor ha sido extraído. Son los residuos (relaves) más visibles por su cantidad y los que pueden causar mayores problemas de contaminación al ingresar a los causes de agua. De ahí la importancia de su confinamiento en estructuras diseñadas específicamente para su almacenamiento.



b) Diagrama de flujo del proceso operativo

De acuerdo al proceso metalúrgico de carbón en pulpa (CIP) establecido en la planta de beneficio PROHEMACH, se establecen las etapas del tratamiento metalúrgico para la obtención del oro, empleo de agua y reactivos que se adicionan, que son motivo de otros estudios. Lo fundamental aquí es establecer la salida de las colas o relaves (residuos sólidos), como podemos ver en la figura 7 a continuación.

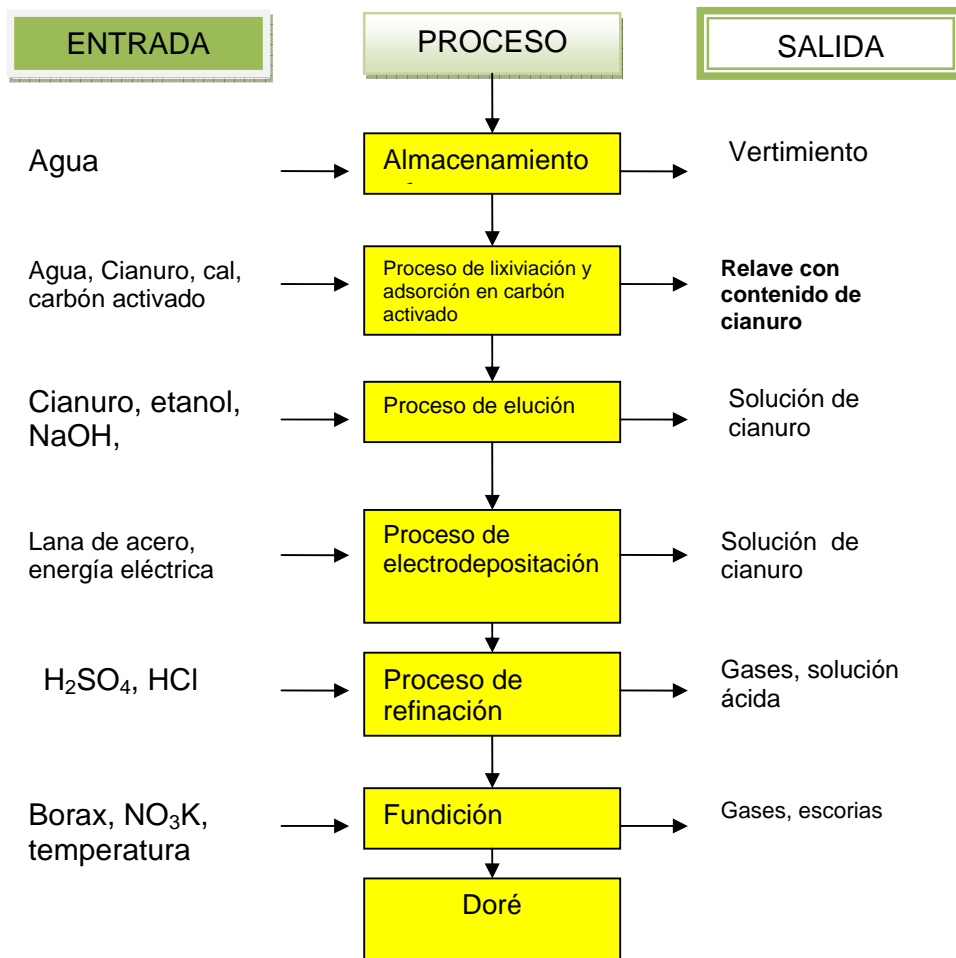


Figura 7.- Diagrama de Flujo del Proceso de cianuración y adsorción en carbón activado.

Fuente: Autora de la Tesis



c) Cuantificación de los residuos (relaves) generados

En la figura 7, se presenta un diagrama de flujo que muestra las etapas del proceso de Cianuración, y los componentes de entradas y salidas del mismo. En los componentes de salida del proceso se considera para la presente investigación únicamente a los relaves, por estos los de mayor volumen, los efluentes y gases no se han considerado para el presente estudio.

Las arenas en forma de pulpa generada durante el proceso de cianuración, constituyen básicamente el mayor volumen de residuos (relaves) que se generan en la planta, por lo tanto la misma cantidad de arenas que se procesa, se evacuan a las piscinas de sedimentación – clarificación. Mineralógicamente están constituidas en su mayoría de sílice y algo de sulfuros. El pH de evacuación de estos residuos es básico (10-11), debido a la influencia de la cal que se adiciona durante el proceso de disolución de oro. Los volúmenes procesados pueden observarse en la tabla 15.

Tabla 15.- Volumen de material procesado y residuos sólidos (relaves)

MES	RELAVES (RESIDUOS SÓLIDOS)
	PESO (t)
enero	903,94
febrero-marzo	904,61
abril, mayo y junio	1.815,22
agosto	2.816,00
octubre	1.509,00
noviembre	928,00
diciembre	1.344,00
Total anual	10220,77

*Fuente: Información levantada por la autora de la tesis.
Corresponde al volumen procesado durante el año 2009.*



d) Clasificación

De conformidad con las definiciones del Libro VI., de la Calidad Ambiental, Título II Políticas Nacionales de Residuos Sólidos, del Texto Unificado de la Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente, y título V Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación por Desechos Peligrosos, del texto unificado de la legislación secundaria del Ministerio del Ambiente (marzo 2003), se procedió a clasificar y determinar cualitativamente el tipo de residuo (relave) que se genera en la planta, tomado también en consideración los siguientes factores:

- ✚ Proceso productivo.
- ✚ Sustancias químicas cuya presencia es indicativa de un potencial peligro a la salud y el medio ambiente.
- ✚ Capacidad de ignición o inflamabilidad del residuo (relave).
- ✚ La corrosividad del residuo.
- ✚ Reactividad del residuo (relave).

De acuerdo a los factores señalados, los relaves de la Planta PROHEMACH, por provenir de un proceso industrial en él que se utiliza cianuro de sodio, cuya presencia es indicativa de un potencial peligro para la salud y el medio ambiente, además que este compuesto químico puede presentar reactividad cuando forma complejos; entonces los relaves se los considera peligrosos con *características de toxicidad y reactividad*.

5.1.1 ANÁLISIS DE LOS RESIDUOS (RELAVES) GENERADOS EN LA PLANTA

Luego de la clasificación cualitativa de los relaves de la Planta PROHEMACH como residuos peligrosos con *características de toxicidad y reactividad*, para complementar la caracterización de los relaves, se realizaron los siguientes análisis físico-químicos:



- ✚ Análisis granulométrico
- ✚ Determinación de humedad
- ✚ Análisis químico de metales, barrido en ICP (Inducción por plasma)
- ✚ Análisis de lixiviados PECT(EPA 1311)

Las muestras in situ se recolectaron con la ayuda de un nucleador (de construcción local). Luego se etiquetaron y remitieron para su análisis en el laboratorio GRUENTEC, que mantiene acreditación ambiental. En el anexo 1 se encuentran los resultados de dichos análisis. Las fotos 25 y 26 muestran las actividades de muestreo efectuado.



Foto 25. Muestreo con nucleador

Foto 26 Muestreo de campo

La identificación y ubicación de las muestras tomadas, se presentan en la tabla 16.



Tabla 16.- Características de las muestras de relaves tomadas para el análisis físico-químico

Distrito Minero	Proceso	Muestra	Identificación	Profundidad (cm)	Cantidad (kg)	Ubicación
Ponce Enríquez	Cianuración y Adsorción en carbón activado (CIP)	Colas de cianuración	PP1	30	5	Relavera
Ponce Enríquez	Cianuración y Adsorción en carbón activado (CIP)	Colas de cianuración	PP2	100	5	Relavera

- **Análisis granulométrico**

La caracterización granulométrica de los relaves del proceso de cianuración se realizó sobre una muestra (250 gramos) de material, para lo cual se efectuó un deslamado previo en malla #270 (63 μ m). Posteriormente el material fue secado en estufa a una temperatura de 70°C, para seguidamente realizar el tamizaje respectivo.

En la tabla 17 se presenta los valores obtenidos en el análisis granulométrico de la muestra PP1.



Tabla 17.- Ensayo granulométrico muestra PP1

TAMICES		ENSAYO			
ABERTUR A	MALLAS (ASTM)	PESO	PESO	RETENIDO	PASANTE ACUMULAD O %
μm	#	g	%	ACUMULAD O %	
4000	5	0	0	0	100
2000	9	0.25	0.1	0.1	99.9
1000	16	0.25	0.1	0.2	99.8
500	32	0.5	0.2	0.4	99.6
250	60	9.5	3.9	4.3	95.8
125	115	122.5	48.9	53.2	46.9
90	170	55.5	22.2	75.4	24.7
63	250	31	12.4	87.8	12.3
<63	270	30.5	12.2	100	0.1
	Total	250	100		

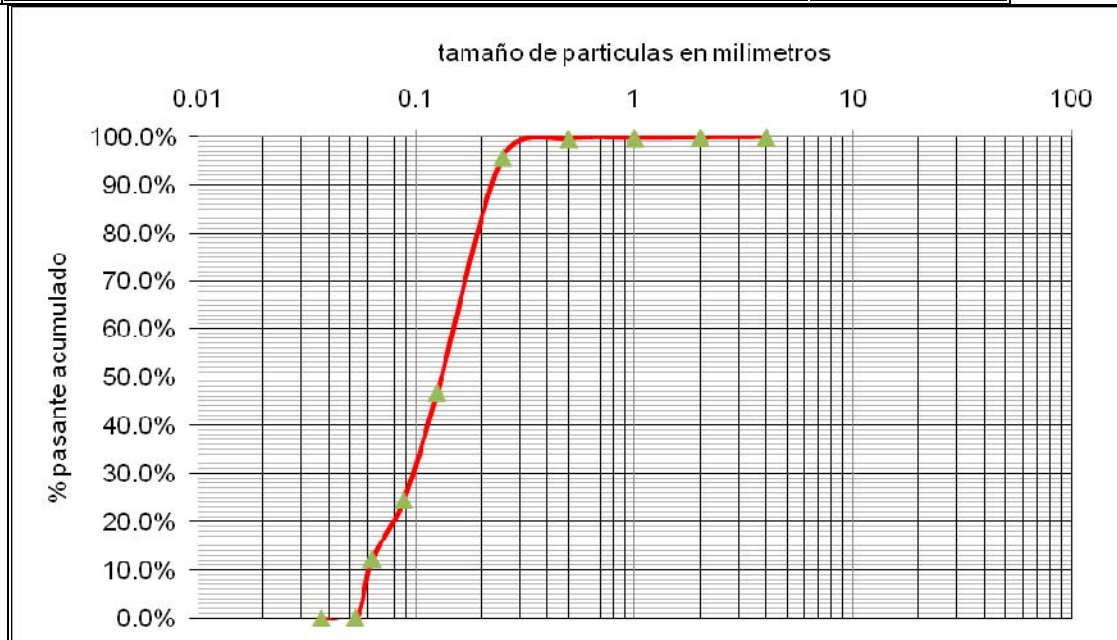


Figura 8 Curva granulométrica

Del análisis que se realiza, se determina que los relaves tienen una granulometría gruesa, pues el 75,40 % está sobre los 90 μm que



corresponde a la malla No. 170. Esta granulometría favorece un rápido asentamiento de las partículas y rápida clarificación de las soluciones.

- **Determinación de la humedad**

Para la determinación de la humedad, se toma 500 g de la muestra PP1 y PP2 respectivamente, las cuales se secan a una temperatura de 103°C por 24 horas en una estufa de laboratorio. Después de secada cada una de las muestras se enfrían en un desecador y se pesan. La pérdida de peso (humedad) se calcula con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ humedad} = \frac{(\text{Gramos de solido} - \text{gramos de solido seco}) * 100}{\text{Gramos de sólido}}$$

La humedad determinada para las muestras PP1 y PP2, corresponden a 15.84% y 15.15% respectivamente.

- **Análisis químicos**

En la tabla 18 se muestra la concentración de elementos metálicos contenidos en las muestras de relaves provenientes del proceso de cianuración.



Tabla 18.- Análisis químico de los relaves

METALES	UNIDAD	MUESTRA PP1	MUESTRA PP2	CONCENTRACIÓN MÁXIMA PERMISIBLE
Aluminio	%	0.65	0.7	
Antimonio	mg/kg	24	17	
Arsénico	mg/kg	7200	5100	5
Bario	mg/kg	1.8	1.4	200
Boro	mg/kg	<20	<20	1
Cadmio	mg/kg	1.4	1.4	0.5
Calcio	%	2.8	2.8	
Cromo	mg/kg	29	30	20
Cobalto	mg/kg	87	71	10
Cobre	mg/kg	1300	1100	30
Hierro	%	8.3	7.7	
Magnesio	%	0.92	1.1	
Manganeso	mg/kg	270	300	
Mercurio	mg/kg	1	0.9	0.1
Molibdeno	mg/kg	0.71	0.59	2
Níquel	mg/kg	33	30	20
Fosforo	%	0.014	0.015	
Potasio	%	0.017	0.015	
Selenio	mg/kg	5.3	4.2	1
Plata	mg/kg	6.5	2.5	
Plomo	mg/kg	7.8	6.2	25
Sodio	%	<0.01	<0.01	
Estroncio	mg/kg	15	17	
Azufre	%	2.5	2.2	250
Talio	mg/kg	<0.1	<0.1	
Titanio	%	0.033	0.029	
Uranio	mg/kg	<0.1	<0.1	
Vanadio	mg/kg	56	59	25
Zinc	mg/kg	84	75	60

Fuente: Laboratorios GRUENTEC, 2009.

Los valores reportados en el análisis físico-químico muestran que la concentración de arsénico y cobre están por arriba de los valores máximos permisibles. Esta condición debida a la mineralización propia de los minerales tratados, que corresponden a pirita, calcopirita, arsenopirita,



blenda y esfalerita. En cuanto se refiere a las concentraciones de bario y azufre los valores son bajos.

- **Análisis de lixiviados**

En la tabla 19 se presenta la concentración de elementos metálicos extractables de las muestras de relaves, pudiendo observarse que metales como el arsénico, bario, cadmio, cromo, cobre, hierro, plata, plomo y zinc contenidos en los relaves no generan lixiviados, por lo que no se espera que estos metales entren en solución.

Tabla 19.- Análisis para determinar la característica de toxicidad por lixiviación

Metales en el extracto PECT(EPA 1311)				
METALES	UNIDA D	MUESTRA PP1	MUESTRA PP2	CONCENTRACIÓN MÁXIMA PERMISIBLE EPA 1311
Aluminio	mg/l	<0.005	<0.005	
Antimonio	mg/l	0.012	0.014	
Arsénico	mg/l	0.036	0.021	5
Azufre	mg/l	25	31	
Bario	mg/l	0.02	0.03	100
berilio	mg/l	<0.002	<0.002	
Boro	mg/l	<0.25	<0.25	
Cadmio	mg/l	0.00027	0.00038	0.5
Calcio	mg/l	726	750	
Cobalto	mg/l	0.033	0.04	SIN VALOR
Cobre	mg/l	0.011	0.0066	1
Cromo	mg/l	0.019	0.02	5
Estaño	mg/l	<0.003	<0.003	
Estroncio	mg/l	0.24	0.23	
Fósfor	mg/l	<1.0	<1.0	
Hierro	mg/l	4.9	5	
Magnesio	mg/l	5.6	6.6	
Manganeso	mg/l	4.3	4.3	
Mercurio	mg/l	<0.0005	<0.0005	0.2
Molibdeno	mg/l	<0.0005	<0.0005	
Níquel	mg/l	0.046	0.05	1.34
Plata	mg/l	<0.00025	<0.00025	5



Plomo	mg/l	<0.0005	<0.0005	1
potasio	mg/l	0.71	0.84	
Selenio	mg/l	<0.005	<0.005	1
Sodio	mg/l	>50	>50	
Talio	mg/l	<0.00025	<0.00025	
Tantalio	mg/l	<0.001	<0.001	
Telurio	mg/l	<0.002	<0.0025	
Titanio	mg/l	<0.05	<0.05	
Torio*	mg/l	<0.0025	<0.0025	
Tulio*	mg/l	<0.0005	<0.0005	
Uranio	mg/l	<0.001	<0.001	
Vanadio	mg/l	0.0054	0.0056	
Wolframio*	mg/l	<0.001	<0.001	
Yterbio*	mg/l	<0.0005	<0.0005	
Zinc	mg/l	0.35	0.16	

Fuente: Laboratorios GRUENTEC, 2009.

Los resultados de los análisis químicos presentados, se adjuntan en el anexo No 1, del presente trabajo.

5.1.2 ANÁLISIS DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES GENERADOS

En el estudio realizado para el manejo de los relaves de la planta PROHEMACH, se han identificado y evaluado los impactos ambientales referentes a las etapas de operación y cierre. Se han considerado únicamente estas etapas por cuanto la planta en referencia ha venido funcionando desde el año 2001. Para actualizar y verificar la información existente se realizaron visitas de campo y a fin tener un conocimiento cabal del proceso de cianuración (CIP) de la Planta. Como herramienta de evaluación se utilizó el método semi cuantitativo de las matrices de Leopold modificadas (Conesa, Fernández, 2007) las cuales permitieron calificar mediante la relación causa –efecto, el grado y forma de impacto de cada una de las etapas en el manejo de los relaves sobre los diferentes componentes ambientales. Las matrices elaboradas incluyen la evaluación de los impactos tanto positivos como negativos.



A continuación se describen las actividades relativas a las etapas de operación y cierre:

Habilitación y mantenimiento de accesos: Consiste en la construcción y mantenimiento de caminos de acceso a las relaveras.

Suministro de insumos y mano de obra: Actividad relacionada con el traslado de materiales, equipo y personal.

Mantenimiento: Reparación de equipos y limpieza de equipos y canales, tuberías, etc.

Servicios: Administración, seguridad, actividades laborales y domésticas de personal de operación y cierre, etc.

Retiro de infraestructura y equipos: Incluye el desmantelamiento de los equipos de conducción y bombeo de las relaveras y preparación de la zona para su posterior rehabilitación.

Rehabilitación ambiental: Trabajos de nivelación y recuperación de suelos que hayan sido modificados por las instalaciones en general y las áreas de relaves. Contempla el perfilado de taludes y superficies, recubrimiento de los depósitos de relaves con material inerte y revegetación.

5.1.2.1 Factores considerados

Los factores considerados para el análisis, incluyen numerosas características y condiciones que se han seleccionado de acuerdo a los antecedentes disponibles y la información que pudo ser evaluada durante la ejecución del presente trabajo.

Factores Físicos y Químicos: Los factores físicos y químicos incluyen la atmósfera (calidad del aire: ruido, gases, polvo), el agua (superficial,



subterránea, turbidez, calidad) y los suelos (compactación, erosión, cambio del uso del suelo).

Aspectos Biológicos: Respecto a la flora, se considera la diversidad vegetal y regeneración natural, mientras que para la fauna se considera la migración de los animales terrestres, especies acuáticas, aves.

Percepción paisajística: Se refiere a valores estéticos, paisajísticos que incluyen vegetación y ordenamiento.

Servicios e infraestructura: Incluye el estado, calidad y capacidad de todos los recursos y servicios asociados con los sectores de transporte, red de servicios básicos (agua y electricidad) y salud y seguridad, que pudieran requerir los trabajadores en las diferentes etapas del proyecto, así como los pobladores de las comunidades de influencia directa de la planta.

Socio- Económico: Se refiere a la información disponible relacionada con el empleo, salud y seguridad de los trabajadores de la planta y la aceptación social de su actividad económica vista por las comunidades vecinas.

Los criterios elegidos para la evaluación de los impactos ambientales en el presente estudio son los siguientes:

Signo: El signo del impacto hace alusión al carácter beneficioso (+) o perjudicial (-) de las distintas acciones que van a actuar sobre los distintos factores considerados.

Intensidad (I): Este término se refiere al grado de incidencia de la acción sobre el factor, en el ámbito específico en que actúa. La escala de valorización estará comprendida entre 1 y 12, en el que 12 expresará una destrucción total del factor en el área en la que se produce el efecto, y el 1



una afección mínima. Los valores comprendidos entre esos dos términos reflejaran situaciones intermedias.

Extensión (E): Se refiere al área de influencia teórica del impacto en relación con el entorno del proyecto. Si la acción produce un efecto muy localizado, se considera que el factor tiene un carácter puntual (1). Si por el contrario, el efecto no admite una ubicación precisa dentro del entorno del proyecto, teniendo una influencia generalizada, el impacto será total (8), considerando las situaciones intermedias, según su gradación, como impacto parcial (2) y extenso (4).

Momento (MO): El plazo de manifestación del impacto alude al tiempo que transcurre entre la aparición de la acción y el inicio del efecto sobre el factor del medio considerado. Así pues cuando el tiempo transcurrido sea nulo, el momento será inmediato asignándole un valor (4). Si es un periodo de tiempo que va de 1 a 5 años, plazo medio (2), y si el efecto tarda en manifestarse más de 5 años, largo plazo, con valor asignado (1).

Persistencia (PE): Se refiere al tiempo que supuestamente permanecería el efecto desde su aparición. Si la permanencia del efecto dura menos de un año, consideramos que la acción produce un efecto Fugaz, asignándole un valor de (1). Si dura entre 1 y 10 años, Temporal (2); y si el efecto tiene una duración superior a los 10 años, consideramos el efecto como Permanente asignándole un valor (4).

Reversibilidad (RV): Se refiere a la posibilidad de reconstrucción del factor afectado, es decir, la posibilidad de retornar a las condiciones iniciales previas a la acción, por medios naturales. Si es a Corto Plazo, se le asigna el valor (1), si es Medio Plazo (2), y si es Irreversible le asignamos el valor (4). Los intervalos de tiempo que comprenden estos periodos son el mismo que asignamos en el parámetro anterior.



Sinergia (SI): Se refiere al reforzamiento de los efectos por otras acciones. Cuando una acción actuando sobre un factor, no es sinérgica con otras acciones que actúan sobre el mismo factor, al atributo se asigna el valor de (1), si presenta un sinergismo moderado, se asigna el valor de (2), y si es altamente sinérgico (4).

Acumulación (AC): Se refiere al efecto que se incrementa progresivamente cuando persiste de forma continua la acción que lo genera. Cuando una acción no produce efectos acumulativos al atributo se le asigna un valor de (1). Si el efecto producido es acumulativo se valora como (4).

Efecto (EF): Este atributo se refiere a la relación causa-efecto, es decir la forma de manifestación del efecto sobre un factor, consecuencia de una acción. El efecto puede ser directo o indirecto. Se asigna el valor de (1) si este efecto es indirecto (secundario) y (4) cuando es directo (primario).

Periodicidad (PR): Se refiere a la regularidad de la manifestación del efecto, bien sea de manera cíclica, de forma impredecible, o constante en el tiempo. Asignando al atributo los siguientes valores: (1) discontinuo irregular o aperiódico; periódico (2) y a los efectos continuos (4).

Recuperabilidad (MC): Se refiere a la posibilidad de reconstrucción mediante medio humanos. Los valores asignados son los siguientes: si el efecto es totalmente recuperable de manera inmediata se le asigna un valor de (1), si es recuperable a mediano plazo (2), si el efecto es mitigable el valor asignado es (4), cuando el efecto es irrecuperable se asigna el valor de (8).

Importancia del Impacto: La importancia del efecto de una acción sobre un factor ambiental no debe confundirse con la importancia del factor ambiental afectado. Viene representada por un número que se deduce mediante un modelo propuesto en la tabla 20, en función del valor



asignado a los símbolos considerados. La Importancia del impacto toma valores entre 13 y 100.

$$\text{Importancia: } \pm [3I + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + PC]$$

Tabla 20.- Importancia del Impacto.

NATURALEZA		INTENSIDAD (I) (Grado de destrucción)	
- Impacto beneficioso	+	- Baja	1
- Impacto perjudicial	-	- Media	2
		- Alta	4
		- Muy alta	8
		- Total	12
EXTENSIÓN (EX) (Área de influencia)		MOMENTO (MO) (Plazo de manifestación)	
- Puntual	1	- Largo plazo	1
- Parcial	2	- medio plazo	2
- Extenso	4	- Inmediato	4
- Total	8	- Crítico	(+4)
- Crítica	(+4)		
PERSISTENCIA (PE) (Permanencia del efecto)		(REVERSIBILIDAD (RV)	
- Fugaz	1	- Corto plazo	1
- Temporal	2	- Medio Plazo	2
- Permanente	4	- Irreversible	4
SINERGIA (SI) (Regularidad de la manifestación)		ACUMULACIÓN (AC) (Incremento progresivo)	
- Sin sinergismo (simple)	1	- Simple	- 1
- Sinérgico	2	- Acumulativo	- 4
- Muy sinérgico	4		
EFECTO(EF) (Relación causa-efecto)		PERIODICIDAD (PR) (Regularidad de la manifestación)	
- Indirecto (secundario)	1	- Irregular o a periódico y discontinuo	1
- Directo	4	- Periódico	2
		- Continuo	4
RECUPERABILIDAD (MC) (Reconstrucción por medios humanos)		IMPORTANCIA (I)	
- Recuperable de manera inmediata	1	$I = \pm [3I + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC]$	
- Recuperable a	2		



medio plazo	
- Mitigable	- 4
- Irrecuperable	- 8

Fuente: V.Conesa Fdz.- Vitora, 2007.

Para valorar la importancia de cada acción, se contrasta con la tabla 21 que relaciona el valor obtenido con los impactos:

Tabla 21.- Rango y Nivel de significancia de los Impactos

RANGO	TIPO Y/O SIGNIFICANCIA
< 25	Compatibles o irrelevantes (CO)
Entre 25 y 50	Moderados (MO)
Entre 50 y 75	Severos (S)
> 75	Críticos (CR)

Etapa de operación

Durante esta etapa, como se manifestó anteriormente, las actividades principales corresponden al almacenamiento de los relaves, manejo de drenajes, efluentes y recirculación de los mismos.

De acuerdo al análisis cuyos resultados se consignan en la Matriz de Impactos – Etapa de Operación (tabla 22), los impactos ambientales negativos más significativos que se producen por la operación del proyecto, se presentan sobre los siguientes factores:



TABLA 22 MATRIZ DE IMPACTO-FASE OPERACIÓN

COMPONENTES AMBIENTALES		OPERACIÓN																																		
		HABILITACIÓN Y MANTENIMIENTO DE ACCESOS							SUMINISTRO DE INSUMOS Y MANO DE OBRA							MANTENIMIENTO Y SERVICIOS						OPERACIÓN CONTINUA														
MEDIO	FACTOR	INTENSIDAD	EXTENSION	MOMENTO	A	AD	SINERGIA	N	EFFECTO	PERIOCIDAD	IDAD	IMPORTANCIA	INTENSIDAD	EXTENSION	MOMENTO	A	AD	SINERGIA	N	EFFECTO	PERIOCIDAD	IDAD	IMPORTANCIA	INTENSIDAD	EXTENSION	MOMENTO	A	AD	SINERGIA	N	EFFECTO	PERIOCIDAD	IDAD	IMPORTANCIA		
FÍSICO	1.- AIRE																																			
	1.1 Ruido	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	1.2 Gases																																			
	1.3 Polvo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	2.-AGUA																																			
	2.1 Superficial																																			
	2.2																																			



COMPONENTES AMBIENTALES		OPERACIÓN																																	
		HABILITACIÓN Y MANTENIMIENTO DE ACCESOS					SUMINISTRO DE INSUMOS Y MANO DE OBRA					MANTENIMIENTO Y SERVICIOS					OPERACIÓN CONTINUA																		
MEDIO	FACTOR	INTENSIDAD	EXTENSION	MOMENTO	A	AD	SINERGIA	N	EFFECTO	PERIODICIDAD	IDAD	IMPORTANCIA	INTENSIDAD	EXTENSION	MOMENTO	A	AD	SINERGIA	N	EFFECTO	PERIODICIDAD	IDAD	IMPORTANCIA	INTENSIDAD	EXTENSION	MOMENTO	A	AD	SINERGIA	N	EFFECTO	PERIODICIDAD	IDAD	IMPORTANCIA	
BIÓTICO	4.- FLORA																																		0
	4.1 Diversidad	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	1	-	-	-	-	-	-	-	5
	4.2 Regeneración Natural	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	1	-	-	-	-	-	-	-	5
	5.- FAUNA																																		
	5.1 Migración																																		
PCION PAISAJ	6.- CARACTERIZACIÓN																																		



UNIVERSIDAD DE CUENCA

La calidad del aire se ve afectada durante el transporte de maquinarias o personal para el mantenimiento y operación de las instalaciones que, debido a la circulación de vehículos, genera un incremento de material particulado en el aire disminuyendo la calidad del mismo. De igual manera, existe el riesgo de secamiento de la capa superior de los relaves y arrastre de las partículas por el viento hacia las zonas vecinas. Sin embargo, este impacto se considera compatible ya que en todo momento existe agua sobre la superficie de los depósitos.

La calidad del suelo, al igual que la cobertura vegetal, se ha alterado y permanecerá durante la vida útil del proyecto. Los impactos sobre estos factores van de compatibles a severos. Se requieren actividades de mitigación y rehabilitación.

La calidad del agua se podría ver afectada por la descarga de efluentes líquidos al cauce del río, producto de las actividades de mantenimiento de maquinarias y limpieza o de potenciales infiltraciones, derrames de efluentes cianurados, falta de mantenimiento de drenajes, malas condiciones de ductos. Sin embargo, estos impactos pueden ser prevenidos o mitigados mediante prácticas adecuadas y un mantenimiento cuidadoso del sistema de manejo de drenajes y efluentes.

La Modificación del paisaje natural es generada por el emplazamiento físico del proyecto, que modifica el relieve natural de la zona. Las principales modificaciones del paisaje se generarían a través de la presencia de la infraestructura, equipos y maquinarias utilizadas en la planta de beneficio. La medida para minimizar este impacto, es la ocupación del espacio estrictamente necesario, para evitar aumentar la magnitud del impacto.

La salud y seguridad de los trabajadores y de la población podría ser afectada debido a la operación del depósito de relaves donde se puede



UNIVERSIDAD DE CUENCA

generar algún tipo de accidente. Estos impactos son prevenidos y/o mitigados por la implementación y cumplimiento de las normas de salud y seguridad ocupacional; capacitación a través de cursos, talleres de medio ambiente, seguridad y salud ocupacional.

En la matriz de Importancia tabla 23, se presenta el análisis de la sumatoria de los valores ponderados de las matrices causa-efecto para las etapas de operación y cierre.



Tabla 23.- Matriz de Importancia-Clasificación

COMPONENTES AMBIENTALES		OPERACIÓN						CIERRE DE OPERACIONES									
		MANTENIM CLASIFICA CIÓN	INSUMOS Y CLASIFICA CIÓN	IENTO Y CLASIFICA CIÓN	N CLASIFICA CIÓN	INSUMOS Y CLASIFICA CIÓN	IENTO Y CLASIFICA CIÓN	INFRAEST RUCTURA CLASIFICA CIÓN	CIÓN DE CLASIFICA CIÓN								
MEDI O	FACTOR																
FÍSICO	1.- AIRE																
	1.1 Ruido	1 7	C O	1 7	C O			2 8	M	1 7	C O	1 7	C O	1 7	C O		
	1.2 Gases							2 8	M	1 7	C O	1 7	C O	1 7	C O		
	1.3 Polvo	1 7	C O							1 7	C O	1 7	C O	1 7	C O		
	2.-AGUA																
	2.1 Superficial					1 7	C O	5 3	S			1 7	C O	1 7	C O	1 7	
	2.2 Turbidez					1 7	C O	5 3	S			1 7	C O	1 7	C O	1 7	
	2.3 Subterránea					1 7	C O	5 7	S			1 7	C O	1 7	C O	1 7	
	2.3 Calidad Físico-Química					1 7	C O	5 7	S			1 7	C O	1 7	C O	1 7	
	3.- SUELO																
	3.1 Compactación	1 7	C O			1 7	C O	5 6	S			1 7	C O	3 5	M	3 5	M
	3.2 Erosión	1 7	C O			1 7	C O	5 6	S			1 7	C O	3 5	M	3 5	M
	3.3 Cambio del uso del suelo					1 7	C O	6 0	S			1 7	C O	3 5	M	3 5	M
BIÓTICO	4.- FLORA																
	4.1 Diversidad	2 2	M					5 3	S					3 5	M	3 5	M

AUTOR:
Ing. Guadalupe Herdoíza



UNIVERSIDAD DE CUENCA

La generación de empleo representa un impacto positivo en la Planta de Beneficio, pese a que los puestos de trabajo son limitados en número.

Etapa de cierre

La etapa de cierre comprende actividades similares a las realizadas en la etapa de operación, sin embargo en ésta principalmente se procede al desmontaje de los equipos electromecánicos y a la demolición de la infraestructura civil, para proceder a la rehabilitación del área disturbada y el encapsulamiento del depósito de relaves de tal manera de procurar retornar la zona a un estado con características similares a las iniciales. En la tabla 24 se muestra la matriz de impactos para la etapa de cierre.



TABLA 24.- MATRIZ DE IMPACTO-FASE CIERRE

COMPONENTES AMBIENTALES		CIERRE DE OPERACIONES																																	
		SUMINISTRO DE INSUMOS Y MANO DE OBRA								MANTENIMIENTO Y SERVICIOS								RETIRO DE INFRAESTRUCTURA Y EQUIPOS								REHABILITACION AMBIENTAL									
MEDIO	FACTOR	INTENSIDAD	EXTENSION	MOMENTO	CIA	DAD	SINERGIA	ON	EFECTO	PERIODICIDAD	ILIDAD	IA	INTENSIDAD	EXTENSION	MOMENTO	CIA	DAD	SINERGIA	ON	EFECTO	PERIODICIDAD	ILIDAD	IA	INTENSIDAD	EXTENSION	MOMENTO	CIA	DAD	SINERGIA	ON	EFECTO	PERIODICIDAD	ILIDAD	IA	
FÍSICO	1.- AIRE																																		
	1.1 Ruido	1	1	4	2	1	1	1	1	1	1	1																							
	1.2 Gases	1	1	4	2	1	1	1	1	1	1	1																							
	1.3 Polvo	1	1	4	2	1	1	1	1	1	1	1																							
	2.-AGUA																																		
	2.1 Superficial												1	1	4	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4	2	1	1	1	1	1	1	1



Del análisis de la matriz los impactos generados serán principalmente sobre el ambiente físico, en especial sobre el suelo y la calidad del aire, debido a que las operaciones de perfilado y rehabilitación implican movimiento de finos que producirían un incremento de material particulado, así como un aumento temporal en los niveles de ruido.

Durante la etapa de cierre, *la calidad del agua* se podría ver afectada por la deposición accidental de sedimentos en el cauce del río, debido a las actividades de retiro y/o desmontaje de infraestructuras y a una posible contaminación por la utilización del agua de río en la limpieza de maquinarias y herramientas.

Por otro lado *el ambiente biológico* podría verse afectado por el ruido producido por las maquinarias y equipos utilizados en el retiro de la infraestructura, lo que podría ahuyentar la fauna que circunda el lugar.

Finalmente la *salud y seguridad* siempre son susceptibles a ser afectadas ya que cualquier actividad de desmontaje y demolición de estructuras y equipos pone en riesgo la seguridad del personal de obra o habitantes de las zonas vecinas.

A pesar de lo explicado, todos estos impactos se consideran potenciales y mitigables si es que se toman las medidas de prevención adecuadas.

Impactos positivos

En esta etapa los impactos positivos son mayores debido a que el objetivo es la rehabilitación de la zona de emplazamiento de las instalaciones, actividad que beneficiará en un mediano a largo plazo la calidad de los suelos y la disponibilidad de terrenos previamente ocupados, así como la cobertura



vegetal y las especies de fauna que hubieran migrado a causa de las anteriores etapas.

Otro impacto positivo se verá reflejado en el ingreso de los obreros que sean temporalmente contratados, dado que se requerirá de una buena cantidad de mano de obra no calificada para la mencionada rehabilitación de la zona ocupada.

5.1.2.2 Medidas de Prevención y/o Mitigación

De acuerdo al Diagnóstico Ambiental efectuado, para la planta PROHEMACH, en cuanto se refiere al manejo de relaves y los impactos ambientales generados, se propone un conjunto de medidas de prevención y/o mitigación, las mismas que se resumen en la tabla 25.



TABLA 25.- Medidas de prevención y/o mitigación

IMPACTOS AMBIENTALES		ACTIVIDAD CAUSANTE	MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y/O MITIGACIÓN	ÁREA DE APLICACIÓN	MEDIOS DE VERIFICACIÓN
MEDIO FÍSICO	AIRE	La calidad del aire puede verse afectada por la emisión de gases y material particulado Transporte de las arenas hacia la planta. Polución por acción del viento en la relavera.	Control de las emisiones de polvo en el transporte de las arenas a la planta. Mantenimiento periódico de la vegetación en las áreas circundantes al depósito de relaves	Planta de beneficio, piscina de relaves e instalaciones auxiliares. Áreas circundantes	Informes, reportes y planes de mantenimiento.



AGUA	Modificación de la calidad del agua por variación del flujo de aguas de escorrentía.	Acumulación de sedimentos y vegetación que obstruyen los canales de coronación, tránsito de vehículos y maquinaria.	Limpieza y mantenimiento de canales de coronación.	En las áreas de trabajo, depósito de relaves, y en general en todos los componentes de la Planta de Beneficio. Piscina de relaves. Cuerpos receptores de aguas residuales.	Informes, reportes y planes de mantenimiento. Registros fotográficos. Análisis físico-químico, actas.
			Mantenimiento en la Planta de beneficio, el sistema de canales de drenaje interno para recolección de derrames accidentales, conduciéndolos hacia el depósito de relaves.		
			Mantenimiento de pozo séptico para un adecuado manejo de residuos orgánicos.		
			Realizar una disposición final de residuos sólidos y de lubricantes en depósitos apropiados.		
			Monitoreo de calidad de Agua		



UNIVERSIDAD DE CUENCA

SUELO	Alteración de la calidad de las aguas subterráneas y modificación del flujo.	Manejo inadecuado de los sistemas de subdrenaje de las piscinas de relaves.	Monitoreo de la calidad el agua. Disposición adecuada de aceites usados, tras el mantenimiento de la maquinaria	Deposito de relaves.	Informes, reportes y planes de mantenimiento. Registros fotográficos. Análisis físico-químico, actas
	La calidad del suelo se alteraría en su composición Físico-química.	Derrames accidentales de lubricantes, reactivos químicos. Manejo inadecuado de la disposición de los relaves.	Cumplir con las normas de almacenamiento y manejo de combustibles y lubricantes. Establecer procedimientos para el manejo adecuado de combustibles, reactivos químicos (cianuro). Disposición de acuerdo a las normas vigentes	Planta de beneficio, deposito de relaves, otras instalaciones de la Planta. Relaveras	Informes, reportes y planes de mantenimiento. Registros fotográficos. Actas.



IMPACTOS AMBIENTALES		ACTIVIDAD CAUSANTE	MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y/O MITIGACIÓN	ÁREA DE APLICACIÓN	MEDIOS DE VERIFICACIÓN	
MEDIO BIOTICO	FLORA	Remoción de la cobertura vegetal	Limpieza y desbroce de las áreas circundantes a las piscinas de relaves.	Evitar el desbroce de áreas innecesarias y solo limitarse a las áreas de las relaveras. Crear conciencia en los trabajadores para la protección y conservación del ambiente mediante jornadas de capacitación.	Áreas de las piscinas de relaves. Otras instalaciones de la Planta Áreas circundantes a las relaveras	Informes, reportes y planes de mantenimiento. Registros fotográficos. Actas Registro sobre capacitación
	FAUNA	Migración y modificación del hábitat de las especies del lugar.	Ocupación de las áreas del depósito de relaves. Construcción de la Planta.	Cercar el área de las relaveras, para impedir el ingreso de animales. Colocar espantajos, para que las aves no se acerquen a las relaveras.	Área de relaveras. Áreas circundantes a la Planta.	Registro fotográfico de la implementación de la medida, ordenes de trabajo



UNIVERSIDAD DE CUENCA

MEDIO SOCIO-ECONÓMICO	SOCIAL	Modificación de costumbres y estilos de vida	Mayor presencia de personas en la zona donde se ubica la Planta, como producto de las actividades que se llevan a cabo.	En las áreas de trabajo disponer de rótulos con la señalización de peligro. Inculcar en los trabajadores el respeto a las costumbres de la zona. Adecuado comportamiento de los trabajadores en todo momento.	En todas las instalaciones de la Planta de beneficio. Comunidad es circundante a la Planta.	Registro de los talleres de capacitación. Registro fotográfico.
-----------------------	--------	--	---	---	---	---



UNIVERSIDAD DE CUENCA

SALUD Y SEGURIDAD	Afectación de la salud a los trabajadores y/o la población del área de influencia directa	Potenciales derrames y/o descargas no controladas de los efluentes del proceso de cianuración o relaves.	Entrenamiento y capacitación al personal involucrado con la manipulación y uso de sustancias químicas, y en procedimientos de contención de todo tipo de derrames. Los trabajadores deben utilizar de manera permanente los equipos de protección. Información y concienciación de los peligros de los procesos de la planta a los habitantes de las comunidades del área de influencia	En todas las áreas y actividades que contempla las etapas productivas de la Planta de Beneficio PROHEMA CH. Comunidad es circundante a la Planta.	Implementación del Sistema de Gestión Integral de residuos sólidos (relaves). Implementación del Manual de procedimientos. EPP, listado del personal que labora en la Planta Registro fotográfico. Registro de capacitación
ECONOMICO	Generación de empleo	Diferentes actividades relacionadas a la Planta: producción, mantenimiento, cierre, recuperación	Contratación de personal calificado, técnico y mano de obra no calificada	Comunidad es cercanas a la Planta	Registro de trabajadores, contratos de trabajo.



5.1.3 ANÁLISIS DEL CUMPLIMIENTO DE LA LEGISLACIÓN APLICABLE

A fin de establecer el cumplimiento de la legislación ambiental vigente, se ha considerado lo más relevante en cuanto se refiere al manejo de los residuos sólidos (relaves), así tenemos:

- Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la contaminación por desechos peligrosos.

Este reglamento forma parte del Libro VI (Título V) del TULSMA (2003), el cual regula las fases de gestión y los mecanismos de prevención y control de los desechos peligrosos, al tenor de los lineamientos y normas técnicas previstas en las leyes de Gestión Ambiental, de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental, en sus respectivos reglamentos, y en el Convenio de Basilea.

Las tablas números 26,27,28,29 y 30 se muestran el cumplimiento legal de la Planta de Beneficio.

Tabla No. 26 Análisis del Cumplimiento de la Legislación aplicable

CRITERIO CITADO EN :	CUMPLE
CAPITULO III FASES DE LA GESTIÓN DE DESECHOS PELIGROSOS Sección I DE LA GENERACIÓN	
Art. 160.- Todo generador de desechos peligrosos es el titular y responsable del manejo de los mismos hasta su disposición final, siendo su responsabilidad:	
1. Tomar medidas con el fin de minimizar al máximo la generación de desechos peligrosos.	SI



2. Almacenar los desechos en condiciones ambientalmente seguras, evitando su contacto con el agua y la mezcla entre aquellos que sean incompatibles.	SI
3. Disponer de instalaciones adecuadas para realizar el almacenamiento temporal de los desechos, con accesibilidad a los vehículos recolectores.	No es pertinente
4. Realizar la entrega de los desechos para su adecuado manejo, únicamente a las personas autorizadas para el efecto por el MA o por las autoridades seccionales que tengan la delegación respectiva.	No es pertinente
5. Inscribir su actividad y los desechos peligrosos que generan, ante la STPQP (Sistema de transporte de productos químicos) o de las autoridades seccionales que tengan la delegación respectiva, el cual remitirá la información necesaria al MA.	NO
6. Llevar en forma obligatoria un registro del origen, cantidades producidas, características y destino de los desechos peligrosos, cualquiera sea ésta, de los cuales realizará una declaración en forma anual ante la Autoridad Competente; esta declaración es única para cada generador e independiente del número de desechos y centros de producción. La declaración se identificará con un número exclusivo para cada generador. Esta declaración será juramentada y se lo realizará de acuerdo con el formulario correspondiente, el generador se responsabiliza de la exactitud de la información declarada, la cual estará sujeta a comprobación por parte de la Autoridad Competente.	NO
7. Identificar y caracterizar los desechos peligrosos generados, de acuerdo a la norma técnica correspondiente.	NO
8. Antes de entregar sus desechos peligrosos a un prestador de servicios, deberá demostrar ante la autoridad competente que no es posible aprovecharlos dentro de su instalación.	No es pertinente



Tabla 27.- Análisis del Cumplimiento de la Legislación aplicable

CRITERIO CITADO EN	CUMPLE
Sección II DEL MANEJO DE LOS DESECHOS PELIGROS Parágrafo 1 RECOLECCIÓN	
Art. 163.- Dentro de esta etapa de la gestión, los desechos peligrosos deberán ser envasados, almacenados y etiquetados, en forma tal que no afecte la salud de los trabajadores y al ambiente, siguiendo para el efecto las normas técnicas pertinentes establecidas por el Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN) o, en su defecto por el MA en aplicación de normas internacionales validadas para el país.	
Los envases empleados en el almacenamiento deberán ser utilizados únicamente para este fin y ser contruidos de un material resistente, tomando en cuenta las características de peligrosidad y de incompatibilidad de los desechos peligrosos con ciertos materiales.	NO
Art. 164.- Los lugares para el almacenamiento temporal deben cumplir con las siguientes condiciones mínimas:	
1. Ser lo suficientemente amplios para almacenar y manipular en forma segura los desechos y cumplir todo lo establecido en las normas INEN.	SI
2. El acceso a estos locales debe ser restringido únicamente para personal autorizado provisto de todos los implementos determinados en las normas de seguridad industrial y contar con la identificación correspondiente a su ingreso.	NO
3. Poseer equipo y personal adecuado para la prevención y control de emergencias.	NO
4. Las instalaciones no deberán permitir el contacto con agua.	NO
5. Señalización apropiada con letreros alusivos a su peligrosidad, en lugares y formas visibles.	SI



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Art. 165.- Todo envase durante el almacenamiento temporal de desechos peligrosos deberá llevar la identificación correspondiente de acuerdo a las normas establecidas por las Naciones Unidas. La identificación será con marcas de tipo indeleble, legible y de un material resistente a la intemperie.	SI
Los desechos peligrosos incompatibles no deberán ser almacenados en forma conjunta en un mismo recipiente ni en una misma área.	NO
Art. 166.- El generador deberá llevar un libro de registro de los movimientos de entrada y salida de desechos peligrosos en su área de almacenamiento temporal, en donde se harán constar la fecha de los movimientos, su origen, cantidad y destino.	NO
Art. 167.- El tiempo de almacenamiento va a estar en función de las características y tipo de desechos de acuerdo con la norma técnica correspondiente.	NO



Tabla 28.- Análisis del Cumplimiento de la Legislación aplicable

CRITERIO CITADO EN	CUMPLE
Sección V DE LA DISPOSICIÓN FINAL	
Art. 195.- Las características geológicas mínimas que deberá cumplir el estrato donde van a ser depositados los desechos peligrosos en forma permanente, son:	
1. El área del pozo de desecho debe ser geológicamente estable.	SI
2. La formación para eliminación o recepción de desechos debe tener una buena permeabilidad para aceptar el desecho y ser lo suficientemente grande para recibir desechos por un tiempo razonablemente prolongado.	SI
3. Debe existir estratos impermeables entre la formación de eliminación de desecho y la superficie o agua para consumo humano existente en el subsuelo. No deben existir fracturas verticales las cuales podrían provocar que el desecho entre en contacto con el agua del subsuelo.	SI
4. La formación debe estar aislada de los reservorios de petróleo y gas.	SI

Tabla 29.- Análisis del Cumplimiento de la Legislación aplicable

CRITERIO CITADO EN	CUMPLE
CAPITULO III DE LOS MECANISMOS DE PREVENCIÓN Y CONTROL Sección I PROHIBICIONES GENERALES	
Art. 196.- Se prohíbe el vertido de desechos peligrosos en sitios no determinados y autorizados por parte del MA o por las autoridades seccionales que tengan la delegación respectiva o que no cumplan con las normas técnicas y el tratamiento dispuesto en este instrumento.	NO
Igualmente, queda prohibido la mezcla de desechos peligrosos con no	NO



peligrosos para fines de dilusión.	
Art.197.- Las personas que manejen desechos peligrosos en cualquiera de sus etapas, deberán contar con un plan de contingencia en caso de accidentes, el cual deberá estar permanentemente actualizado y será aprobado por el MA o por las autoridades seccionales que tengan la delegación respectiva.	NO
Art. 198.- Quienes desarrollen o se apresten a ejecutar actividades que generen desechos peligrosos, deberán solicitar y obtener la licencia ambiental por parte del MA para continuar haciéndolas o para empezarlas, según el caso. La solicitud deberá ir acompañada de un estudio de impacto ambiental de dichas actividades.	SI
Art. 199.- El generador, recolector, transportador, reciclador, almacenador y quien realice tratamiento y disposición final de desechos peligrosos, deberá estar cubierto por una póliza de seguro que cubra accidentes y daños contra terceros.	NO
Sección II DEL REGISTRO DE LOS DESECHOS PELIGROSOS	
Art. 202.- La persona que maneje desechos peligrosos en cantidades que superen las establecidas en la norma técnica correspondiente, en cualquiera de sus fases, deberá registrarse y obtener la licencia ambiental otorgada por el MA o las autoridades seccionales que tengan la delegación respectiva.	NO
No obstante, quienes exporten desechos peligrosos, cualquiera sea la cantidad de los mismos, siempre deberán registrarse y obtener la licencia ambiental antes indicados.	No es pertinente
Previamente a la solicitud de registro y otorgamiento de la licencia, el MA está obligado a requerir al generador la información adicional o complementaria que sea necesaria.	NO
Art. 207.- Cada movimiento de desechos peligrosos desde su generación hasta su disposición final, deberá acompañarse de un manifiesto único sin el cual no se podrá realizar tal actividad.	



Es decir, tanto generador, almacenador, transportista, reciclador, como el que realiza el tratamiento y la disposición final, intervendrán en la formalización del documento de manifiesto, en el que cada uno de ellos es responsable por la función que realiza.	NO
Art. 208.- Los generadores, almacenadores, recicladores, transportadores, y las personas que realicen tratamiento y disposición final de los desechos peligrosos, se asegurarán que sus empleados encargados del manejo de los desechos peligrosos tengan el entrenamiento necesario y cuenten con el equipo apropiado, con el fin de garantizar su salud.	NO

Tabla 30.- Análisis del Cumplimiento de la Legislación aplicable

CRITERIO CITADO EN	CUMPLE
TITULO VI RÉGIMEN NACIONAL PARA LA GESTIÓN DE PRODUCTOS QUÍMICOS PELIGROSOS	
Art. 242.- De la inscripción de las personas que se dediquen en forma total o parcial a la gestión de productos químicos.- Toda persona natural o jurídica que desee importar, formular, fabricar, transportar, almacenar y comercializar productos químicos peligrosos, deberá inscribirse en la Secretaría Técnica del Comité Nacional, el cual reglamentará los requisitos para la inscripción correspondiente de acuerdo a valoraciones técnicas de seguridad que garanticen una gestión adecuada de estos productos.	NO
Las personas naturales o jurídicas señaladas en el presente artículo están obligadas a colaborar con el Comité Nacional para la verificación de la información proporcionada, la cual deberá ir acompañada de la firma del profesional Químico o Ingeniero Químico responsable que junto	NO



con la firma de la persona natural o jurídica correspondiente responderá en forma solidaria por cualquier alteración en sus informes.	
Art. 243.- De las normas técnicas a cumplirse.- Toda persona natural o jurídica que se dedique a la gestión total o parcial de productos químicos peligrosos, deberá ejecutar sus actividades específicas de acuerdo a las normas técnicas emitidas por el Comité Nacional y por el INEN, así como a las normas internacionales legalmente aceptadas.	NO
Art. 244.- De la protección del personal.- Toda persona natural o jurídica que se dedique a la gestión total o parcial de productos químicos peligrosos, deberá proporcionar a los trabajadores que entren en contacto con estos productos, el equipo de protección personal y colectiva necesario y suficiente para la labor a realizar, así como también la capacitación del uso seguro y eficiente de productos químicos peligrosos.	SI
Art. 245.- Del etiquetado.- Las etiquetas de los envases de productos químicos peligrosos deben contener la información indispensable para guiar claramente la seguridad personal y ambiental de su gestión, enmarcándose en las normas elaboradas por el INEN.	SI
Art. 246.- De las hojas de datos de seguridad.- Toda persona que importe, formule, fabrique, transporte, almacene y comercialice productos químicos peligrosos, deberá entregar a los usuarios junto con el producto, las respectivas hojas de datos de seguridad en idioma castellano, en las cuales deberá aparecer la información para su gestión segura incluyendo los riesgos y las medidas de mitigación en caso de accidentes. El formato unificado de las hojas de datos de seguridad será establecido por el Comité Nacional.	SI
Art. 247.- Del reenvase.- Los Productos Químicos Peligrosos pueden ser reenvasados por importadores y fabricantes debidamente inscritos, para lo cual deberán sujetarse a los requisitos técnicos correspondientes, de acuerdo con las características de peligrosidad y toxicidad de cada producto. Estos requisitos técnicos serán emitidos por	No es pertinente



el Comité Nacional. En ningún caso los envases que hayan contenido Productos Químicos Peligrosos pueden ser usados para envasar productos de uso y consumo humano y animal.	
Art. 248.- Del reciclaje.- Todos los usuarios de productos químicos peligrosos, especialmente del sector industrial, deberán utilizar técnicas ambientalmente adecuadas que promuevan el reciclaje de los desechos y por tanto disminuyan la contaminación. El Comité Nacional y la Secretaría Técnica buscarán información sobre las tecnologías en esta materia y promoverán su difusión y aplicación.	No es pertinente
Art. 249.- De la eliminación de desechos o remanentes.- Todas las personas que intervengan en cualesquiera de las fases de la gestión de productos químicos peligrosos, están obligadas a minimizar la producción de desechos o remanentes y a responsabilizarse por el manejo adecuado de éstos, de tal forma que no contaminen el ambiente. Los envases vacíos serán considerados como desechos y deberán ser manejados técnicamente. En caso probado de no existir mecanismos ambientalmente adecuados para la eliminación final de desechos o remanentes, éstos deberán ser devueltos a los proveedores y podrán ser reexportados de acuerdo con las normas internacionales aplicables.	NO

En la Planta de Beneficio PROHEMACH, luego del análisis del cumplimiento de las regulaciones ambientales con respecto a los residuos peligrosos, manejo de productos químicos y la gestión de los mismos, de conformidad con las tablas expuestas anteriormente se puede ver que existe un nivel bajo de cumplimiento, pues de los 35 aspectos revisados de la legislación correspondiente únicamente se cumple 37.14 %, es decir existe un 62.86% de incumplimientos. Por lo tanto es necesario establecer un sistema de gestión integral, que facilite el cabal cumplimiento de las regulaciones ambientales.

5.2 MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS (RELAVES) GENERADOS



Para el manejo de los residuos, es necesario aplicar una jerarquización en la que se considere la prevención y la reducción antes que su tratamiento y disposición final.

El manejo integral de los relaves generados en la Planta de Beneficio, debe ser eficiente a lo largo del ciclo de vida útil partiendo desde la selección del sitio y el diseño de la instalación, construcción, operación, retirada y cierre definitivo, etapas que se esquematizan en la figura 9.

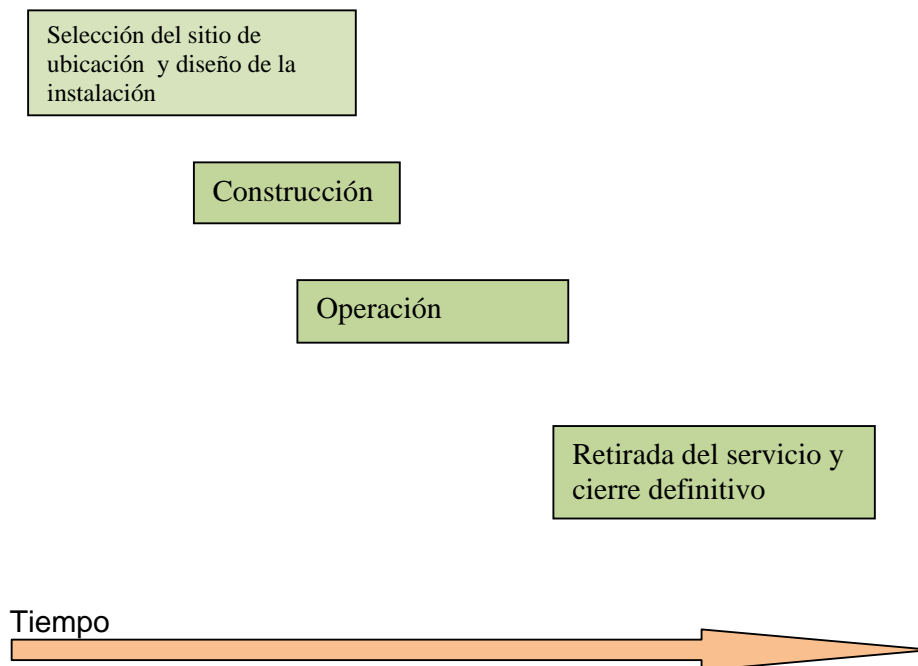


Figura 9.- Etapas en el ciclo de vida útil de una instalación de almacenamiento de residuos de la actividad minera.

La gestión integral de los relaves debe ser planificada técnica y ambientalmente antes del inicio de las operaciones mineras, considerando a la seguridad y al medio ambiente como los parámetros fundamentales para el diseño, manejo y monitoreo y cierre de las instalaciones de almacenamiento de los relaves. La forma como se han de disponer los relaves se planifica en los estudios de factibilidad, antes del inicio de cualquier operación minera.



Es importante mencionar que después del cierre de la mina, las instalaciones de los relaves deben ser monitoreadas de manera constante, para minimizar posibles riesgos de contaminación, realizándose los trabajos necesarios para asegurar su seguridad física y ambiental a través del tiempo.

5.2.1 GESTIÓN DE RELAVES

Muchos problemas ambientales en la actividad minera actualmente están asociados con el manejo de los relaves, por la contaminación potencial del agua superficial y subterránea principalmente. Las nuevas tecnologías para la destrucción del cianuro y el uso de recubrimientos sintéticos, han sido importantes avances que permiten reducir la infiltración hacia dichas fuentes de agua.

Es importante tomar en cuenta que el objetivo del manejo de los relaves, es almacenarlos de forma indefinida de una manera físicamente estable y ambientalmente adecuada. La estabilidad física y la seguridad ambiental se mantendrán durante todo el tiempo de vida de la mina y después del cierre.

En el manejo de la seguridad y la protección ambiental, debe haber una coordinación de esfuerzos, entre el gerente de la planta, el personal que labora en la misma y las autoridades ambientales y mineras.

En la figura 10, se presenta el flujograma del manejo de los residuos sólidos (relaves) de la Planta, los mismos que son considerados peligrosos, puesto que provienen de un proceso de lixiviación con cianuro, el cual nos permite demostrar que no es posible el tratamiento, uso, o procesamiento de los relaves, siendo la opción principal el confinamiento de los mismos.

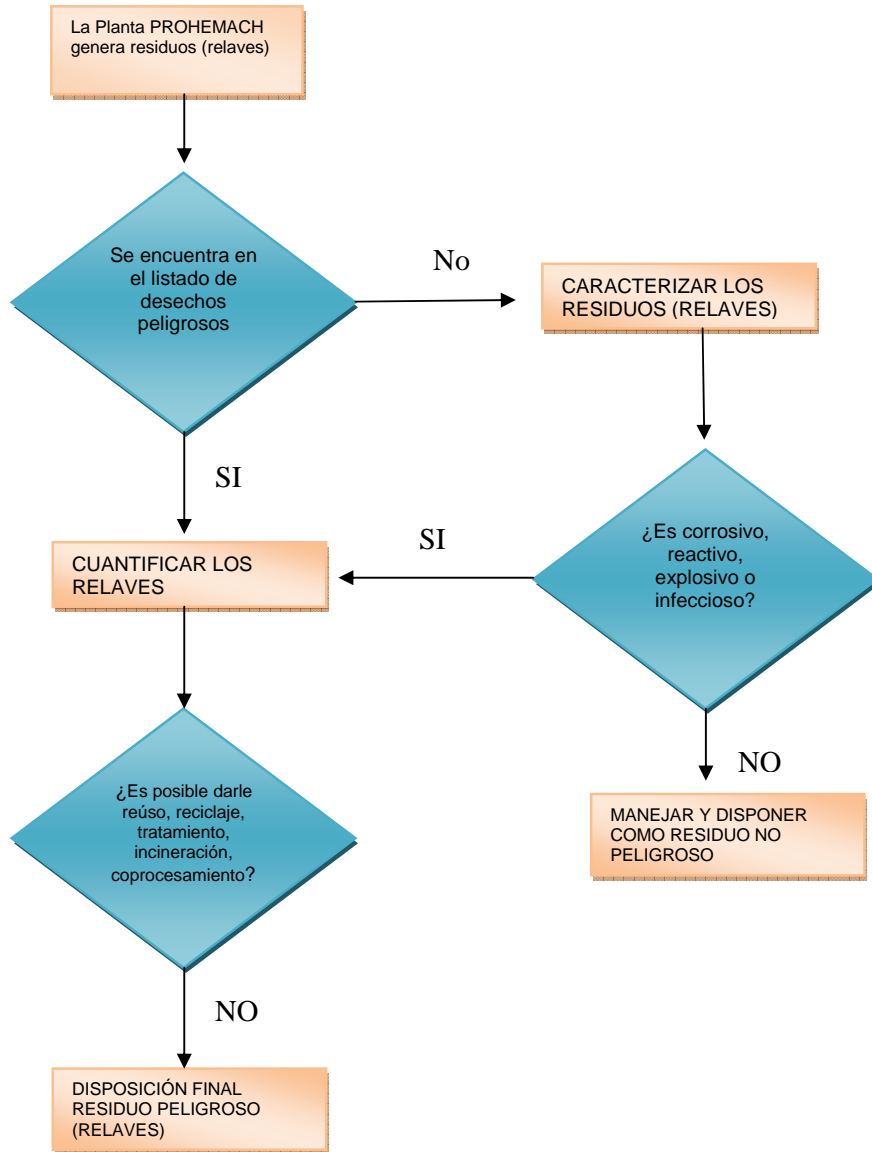


Figura 10.- Flujograma para el manejo de los relaves de la planta PROHEMACH.

De acuerdo al flujograma presentado, la opción de gestión de los relaves es la encaminada a la disposición final, pues no es posible darle reúso, reciclaje, tratamiento o incineración. Es por ello que el manejo de los relaves y sobre



todo su operación, radica en el confinamiento de los relaves en una estructura estable.

Existen varias alternativas de disposición de los relaves, pero el método más difundido, es la disposición en cuencas formadas por represas de desechos. Las represas son generalmente construidas en valles y pueden ser de dos tipos principales: de tierra y de relleno hidráulico. Las represas de tierra se construyen con material de préstamo, eventualmente con el estéril de la mina, mientras que las de relleno hidráulico son hechas con los mismos desechos, siempre que ellos presenten condiciones adecuadas para esto. En el anexo 2 se hace constar de manera detallada los métodos constructivos de los depósitos de relaves, para la operación y control de los mismos.

Desde el punto de vista de ingeniería, la mayor deficiencia en la construcción de estas represas (o presas), es que no toman en cuenta eventos extremos (inundaciones, terremotos), ni durante su diseño ni durante el desarrollo del depósito, por tanto las mismas son sísmicamente vulnerables.

En el caso de la Planta de Beneficio PROHEMACH, considerando la significativa cantidad de relaves que se genera anualmente (10.000 t) es necesario establecer un marco de gestión integral, razón por la cual se ha propuesto la siguiente metodología, la misma que está en función de las tres normas ISO 9001, ISO 14001 y OHSAS 18001. Se incorporan además algunas herramientas como producción más limpia, como se ilustra en la figura 11.

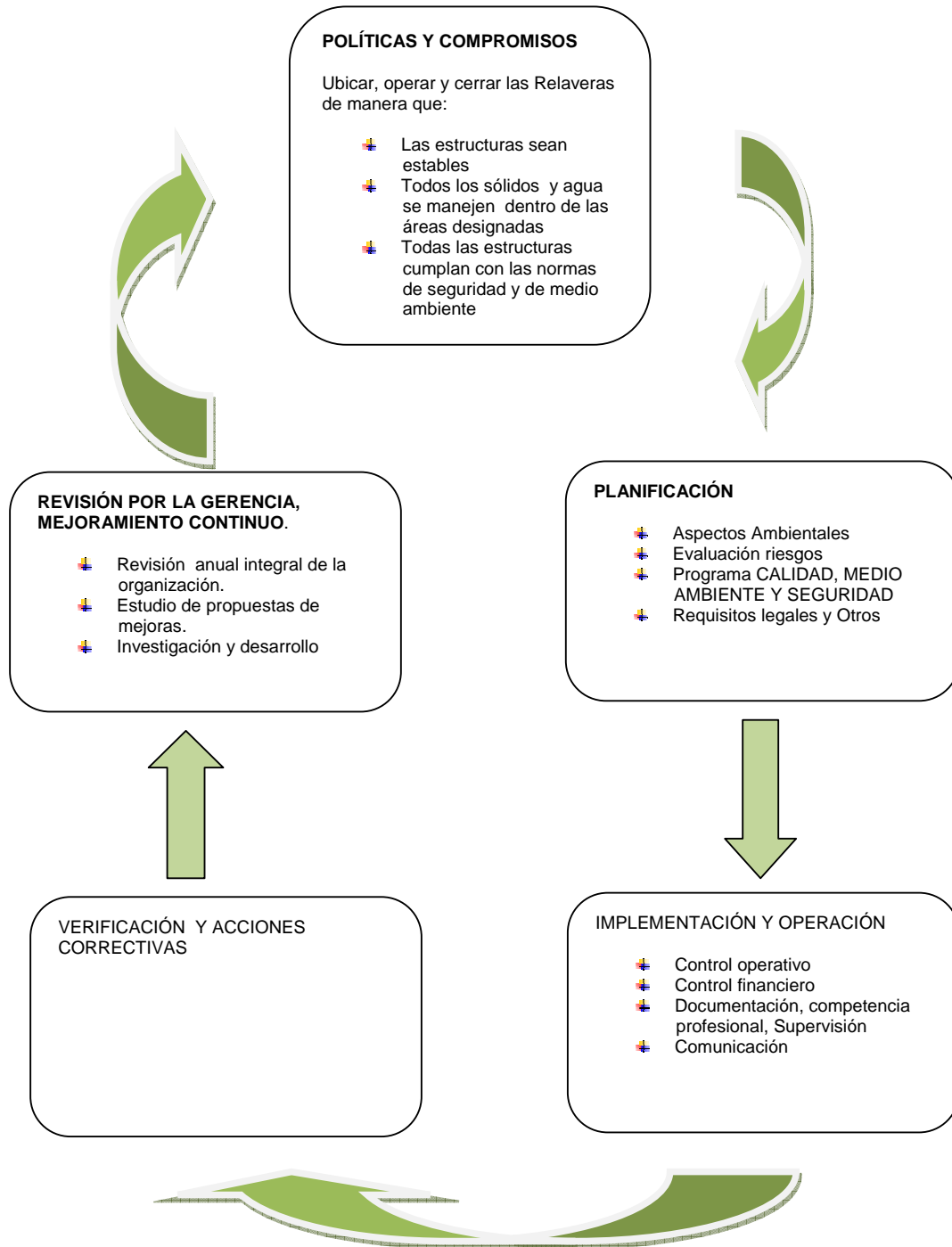


Figura 11.- Elementos del Sistema de gestión Integral del manejo de relaves



La gestión integral de los relaves, permitirá entonces una cuidadosa distribución y equilibrio de los relaves almacenados y de los efluentes cianurados, para que no existan rebalses incontrolables, fugas, filtraciones. Es decir el diseño, construcción, operación y cierre permitirá un adecuado tiempo de retención y condiciones de reposo necesarios.

5.2.1.1 Políticas y compromisos

La directiva de la Planta de Beneficio PROHEMACH, está comprometida con el mejoramiento continuo de su gestión, para implementar acciones dirigidas a disminuir y controlar los riesgos a la seguridad y salud ocupacional de los trabajadores y pobladores del área de influencia, así también en la protección del medio ambiente y los recursos naturales, cumpliendo para ello con la legislación ambiental vigente.

5.2.1.2 Planificación

Funciones y responsabilidades

Establecer un equipo de trabajo, con responsabilidades y autoridad claramente definidas para los trabajos que se realicen a lo largo de todas las etapas en el ciclo de vida de las instalaciones de los relaves.

Objetivos

- ✚ Planificar buscando que el manejo de los relaves esté conforme al marco de trabajo establecido, normas y reglamentos legales minero –ambientales y sólidas prácticas de ingeniería.
- ✚ Identificar y evaluar los aspectos ambientales, de seguridad y sus riesgos asociados. Incluyendo en los mismos:



- ✓ Aspectos y medidas de desempeño
- ✓ Permisos y aprobaciones
- ✓ Funciones y responsabilidades del personal clave
- ✓ Criterios de diseño medio ambiental, de seguridad y de ingeniería.
- ✓ Procedimiento de comunicación.
- ✓ Diseñar las instalaciones de relaves para su eventual cierre definitivo protegiendo la salud y seguridad de los trabajadores y población del área circundante, mitigando los impactos ambientales negativos y cumpliendo con la normativa ambiental para un uso aceptable posterior al cierre definitivo.

Evaluación de riesgos

De forma permanente llevar a cabo evaluaciones de riesgos, en las que se identifique y evalúe posibles fallos buscando:

- ✓ Minimizar la posibilidad de impactos adversos a la seguridad o al medio ambiente.
- ✓ Detectar y responder en forma rápida a los riesgos potenciales; y
- ✓ Establecer planes de contingencia y de preparación de emergencias.

Manejo de cambios

- ✓ Preparar y documentar procedimientos para manejar los cambios hechos a los diseños y planes aprobados.

Recursos y programación

- ✓ Proporcionar los recursos y programas esenciales para una efectiva y eficaz ejecución del manejo integral de los relaves, incluyendo personal especializado, tecnología y recursos financieros.



5.2.1.3 Implementación y Operación

Control Operativo

- ✓ En la selección del sitio de ubicación de las Relaveras, su diseño, construcción, operación y cierre definitivo debe estar conforme a los diseños de ingeniería, así como a los estudios y planes de manejo ambiental aprobados por la Empresa.
- ✓ Identificar y evaluar el impacto y documentar los cambios realizados a diseños y planes aprobados.
- ✓ Adquirir todos los permisos y aprobaciones requeridos.

Control financiero

- ✓ La Empresa adoptará un sistema de control financiero a fin de controlar los costos de capital y costos operativos para cumplir con los objetivos de la gestión integral del manejo de relaves.

Documentación

- ✚ En el manejo integral de los relaves en la Planta PROHEMACH, se debe contar con documentación que permita un manejo integral de los mismos, para lo cual se debe:
 - ✓ Preparar, mantener, revisar periódicamente y modificar los documentos requeridos, incluyendo los planos de las instalaciones.
 - ✓ Documentar comunicaciones internas y externas de los aspectos ambientales y de seguridad, relacionadas con el manejo de los relaves.



También se incluirá la siguiente información documental:

- ✓ Manual de Gestión de residuos (relaves). En el que se consideren procedimientos que permitan una eficaz gestión integral para el manejo de los residuos sólidos (relaves). Además se podrá identificar vacíos y/o deficiencias en la gestión de los mismos. Por otro lado asegurar un mejoramiento continuo.
- ✓ Acción gerencial- Acciones pertinentes que requieren atención de la gerencia confirmando y/o adaptando.
- ✓ Responsabilidad- Asignando responsabilidad y autoridad para las acciones administrativas dentro de la Empresa.
- ✓ Medición de la actuación. Determinando las medidas de rendimiento pertinentes, cuantificadas en cuanto sea posible, para asegurar que se fijen, se sigan y se cumplan los objetivos.
- ✓ Identificación de los requisitos de programación.
- ✓ Referencia a las condiciones técnicas indicadas. Como base para determinar los requisitos y responsabilidades y medidas de rendimiento, y
- ✓ Añadir referencias y/o información técnica, administrativa y reglamentaria adicional como: políticas medio ambientales, requisitos reglamentarios, permisos, compromisos entre otras.



Competencia profesional

- ✓ Contar con personal cualificado para la gestión integral de los relaves. Por tanto se debe proporcionar capacitación apropiada a todo el personal, e incluso incluyendo a los proveedores cuyo trabajo pueda afectar de forma significativa en la gestión de los residuos.

Supervisión

- ✓ Poner en práctica los procedimientos para inspeccionar, supervisar, registrar, evaluar e informar de forma regular las características claves de las instalaciones de los relaves, incluir la verificación de la actuación, controles operativos y conformidad con las metas y objetivos.

Comunicación

- ✓ Establecer y mantener procedimientos a fin de que todo el personal que labora en la Planta, con funciones y responsabilidades específicas, conozcan e informen sobre el manejo de los relaves, datos y decisiones significativas, tanto al grupo directivo como a los grupos participantes externos.

5.2.1.4 Verificación y acciones correctivas

Comprobación

Además de las supervisiones e inspecciones de rutina, y de las auditorías internas y/o externas anuales, es necesario:

- ✓ Examinar nuevamente los planes y programas de diseño, construcción y operación del sitio de almacenamiento de los relaves.



- ✓ Monitorear los riesgos aguas abajo de las Relaveras (pueden cambiar durante su vida útil).
- ✓ Actualizar las consideraciones de posibles fallos en el manejo de los relaves, evaluación de riesgos.
- ✓ Identificar los elementos que requieran acción correctiva.
- ✓ Comunicar inmediatamente los resultados de las inspecciones y revisiones a los directivos.

Acción correctiva

- ✓ Una vez que se han identificado durante las inspecciones, revisiones y/o auditorías, se desarrollará e implementará planes de acción, las cuales deben ser registrados luego de ejecutarlas.

5.2.1.5 Revisión por la gerencia para un mejoramiento continuo

Se llevara a cabo una revisión anual por parte de los directivos acerca de la idoneidad de las políticas, objetivos y desempeño de la gestión integral en el manejo de los relaves en la Planta PROHEMACH.

Alentar una constante investigación sobre el medio ambiente y seguridad para aplicarla al programa de mejoras continuas.

5.3 MANUAL DE PROCEDIMIENTOS

Uno de los propósitos fundamentales de la estrategia del manejo integral de los residuos (relaves), es la revisión y constante actualización de los sistemas, estructuras y procedimientos de trabajo, lo cual permite mejor coordinación, evaluación y consulta en el desarrollo cotidiano de las actividades.



El manual de procedimientos considerará el manejo de conceptos y elementos, convirtiéndose en una herramienta técnica, que permita optimizar la gestión integral de los relaves en la Planta de Beneficio PROHEMACH. Este manual incluye la estructura organizativa, las responsabilidades y procedimientos de manera consistente con el objetivo de una mejora continua. Se ha asociado la gestión de calidad, gestión de la salud, la seguridad y la gestión medio ambiental. Se ha tenido en cuenta por tanto la integración de las normas ISO 9001, ISO 14001 y las OSHAS 18001.

Una vez que el Manual de Procedimientos sea revisado, se podrá difundir entre los funcionarios y empleados responsables de su aplicación. Este manual detallado se lo encuentra en el Tomo II de esta Tesis.

5.4 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES Y PRESUPUESTO REFERENCIAL

Para la implementación del Sistema de Gestión Integral de residuos (relaves) sólidos en la Planta PROHEMACH, se propone un presupuesto referencial y cronograma de ejecución (tabla 31) en el cual se contempla actividades ambientales, de seguridad y salud ocupacional. Este presupuesto es anual. Las actividades propuestas pueden ser modificadas o ampliadas luego de la realización de la auditoría anual de cumplimiento que dispone la Ley ambiental en vigencia.

La inversión estimada que realizará le empresa para ejecutar e implementar el Sistema de Gestión Integral para el manejo de relaves ha sido estimado en USD. \$ 9.490.



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Tabla 31.- Presupuesto referencial y Cronograma de actividades del Sistema la Gestión Integrada de residuos (relaves)

ACTIVIDADES PROPUESTAS	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (USD)	TOTAL ANUAL (USD)	CALENDARIO ANUAL											
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
CAPACITACIÓN																
Curso y/o taller manejo y manipulación del cianuro; primeros auxilios	Hora	4	75.00	300.00												
Curso y/o taller sobre medio ambiente, manejo de relaves	Hora	4	75.00	300.00												
Curso y /o taller sobre seguridad y salud ocupacional	Hora	4	75.00	300.00												
MANEJO DE RELAVES																
Control técnico de la estabilidad de las piscinas	mensual	12	30.00	360.00												
Levantamiento topográfico, colocación de puntos de control	hectárea	4	120.00	480.00												
Trazo y replanteo	trimestral	4	100.00	400.00												
Control y registro de limpieza de zanjas y tuberías	mensual	12	25.00	300.00												
Control y registro del mantenimiento de las piscinas de relaves	mensual	12	25.00	300.00												
Control de la calidad físico-químico de aguas (metales pesados, concentración de cianuro libre)	trimestral	4	600.00	2,400.00												

AUTOR:
Ing. Guadalupe Herdoíza



UNIVERSIDAD DE CUENCA

SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL																			
Implementación y aplicación del manual de procedimientos	mes	2	200.00	400.00															
Implementación del Plan de Contingencias	mes	1	350.00	350.00															
Dotación de implementos de seguridad personal	semestral	2	800.00	1,600.00															
AUDITORIA AMBIENTAL DE CUMPLIMIENTO	anual	1	2,000.00	2,000.00															
TOTAL				9,490.00															



UNIVERSIDAD DE CUENCA

El presupuesto referencial presentado, permitirá sin duda beneficios socio-ambientales en el área de influencia donde se encuentra emplazada la Planta PROHEMACH.

El presupuesto se basó en la necesidad de demostrar que las medidas ambientales, de salud y seguridad señaladas, contribuirán a compensar los impactos que se identificaron en los elementos ambientales.

Tal como se muestran en las tablas 22 y 24 (matrices de interacción) el medio ambiente físico es el más intervenido, pero a su vez se compensarán estos impactos al ponerse en ejecución las medidas de mitigación para minimizar o neutralizar los impactos adversos sobre los elementos específicos de los medios físicos, bióticos, socio económicos.



CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

- ✚ En la Planta de Beneficio PROHEMACH, uno de los efectos potencialmente peligrosos es el derrame de aguas cianuradas altamente tóxicas, razón por la cual es indispensable la Implementación de un Sistema de Gestión Integral, a fin de prevenir y reducir los impactos al ambiente, salud y seguridad ocupacional.
- ✚ Existe la urgente necesidad de proporcionar herramientas de gestión para optimizar el cumplimiento de la Normatividad legal vigente. Se espera que la implementación del Sistema de Gestión de Residuos Sólidos (relaves) en la planta PROHEMACH, el grado de cumplimiento alcance un 90%.
- ✚ En el manejo de los relaves de la planta de beneficio, no se han conseguido identificar oportunidades para su minimización o reciclaje, la opción de gestión es la disposición y/o almacenamiento adecuado.
- ✚ En la ejecución del presente trabajo, se determinó que la normativa legal ambiental vigente en cuanto se refiere a la actividad minera, es muy permisible, razón por la cual se ha recurrido a la consulta de normas internacionales y normas de vecinos países como Perú, Bolivia y Chile.
- ✚ La Gestión Integral de los Residuos Sólidos provenientes de procesos mineros, debe ser considerada desde la etapa de selección y diseño, construcción, operación y cierre de una planta de beneficio; es decir la



responsabilidad de salud, seguridad y ambiente corresponde a todo el ciclo de vida de los procesos mineros.

- ✚ De los análisis químicos realizados, no se ha podido establecer de manera clara la peligrosidad de los residuos (relaves) en cuanto se refiere a reactividad de los mismos. Es necesario que los laboratorios tengan un mayor conocimiento de los procesos mineros. El alto costo que estos representan es un limitante.

- ✚ El Sistema de Gestión Integral de Residuos Sólidos (Relaves) que se ha propuesto en esta investigación, es aplicable porque se ha encaminado a unificar los principios del Sistema de Gestión Ambiental y del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud Ocupacional, como un proceso integrado que busca la realización de acciones específicas, basadas en la definición de una Política Integrada, toma de decisiones en cuanto a la Planificación, Implementación, Verificación y la Revisión por parte de la Alta Dirección de la Empresa, cumpliéndose con los objetivos planteados.

- ✚ No se dispone de instrucciones de trabajo y procedimientos documentados en la planta, por lo tanto el manual de procedimientos elaborado, será una herramienta práctica, de fácil manejo que permitirá una administración adecuada de los relaves con el compromiso del cuidado del medio ambiente, seguridad y salud ocupacional. A medida que el Sistema propuesto se consolide, este tendrá que actualizarse y mejorarse continuamente.

6.2. RECOMENDACIONES

- ✚ Con vista a una mayor organización, dirección y control, la Empresa que mantiene el permiso de operación de la planta PROHEMACH, debe



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Implementar el Sistema de Gestión Integral de Residuos Sólidos (relaves), pues los procesos minero-metalúrgicos en la Planta PROHEMACH no están ejecutándose conforme a la Normativa Ambiental Minera y otras normas conexas vigentes.

- ✚ Realizar obras de ingeniería en las relaveras existentes en la planta, tomando en cuenta la captación más eficiente del agua lluvia, así como del agua contenida en los relaves.
- ✚ Realizar muestreos periódicos del agua contenida en los relaves a fin de determinar con certeza el contenido de cianuro libre y otros metales.
- ✚ Implementar el Manual de Procedimientos, como una herramienta de Gestión, que debe ser revisada y mejorada buscando siempre cuidar y proteger el medio ambiente, salud y seguridad ocupacional.
- ✚ Los Directivos de la Planta PROHEMACH, consideren el presupuesto referencial y cronograma de actividades planteado para implementar el Sistema de Gestión de Residuos (relaves).
- ✚ Los Directivos de la Planta PROHEMACH deberán realizar la documentación, implementación y mantenimiento de los Registros Ambientales, de Seguridad y Salud Ocupacional a fin de que se constituyan en punto de referencia del desempeño del Sistema de Gestión Integral de Residuos Sólidos(relaves); y en evidencia objetiva en la realización de las Auditorias de cumplimiento previstas en la Legislación Ambiental.



BIBLIOGRAFÍA

Adams, M. (1992). The Mechanism of adsorption on to Activated Carbon. Elsevier Science Publishers.

Bachiller, B.; Rendueles (2001). Reducción del impacto ambiental en el desarrollo de nuevos proyectos de minería de oro. España.

Barbour, S. (1990). Reduction of Acid Generation in Mine tailings Through the Use of Moisture-Retaining Cover layers. Londres.

Barbour, S. y Shaw, I. (2000). Ecotoxicological impacts of the extractive industries in the Environmental Polycy in Mining (A. Warhurst y L. Noronha, eds). Lewis Publishers, Londres, pp 57-80.

Blowes, D.W. (1994). Remediation and prevention of low-quality drainage from tailings impoundments in the Environmental Geochemistry of Sulfide Mine Wastes (D.W. Blowes y J.L. Jambor, eds). Mineralogical Association of Canada, Ontario, pp 364-379.

Barsky, G.; Swainson, S.J. y Easley, N. (1935). Disolution of gold and silver in cyanide solutions. Trans. Am. Inst. Min-Metal. Engrs.

Cañadas, C. (1983). Mapa Bioclimático y Ecológico del Ecuador, MAG-PRONAREG. Quito-Ecuador Banco Central.

Conesa Fernández; Vítora, V. (2007). Guía metodológica para la Evaluación de Impacto Ambiental. 3ª edición. Madrid.

De la Torre, E. (2000). Carbón activado la mejor alternativa para efluentes. Curso teórico práctico. Beneficio del oro y tratamiento de efluentes. EPN, Quito.



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Díaz, X., De la Torre, E. (2000). Notas del Módulo Procesamiento de Minerales y Metalurgia Extractiva, Curso para especialistas en Gestión de la Minería y el Medio Ambiente, EPN, Quito.

Habashi, F. (1980). Principles of Extractive Metallurgy; Gordon and Breach Science Publisher, New York.

Habashi, F. (1993). Kinetics and Mechanism of gold and silver dissolution in Cyanide Solutions. NRC RESEARCH Fellow, Department of Mines and Technical Surveys.

Herdoíza G. (2008). Auditoría Ambiental de la Planta de Beneficio Prohemach. Cuenca.

Hruschka, F. (1998). Proyecto GAMA. Una propuesta integral para la minería artesanal del Perú.

Hoffstetter, R. (1997) Lexico Estratigrafico del Ecuador. Quito.

Lizarraga, L. (2008). Afectación de una presa de jales de sulfuros masivos a la Hidrogeoquímica de los escurrimientos superficiales aledaños. Mexico

Logsdon, Mark J., Kagelstein, K. and Mudder, T. The Chemistry and treatment of Cyanidation Wates, august 1991.

Logsdon, Mark J., Kagelstein, K. and Mudder. T. (1994). El manejo del cianuro en la extracción del oro, pp 11-20.

Márquez Roegialli Fernando. Manejo Seguro de Residuos Peligrosos. Chile.1990



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Ministerio de Desarrollo Sostenible y Planificación (1996). Proyecto Piloto Depósito de Colas. Oruro. Bolivia.

Ministerio de Energía y Minas (2007). Guías sobre medio ambiente, salud y seguridad. Sector Minero .Perú.

Ministerio del Ambiente(2003). Legislación Ambiental Ecuatoriana. Texto Unificado. Libro VI. Título II. Políticas Nacionales de Residuos Sólidos. Título V. Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación de Desechos Peligrosos. Ecuador.

Ministerio de Recursos Naturales No Renovables (2009): Ley de Minería No. 517, del 29 de enero del 2009. Título IV, Capítulo II. De la preservación del Medio Ambiente. Ecuador.

Marsen, J. and House, I. (1992), The Chemistry of Gold Extraction, Ellis Ellis Horwood, New York.

Ministerio de Energía y Minas (2007). Guía ambiental para el manejo de relaves mineros. Perú.

Ministerio de Recursos Naturales no Renovables. (2009). Reglamento Ambiental para actividades mineras en la República del Ecuador. Capítulo VII: Artículos: 51, 58, 59, 63, 68, 69, 70 y 71. Ecuador.

Nesbitt, H.W. (1984). Equilibrium diagram displaying chemical speciation and mineral stabilities in aqueous solutions en Environmental Geochemistry (M.E. Fleet, ed.). Mineralogical Association of Canada, Ontario, pp 15-44.

Nicholson, R.V. (1994). Iron-sulfide oxidation mechanisms: laboratory studies en The Enviromental Geochemistry of Sulfide Mine Wastes. (D.W.Blowes y J.L Jambor, eds).Mineralogical Association of Canada, Ontario, pp163-183.



Niebeor, E y Sanford,W(1984). Essential, toxic and therapeutic function of metals en the Enviromental Geochemistry (M. Fleet, ed). Mineralogical Association of Canada, Ontario, pp. 149-168.

Oyarzún, J. (2000). Minería y contaminación del agua: ¿Cuando es necesario preocuparse? Chile.

Oyarzún, J. (2001). Algunos metales y metaloides con propiedades tóxicas o carcinogénicas: distribución natural y riesgos por contaminación en Chile. Revista Chilena de Salud Pública, Santiago, vol 5 (2-3) pp 96-101

PNUMA. Proyecto de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (2005) Evaluación Mundial sobre el mercurio.

Pueyo, J., Chang, G. y Vega, M. (1998). Mineralogía y evolución de las salmueras madres en el yacimiento de nitratos Pedro de Valdivia, Antofagasta, Chile. Revista Geológica de Chile, 25, 1, pp 3-15.

Ramirez, N.(2007). Guía técnica de operación y control de depósito de relaves. Chile.

Robertson, W.D. (1994). The physical hydrology of mill-tailings impoundments en Environmental Geochemistry of Sulfide Mine Wastes (D.W. Blowes y J.L. Jambor, eds). Mineralogical Association of Canada, Ontario, pp 1-17.

Robinsky, E. (1979). Tailings Disposal by the Thickened Discharge Method for Improved Economy and Environmental Control. Tailing Disposal Today, G. Argall(ed).MILLER Freeman, San Francisco.

Smtih,A and Mudder,T. (1991). The Chemistry and Treatment of Cyanidation Wastes. Alberta, Canada.



UNIVERSIDAD DE CUENCA

UCP PRODEMINCA (2000). Depósitos porfídicos y Epy-mesotermales con intrusiones de la Cordillera occidental y real. Evaluación de Distritos Mineros del Ecuador, Vol.4, Quito.

Vice Ministerio de Minas (2001). Guía Ambiental para el manejo de aguas en actividades minero- metalúrgicas. La Paz Bolivia.



UNIVERSIDAD DE CUENCA

ANEXOS



UNIVERSIDAD DE CUENCA

ANEXO 1

ANÁLISIS QUÍMICOS DE LABORATORIO



REPORTE DE ANÁLISIS

ENSAYOS
No. OME I.E. U. 05008

Cliente: CASILSA S.A
Ave. 25 de Junio 3-75 y Napoleon Mesa
Tel: 2322-754

Attn: Ing. Guadalupe Herdoíza
Proyecto: Análisis de suelos
Muestra recibida 25-sep-09
Tipo de muestra 2 Muestras de suelo
Análisis completado 13-oct-09
Número de reporte Grüntec: 0909159-S1-2

Rotulación de muestra	Muestra 1	Muestra 2 a un metro	UNIDADES
Fecha de muestreo	N/D	N/D	

Parámetros Generales			
Humedad	15.84	15.14	%

Granulometría			
<63 µm	12.2	13.5	%
63-90 µm	12.4	13.8	%
90-125 µm	22.2	21.5	%
125-250 µm	48.9	48.5	%
250-500 µm	3.8	2.6	%
500-1000 µm	0.2	0.1	%
1000-2000 µm	0.1	0.1	%
2000-4000 µm	0.1	0.0	%
>4000 µm	0.0	0.0	%
Suma	100.0	100.0	%

Ing. Santiago Cadena
Gerente de Operaciones

Nota: Estos análisis, opiniones y/o interpretaciones están basados en el material e información provistos por el cliente para quien se ha realizado este informe en forma exclusiva y confidencial.



ENSAYOS
No. OAE LE 2C 05-008

REPORTE DE ANÁLISIS

Cliente: CASILSA S.A.

Avda. 25 de Junio 3-75 y Napoleón Mera
Telf: 2939-794

Attn: Ing. Guadalupe Herdoiza

Proyecto: Análisis de suelos


Muestra recibida: 25-sep-09

Tipo de muestra: 2 Muestras de suelo

Análisis completado: 13-oct-09

Número de reporte Grúntec: 0909159-S1-2

Rotulación muestra	Muestra 1	Muestra 2 a un metro	Método adaptado de Referencia
Fecha de muestreo	N/D	N/D	
Metales: ^(1,3,4)			
Aluminio %	0.65	0.70	EPA 6020A
Antimonio mg/kg	24	17	EPA 6020A
Arsénico mg/kg	7200	5100	EPA 6020A
Bario mg/kg	1.8	1.4	EPA 6020A
Boro mg/kg	<20	<20	EPA 6020A
Cadmio mg/kg	1.4	1.4	EPA 6020A
Calcio %	2.8	2.8	EPA 6020A
Cromo mg/kg	29	30	EPA 6020A
Cobalto mg/kg	87	71	EPA 6020A
Cobre mg/kg	1300	1100	EPA 6020A
Hierro %	8.3	7.7	EPA 6020A
Magnesio %	0.92	1.1	EPA 6020A
Manganeso mg/kg	270	300	EPA 6020A
Mercurio mg/kg	1.0	0.9	EPA 6020A
Molibdeno mg/kg	0.71	0.59	EPA 6020A
Niquel mg/kg	33	30	EPA 6020A
Fósforo %	0.014	0.015	EPA 6020A
Potasio %	0.017	0.015	EPA 6020A
Selenio mg/kg	5.3	4.2	EPA 6020A
Plata mg/kg	6.5	2.5	EPA 6020A
Plomo mg/kg	7.8	6.2	EPA 6020A
Sodio %	<0.01	<0.01	EPA 6020A
Estroncio mg/kg	15	17	EPA 6020A
Azufre %	2.5	2.2	EPA 6020A


Ing. Santiago Cadena
Gerente de Operaciones

Nota: Estos análisis, opiniones y/o interpretaciones están basados en el material e información provistos por el cliente para quien se ha realizado este informe en forma exclusiva y confidencial.

Página 1 de 2



ENSAYOS
Nº. OAE LE 2C 05-008

REPORTE DE ANÁLISIS

Cliente: CASILSA S.A.

Avda. 25 de Junio 3-75 y Napoleón Mera
Telf: 2939-794

Attn: Ing. Guadalupe Herdoíza

Proyecto: Análisis de suelos

Muestra recibida: 25-sep-09

Tipo de muestra: 2 Muestras de suelo

Análisis completado: 13-oct-09

Número de reporte Grúntec: 0909159-S1-2

Rotulación muestra	Muestra 1	Muestra 2 a un metro	Método adaptado de Referencia
<i>Fecha de muestreo</i>	N/D	N/D	
Metales: continuación. ^(1,3,4)			
Talio mg/kg	<0.1	<0.1	EPA 6020A
Titanio %	0.033	0.029	EPA 6020A
Uranio mg/kg	<0.1	<0.1	EPA 6020A
Vanadio mg/kg	56	59	EPA 6020A
Zinc mg/kg	84	75	EPA 6020A

Acreditaciones y Registros

(1) Acreditación No. OAE LE 2C 05-008

(2) Acreditación CALA No. A3154

(3) Registro DINAPA No. 007-SPA-RLAH

(4) Registro DIMMA No. LEA-R-005

Ing. Santiago Cadena
Gerente de Operaciones

Nota 1: Estos análisis, opiniones y/o interpretaciones están basados en el material e información provistos por el cliente para quien se ha realizado este informe en forma exclusiva y confidencial.

Nota 2: La toma de muestras fue realizada directamente por el cliente.



ENSAYOS
No. OAE LE 2C 05-008

REPORTE DE ANÁLISIS

Cliente: CASILSA S.A

Avda. 25 de Junio 3-75 y Napoleón Mera
Telf: 2939-794

Attn: Ing. Guadalupe Herdoiza

Proyecto: Análisis de lixiviados

Muestra recibida: 25-sep-09

Tipo de muestra: 2 Muestras de sólido

Análisis completado: 13-oct-09

Número reporte Grüntec: 0909159-S1-2

Rotulación muestra	Muestra 1	Muestra 2 a un metro	Método adaptado de Referencia
Fecha muestreo	N/D	N/D	

Metales en el extracto PECT (EPA 1311): ^(1,3,4)

Metales totales: ^(1,3,4)			
Aluminio mg/L	<0.005	<0.005	EPA 6020A
Antimonio mg/L	0.012	0.014	EPA 6020A
Arsénico mg/L	0.036	0.021	EPA 6020A
Azufre mg/L*	25	31	EPA 6020A
Bario mg/L	0.02	0.03	EPA 6020A
Berilio mg/L	<0.002	<0.002	EPA 6020A
Boro mg/L	<0.25	<0.25	EPA 6020A
Cadmio mg/L	0.00027	0.00038	EPA 6020A
Calcio mg/L	726	750	EPA 6020A
Cobalto mg/L	0.033	0.04	EPA 6020A
Cobre mg/L	0.011	0.0066	EPA 6020A
Cromo mg/L	0.019	0.02	EPA 6020A
Estaño mg/L	<0.003	<0.003	EPA 6020A
Estroncio mg/L	0.24	0.23	EPA 6020A
Fósforo mg/L	<1.0	<1.0	EPA 6020A
Hierro mg/L	4.9	5.0	EPA 6020A
Magnesio mg/L	5.6	6.6	EPA 6020A
Manganeso mg/L	4.3	4.3	EPA 6020A
Mercurio mg/L	<0.0005	<0.0005	EPA 6020A
Molibdeno mg/L	<0.0005	<0.0005	EPA 6020A
Niquel mg/L	0.046	0.05	EPA 6020A
Plata mg/L	<0.00025	<0.00025	EPA 6020A
Plomo mg/L	<0.0005	<0.0005	EPA 6020A
Potasio mg/L	0.71	0.84	EPA 6020A
Selenio mg/L	<0.005	<0.005	EPA 6020A
Sodio	>50	>50	EPA 6020A
Talio mg/L	<0.00025	<0.00025	EPA 6020A
Tantalio mg/L	<0.001	<0.001	EPA 6020A


Ing. Santiago Cadena
Gerente de Operaciones

Nota: Estos análisis, opiniones y/o interpretaciones están basados en el material e información provistos por el cliente para quien se ha realizado este informe en forma exclusiva y confidencial.

Página 1 de 2



ENSAYOS
No. OAE LE 2C 05-008

REPORTE DE ANÁLISIS

Cliente: CASILSA S.A

Avda. 25 de Junio 3-75 y Napoleón Mera
Telf. 2939-794

Attn: Ing. Guadalupe Herdoiza

Proyecto: Análisis de lixiviados

Muestra recibida: 25-sep-09

Tipo de muestra: 2 Muestras de sólido

Análisis completado: 13-oct-09

Número reporte Grüntec: 0909159-S1-2

Rotulación muestra	Muestra 1	Muestra 2 a un metro	Método adaptado de Referencia
Fecha muestreo	N/D	N/D	
Metales totales: ^(1,3,4)			
Telurio mg/L	<0.0025	<0.0025	EPA 6020A
Titanio mg/L	<0.05	<0.05	EPA 6020A
Torio mg/L*	<0.0025	<0.0025	EPA 6020A
Tulio mg/L*	<0.0005	<0.0005	EPA 6020A
Uranio mg/L	<0.001	<0.001	EPA 6020A
Vanadio mg/L	0.0054	0.0056	EPA 6020A
Wolframio mg/L*	<0.001	<0.001	EPA 6020A
Yterbio mg/L*	<0.0005	<0.0005	EPA 6020A
Zinc mg/L	0.35	0.16	EPA 6020A

Acreditaciones y Registros

(1) Acreditación No. OAE LE 2C 05-008

(2) Acreditación CALA No. A3154

(3) Registro DINAPA No. 007-SPA-RLAH

(4) Registro DMMA No. LEA-R-005

Los ensayos marcados con (*) no están dentro del alcance de acreditación del OAE.

Ing. Santiago Cadena
Gerente de Operaciones

Nota 1: Estos análisis, opiniones y/o interpretaciones están basados en el material e información provistos por el cliente para quien se ha realizado este informe en forma exclusiva y confidencial.

Nota 2: La toma de muestras fue realizada directamente por el cliente.



UNIVERSIDAD DE CUENCA

ANEXO 2

MÉTODOS CONSTRUCTIVOS DE REPRESAS O PRESAS DE RELAVES



MÉTODOS CONSTRUCTIVOS DE REPRESAS O PRESAS DE RELAVES

Relaves, se definen como el desecho mineral sólido de tamaño entre la arena y el limo, provenientes del proceso de concentración y/o beneficio metalúrgico, que son producidos y pueden ser transportados o depositados en forma de lodos.

Las características físicas de los depósitos de relaves dependen fundamentalmente de la forma hidráulica de su disposición, propiedades que permiten comprender como responderá el depósito a la carga, infiltración y movimiento sísmico.

El método optado para la disposición de los relaves es muy específico para cada proyecto minero y puede requerir una considerable investigación dependiendo de las circunstancias las cuales incluyen los siguientes factores:

- ✚ Ubicación y topografía
- ✚ Método de minado y geología del cuerpo mineralizado
- ✚ Métodos de procesamiento y características físicas resultantes de los relaves
- ✚ Características químicas y su potencial generador de ARD (drenaje ácido de relaves)
- ✚ Factibilidad económica

Depósitos superficiales

Los depósitos (presas, represas) de relaves superficiales son tradicionalmente los métodos más versátiles y económicos. Se basan en la disposición hidráulica de los relaves. Se pueden construir utilizando una variedad de



UNIVERSIDAD DE CUENCA

materiales y configuraciones, con la finalidad de que los sólidos de la pulpa se sedimenten y el agua pueda ser reciclada.

Cuando la pulpa de relaves presenta una fracción arenosa es posible utilizarla como material de construcción de la represa. En este caso es preciso separar la arena de las fracciones granulométricas más finas, lo que puede hacerse con hidrociclones.

Las arenas pueden ser utilizadas como material estructural del cuerpo del dique en tres métodos diferentes: aguas arriba, aguas abajo y línea de centro. (Guía Ambiental para el manejo de relaves mineros, 2007).

Método aguas arriba

De acuerdo a (Ramírez, N, 2007), el método consiste en un muro inicial (starter dam) construido con material de empréstito compactado, sobre el cual se inicia la depositación de los relaves, utilizando clasificadores denominados "Hidrociclones"; la fracción más gruesa o arena, se descarga por el flujo inferior del hidrociclón (Underflow) y se deposita junto al muro inicial, mientras la fracción más fina o lamas, que sale por el flujo superior del hidrociclón (Overflow) se deposita hacia el centro del tanque en un punto más alejado del muro, de modo tal que se va formando una especie de playa al sedimentar las partículas más pesadas de lamas. Gran parte del agua escurre, formando el pozo de sedimentación o laguna de sedimentación, la que una vez libre de partículas en suspensión es evacuada mediante un sistema de estructura de descarga, que pueden ser las denominadas torres de evacuación, o bien, se utilizan bombas montadas sobre una balsa flotante. Una vez que el depósito se encuentra próximo a llenarse, se procede a levantar el muro, desplazando los hidrociclones a una mayor elevación en la dirección hacia aguas arriba y comenzando una nueva etapa de descarga de arenas y peralte del muro. Se continúa sucesivamente la construcción en la forma indicada. Con este método, en la práctica se pueden alcanzar alturas de hasta 25 metros. Si bien este



UNIVERSIDAD DE CUENCA

método requiere un menor volumen de material arenoso, por lo que ha sido utilizado en la pequeña minería para construir numerosos tanques, es el que produce el tipo de muro menos resistente frente a oscilaciones sísmicas.

En el método de aguas arriba los diques subsiguientes son construidos sobre la cuenca de desechos. El lanzamiento de la pulpa se hace a partir de la cima de la represa por picos lanzadores llamados «spigots»; como esa pulpa tiene distribución granulométrica en varias fajas, las partículas más gruesas sedimentarán más rápidamente, mientras que las partículas finas permanecerán en suspensión en el agua y serán transportadas hacia la extremidad distal de la cuenca y solamente allí decantarán. Se forma así una playa de arena en la porción proximal, observándose una gradación granulométrica decreciente hasta la lámina de agua, que contendrá partículas finas en suspensión.

Como consecuencia de este proceso, la represa va tomando altura sobre sedimentos gruesos y no sobre arcillas y sílices saturadas de agua, lo que podría resultar peligroso para la estabilidad de la estructura.

Una ventaja significativa del método de aguas arriba es el de necesitar poca cantidad de material, ya que no siempre se dispone de una cantidad suficiente de fracción gruesa para construir una represa por el método de aguas abajo o por el de la línea de centro.

El método de aguas arriba, por otra parte, puede tener el talud de aguas abajo con nueva vegetación a medida que fuere elevado, lo que no sucede con los otros métodos, en donde el talud sólo puede tener una nueva vegetación al final de la construcción. (Guía Ambiental para el manejo de relaves mineros, 2007).

En la figura 1, se puede ver la disposición de las arenas, lamas y la laguna del embalse, en el método de aguas arriba.

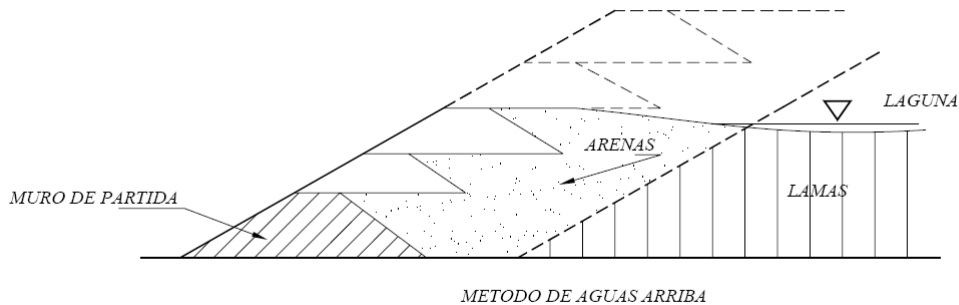


Figura 1.- Método de aguas arriba

En general la principal ventaja del método de construcción aguas arriba es el bajo costo. Por otro lado se requiere un nivel alto de destreza del operador y un manejo apropiado para asegurar la estabilidad del dique. Este método no es recomendado para zonas con alto riesgo sísmico debido a la licuefacción de los relaves.

Método aguas abajo

En el método de aguas abajo, la represa va avanzando aguas abajo a medida que toma altura. En este esquema hay dos diques iniciales, uno para contención de los desechos y otro de pie, construido al pie del futuro talud final aguas abajo de la represa. Entre los dos puede construirse un tapete drenante con la finalidad de rebajar el nivel de agua en el cuerpo de la futura represa. El material de construcción puede ser compactado, resultando así una represa con excelentes condiciones de estabilidad a largo plazo, lo que no sucede con las represas aguas arriba, pues puede resultar peligroso compactar el material de los diques sobre un substrato de finos saturados.

En la figura 2, se puede observar la disposición inclinada de las arenas.

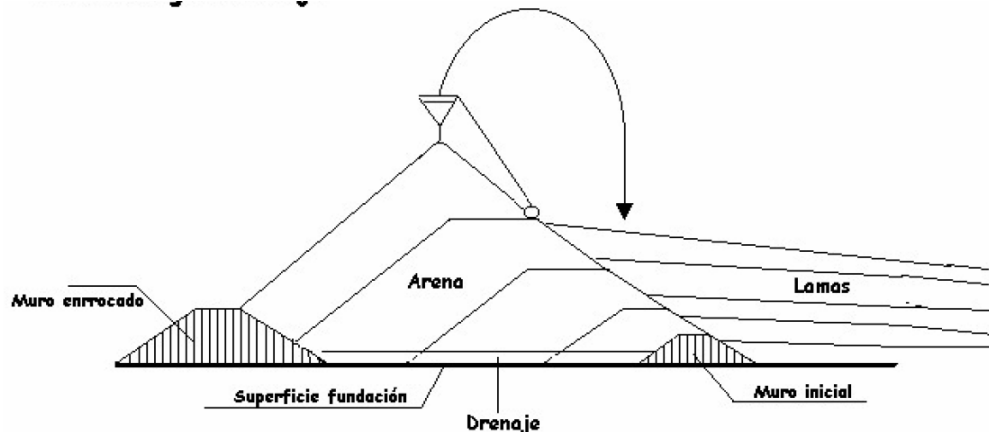


Figura 2.- Método de aguas abajo (capas de arenas inclinadas)

El método de construcción del dique aguas abajo involucra una gran cantidad de material para el dique. La relación entre el volumen del dique y la capacidad de almacenamiento es generalmente alta, lo que incrementa el costo. Este tipo de construcción se emplea normalmente cuando:

- ✚ Las colas son extremadamente débiles y no pueden proveer adecuado soporte para una construcción mediante el método de aguas arriba o línea central.
- ✚ La poza de agua se apoya en la presa.
- ✚ Las condiciones climáticas son severas.
- ✚ El área de ubicación es altamente sísmica.
- ✚ Las colas o relaves son extremadamente tóxicos y presentan un gran riesgo ambiental.

Método del tipo Línea Central (Centerline –type)

Una variante del método de aguas abajo es el de la línea de centro, llamado así porque el eje de la represa se mantiene en la misma posición mientras que ella



es elevada. También en este caso hay un dique inicial impermeable y uno de pie, filtrante.

Este método requiere disponer de un volumen de arenas intermedio entre los dos métodos anteriores, y permite lograr muros suficientemente estables, figura 3.

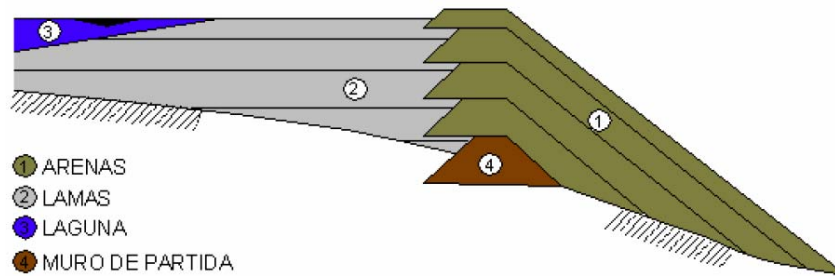


Figura 3.- Método de línea central

La ventaja principal de la construcción de línea central en comparación aguas abajo es el menor volumen de material de relleno que se requiere. Las ventajas de este método sobre el de aguas arriba son el menor riesgo de falla, mejor resistencia sísmica, y menores restricciones operativas. (Guía Ambiental para el manejo de relaves minero. 2007).

Pilas controladas

Pilas controladas (Ramírez, N, 2007) son sistemas de disposición de desechos en que a la pulpa se le extrae el agua, y la fracción sólida es almacenada en pilas similares a las de los estériles. Además de la extracción del agua, es necesario promover la separación por lo menos de parte de la fracción arcillosa, a fin de asegurar la estabilidad a largo plazo de la pila. Por ello, muchas veces la pila controlada debe ser utilizada en conjunto con otro sistema



UNIVERSIDAD DE CUENCA

para disposición de los finos, usualmente una represa de desechos o más precisamente en este caso, una represa de lodo. Los principales componentes de una pila controlada son: dique de partida, tapete drenante perimetral y drenes internos, sistema de drenaje superficial y canaleta de desvío perimetral en la cima de la pila, en el caso en que ella sea implantada en una ladera. Las pilas de desechos presentan ventajas ambientales significativas, la más importante de ellas es sin duda la no interferencia con la red de drenaje, además de hacer innecesario un sistema de vertedero.

Una desventaja es que la fracción fina no puede ser almacenada de esa forma, pues el porcentaje de agua es muy alto. Es un método poco difundido todavía y desconocido por la mayoría de los profesionales del área y por esa razón poco empleado.

Diques perimetrales

Este tipo de depósito de relaves consiste en construir un muro resistente hecho totalmente de material de empréstito, compactando e impermeabilizando el talud interior del muro. Los relaves se depositan completos en la cubeta sin necesidad de clasificación, pero también deben disponer de un sistema de evacuación de las aguas claras de la laguna que se forma y su tratamiento posterior, que puede ser la simple decantación, si el objetivo fuere solamente el de clarificar el agua.

Los embalses de relaves no se diferencian esencialmente de las presas de embalse de aguas, las que constituyen una técnica ampliamente desarrollada en todo el mundo.

La diferencia fundamental entre un embalse destinado a la acumulación de agua y uno destinado a relaves, es que mientras el embalse para agua se construye de una vez con su capacidad definitiva, el embalse para relaves se puede ejecutar por etapas a medida que se avanza con el depósito de los



UNIVERSIDAD DE CUENCA

relaves, a fin de no anticipar inversiones y reducir a un mínimo su valor presente. La construcción por etapas obliga a que la zona impermeable de la presa se diseñe como una membrana inclinada cercana y en la dirección del talud de aguas arriba. Un perfil como éste, limita los grados de libertad en el diseño de las presas de tierra, cuando están destinadas a contener relaves. (Guía Ambiental para el manejo de relaves minero. 2007).

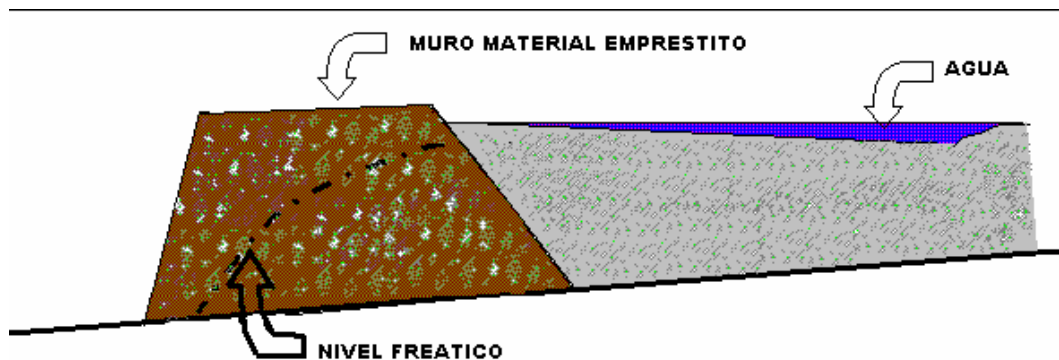


Figura 4.- Muro construido con material de empréstito.

Depósitos de relaves espesados

En las llamadas pilas adensadas (Robinsky, 1979; Barbour et al., 1990) la pulpa de desecho pasa por un canal antes de ser arrojada en cuencas donde podrá formar conos de pocos grados de inclinación. Las cuencas están delimitadas por diques de contención y sistemas perimetrales de drenaje hacia donde converge el agua de percolación de los diques, así como el agua residual de la pulpa de desechos.

El autor propone una curva en que relaciona el ángulo de reposo del relave con el contenido de sólidos de la pulpa. Para concentración del orden de 53% en



UNIVERSIDAD DE CUENCA

peso, la pendiente de reposo es del 2% y ésta aumenta hasta un 6% sí la concentración sube al 65%.

La gran ventaja de este método es que no es necesario construir represas, que siempre interfieren con la red de drenaje y alteran significativamente las condiciones ambientales del lugar de su implantación. La disponibilidad de terrenos en condiciones topográficas adecuadas, o sea, interfluvios con laderas de baja inclinación, puede ser un factor limitante.

En las figuras 5, 6,7 y 8 se observa la disposición de los relaves en forma de cono, cuya pendiente estará en función de la concentración de sólidos.

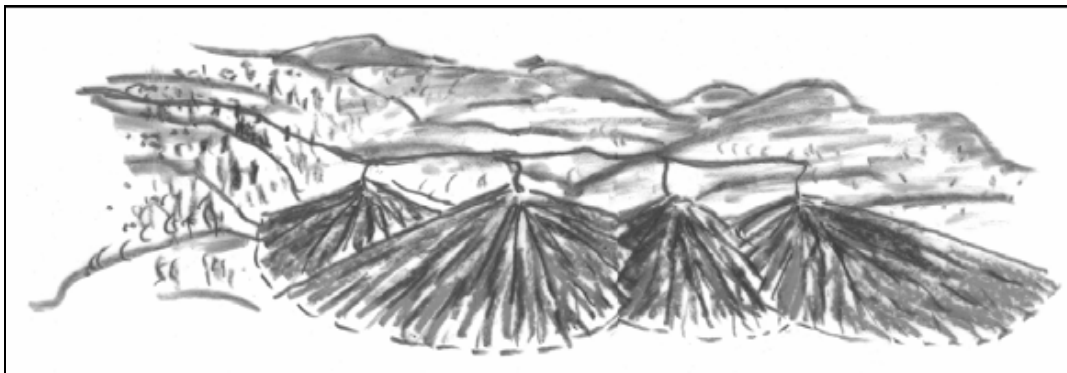


Figura 5 Depósitos de relaves espesados-descarga central

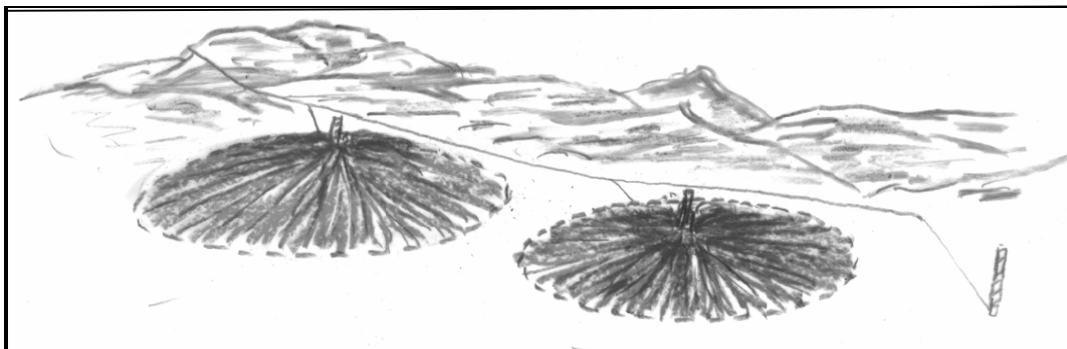


Figura 6. Depósitos de relaves espesados

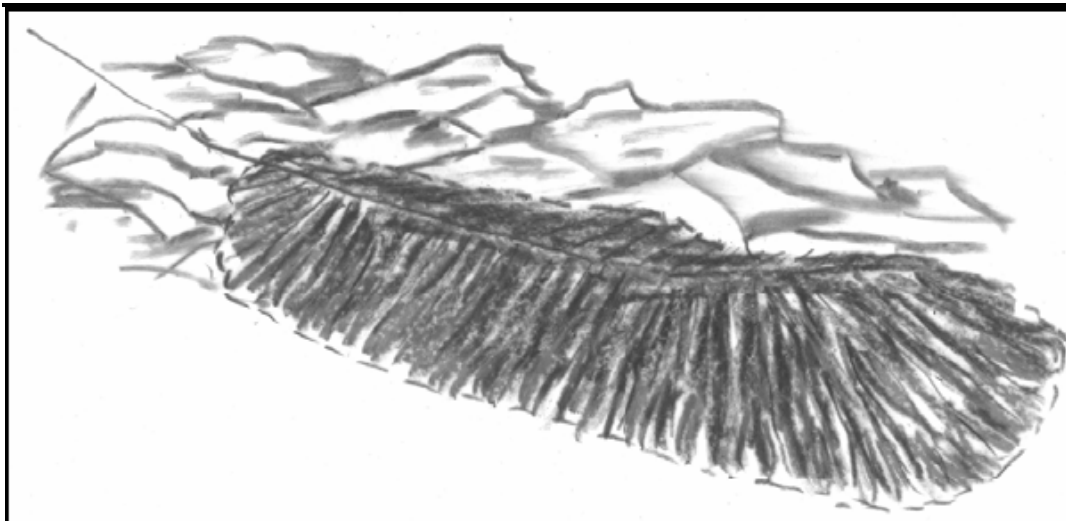


Figura 7 Depósitos de relaves espesados, con desplazamiento lateral.

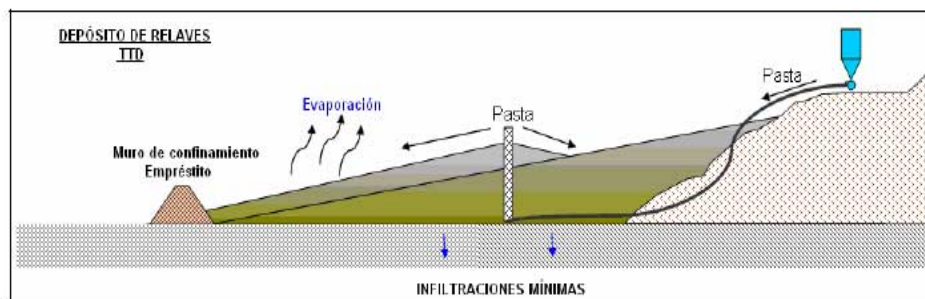


Figura 8 Disposición de los relaves según el método Robinsky

Deposito de relaves filtrados

Una variante del método anterior, constituyen los depósitos de relaves filtrados, con la diferencia de que el material contiene menos agua debido al proceso de filtrado, utilizando equipos similares a los que se emplean para filtrar concentrados, como son los filtros de prensa o de vacío. (Guía Ambiental para el manejo de relaves minero. 2007).

El relave una vez filtrado, se transporta al lugar de depósito mediante cintas transportadoras o bien mediante equipos de movimiento de tierra y/o camiones. En el primer caso, se logra un domo de material similar al método de Robinsky;



UNIVERSIDAD DE CUENCA

mientras que en el segundo caso se utiliza el equipo de movimiento de tierras para ir construyendo módulos de material compactado, los cuales permiten conformar un depósito aterrazado de gran volumen. Es importante señalar que en este método, aunque el contenido de humedad que se logra (20% a 30%) permite su manejo con equipos de movimiento de tierra, es suficientemente alto como para tener un relleno prácticamente saturado, por lo que es posible que se produzcan infiltraciones importantes de las aguas contenidas en estos relaves si el suelo de fundación es relativamente permeable. En foto 1, se muestra la disposición de los relaves mediante el uso de cintas transportadoras.



Foto 1.- Disposición de relaves filtrados

Otros depósitos de relaves

En otros países son factibles de desarrollar otros tipos de depósitos de relaves como los que a continuación se mencionan:

- Depósitos en minas subterráneas en explotación
- Depósitos en minas subterráneas abandonadas
- Depósitos costeros
- Depósitos submarinos



UNIVERSIDAD DE CUENCA

De manera general para que las represas sean estables, estas deben disponer de un sistema de vertedero, cuya función es la de transportar aguas abajo los efluentes que convergen en la cuenca de desechos, ya sea que provengan de lluvias, de infiltración subterránea o de escurrimiento superficial.

A diferencia de una represa convencional, estos vertederos no siempre tendrán un funcionamiento continuo, pues muchas cuencas de desechos son también utilizadas como reservorios de agua industrial, que es recirculada al proceso, de modo que es común la situación en que sólo hay derramamiento cuando llueve continuamente. Hay también diversos tipos de sistemas de vertederos. Los principales empleados en represas de relaves son los siguientes:(1) *vertedero de superficie*, construido normalmente en uno de los lados de la represa; está compuesto por un canal excavado en suelo o roca, eventualmente revestido y que debe ser dimensionado para una creciente milenaria o decamilenaria; debe ser concebido para ser operativo en las fases de operación y abandono de la represa.(2) *conjunto galería de fondo/galería de ladera*: una galería de fondo se construye en la fundación de la represa con secciones de hormigón armado o de metal; el agua es recogida por una galería de ladera construida sobre la superficie natural del terreno donde serán almacenados los desechos, de forma de quedar suficientemente distante del cuerpo de la represa y del punto de lanzamiento de la pulpa de modo de recoger agua clarificada; la galería de ladera va siendo ampliada a medida que la cota de llenado va subiendo.(3) *conjunto galería de fondo/vertedero tipo tulipa*: en vez de la galería de ladera, se construyen en el área de la cuenca una torre cuya cima se sitúa exactamente en la superficie de la lámina de agua, por donde el agua clarificada fluirá hasta la galería de fondo.(4) *conjunto túnel/vertedero tipo tulipa*: al contrario de la galería de fondo, el agua deja el área de la cuenca a través de un túnel excavado en una de las entradas de la represa.(5) *bomba flotante*: el agua clarificada es bombeada; es un sistema válido solamente durante la operación de la represa o de la mina, pues en la fase de abandono la estructura debe ser estable de forma auto-sustentable; trae también problemas en caso de lluvias muy intensas, por eso debe ser

AUTOR:

Ing. Guadalupe Herdoíza



UNIVERSIDAD DE CUENCA

utilizada en conjunto con un vertedero de superficie que garantizará el desagüe. El vertedero de superficie es sin duda el más seguro y el único que puede operar indefinidamente casi sin exigencia de acompañamiento o mantenimiento (Guía ambiental para el manejo de aguas en actividades minero metalúrgicas, 2001).

En el caso específico de la Planta PROHEMACH, la instalación de la relavera se considera como una instalación sin el dique. La no necesidad del diseño de un dique hace de estas instalaciones una alternativa menos costosa comparada con las construcciones de presas de relaves convencionales. Este tipo de embalse también son conocidos como depósitos en piso de valles. Sin embargo, existe un número de problemas potenciales como: erosión de la superficie, rebose por aguas de inundación, filtraciones que pueden influenciar de manera importante en la seguridad ambiental.

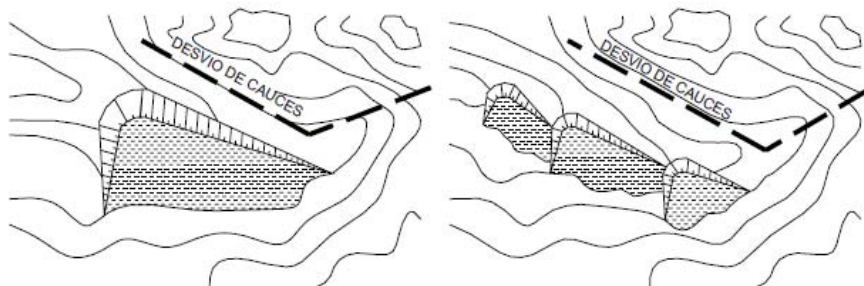


Figura 9 Instalación de una presa de relaves sin dique.

En la figura 9, se observa la construcción de estos embalses para los relaves aprovechando las laderas como elementos de contención y cuando las pendientes no son superiores a un 10%.