

RESUMEN

En el proyecto realizado se ha estudiado la situación de vulnerabilidad medioambiental, específicamente del recurso hídrico, causada por la empresa Minera Yanacocha S.R.L (MYSRL) situada en la región de Cajamarca, en el Perú. La empresa minera es origen de conflictos en relación al agua, por su situación (cabecera de cuatro cuencas hidrográficas) y por la contaminación en la cantidad y calidad de sus aguas percibida por la población local.

Para conocer los posibles impactos del agua causados por la empresa minera, se decidió estudiar la mineralogía local y las actividades del circuito minero, etapas, gestión de residuos y del recurso hídrico. Se debe destacar la complejidad causada por la gran extensión de la mina (unos 160 km²) y la diferente localización de cada una de sus actividades, distribución y logística.

Una vez distinguidas las actividades llevadas a cabo por la minera, se han detectado las posibles afectaciones al medio ambiente, especialmente al recurso agua, debidas a algún fallo en el sistema o por una situación climatológica desfavorable.

Además, se ha estudiado la afectación de la calidad de las aguas a partir de un monitoreo realizado por una consultora durante el período 2002-2003 en la zona. Así se determinó la contaminación generada por metales pesados aguas abajo de MYSRL. Esto también sirvió para conocer si existía una contaminación debido a las actividades llevadas a cabo por Minera Yanacocha al comparar datos afectados por la minería con puntos determinados como blancos ambientales.

También se determinó comparar las medidas de seguridad y minimización de impactos utilizadas por MYSRL con la nueva normativa Europea sobre minería, que refleja la experiencia europea sobre minería y sus pasivos ambientales.

A partir de este estudio se concluye que Minera Yanacocha tiene cinco aspectos medioambientalmente vulnerables: la pila de lixiviación, los embalses, la gestión de drenaje ácido, la gestión de las aguas naturales, y el uso de las plantas de tratamiento.

Al mismo tiempo se identifican diversos aspectos a mejorar por parte de la empresa minera (recogidas en la propuesta de actuación), donde además la implementación de mejoras para las vulnerabilidades detectadas, se propone mejoras relacionadas con la población local: mayor transparencia y comunicación sobre monitoreos del agua, planes de seguridad, de emergencia y de prevención de desastres.





SUMARIO

RESUMEN	1
SUMARIO	3
1. PREFACIO	5
2. INTRODUCCIÓN	7
2.1. Origen del proyecto.....	7
2.2. Motivación	7
3. Planificación del Proyecto	8
4. Revisión del Estado de Arte de la Minería Aurífera	13
4.1. Ubicación de la minera en la región y naturaleza topográfica	14
4.2. Tipo de actividad minera	16
4.3. Composición química del mineral extraído para el procesado de oro y de los desmontes	17
5. Revisión de la planta de tratamiento del Procesado de MYSRL	20
5.1. Descripción del proceso	20
5.2. Descripción de las etapas del proceso	23
5.2.1. Extracción mineral	24
5.2.2. Lixiviación en pilas	25
5.2.3. Embalse de almacenamiento de la disolución	27
5.2.4. Adsorción por Carbón Activado	29
5.2.5. Recuperación del Oro mediante el proceso Merrill-Crowe	32
5.2.6. Refino	35
5.2.7. Planta de tratamiento de aguas en exceso, PTAE	38
5.2.8. Embalse de control de la disolución	36
5.2.9. Pulmón de la disolución residual	41
5.2.10. Tratamiento de drenajes ácidos	41
5.2.11. Tanque amortiguador	45
5.2.12. Sistema de control de sedimentos	46



5.2.13. Vertederos del material residual generado en los cortes	47
5.2.14. Deposición de residuos domésticos y químicos	49
5.3. Ubicación de las distintas etapas de extracción, procesado y transporte dentro del recinto minero	50
5.4. Conocimiento de la gestión de recursos hídricos de MYSRL	52
6. Identificación de posibles sucesos no deseados que pueden generar impactos ambientales dentro del recurso hídrico _____	57
7. Análisis de la afectación a aguas superficiales causada por la actividad minera _____	61
8. Análisis de recomendaciones en la gestión ambiental de operaciones mineras. Implicación en MYSRL _____	71
8.1. Conceptos básicos	71
8.2. Normativa estudiada	73
8.3. Aspectos recomendados destacables	75
8.4. Comparativa con MYSRL	77
9. Análisis de los aspectos sociales, económicos y políticos de la implantación de medidas correctoras en la gestión ambiental de MYSRL _____	80
10. Propuesta de Actuación Ambiental en MYSRL _____	84
11. Presupuesto _____	87
CONCLUSIONES _____	90
AGRADECIMIENTOS _____	92
BIBLIOGRAFIA _____	93
Referencias bibliográficas.....	93
Bibliografía complementaria.....	94



1. Prefacio

El origen del proyecto se presenta a partir de una necesidad detectada por la ONG *Enginyeria sense Fronteres* (ESF) en la sociedad cajamarquina a partir de los diversos conflictos generados en la zona entre las empresas mineras y la población campesina, principalmente generados por el recurso hídrico. Principalmente por Minera Yanacocha S.R.L. puesto que es la mayor minera de oro de América Latina y actualmente la minera de mayor producción mundial.

En referencia a la problemática del agua, causada por la incompatibilidad entre la minería a cielo abierto y las principales actividades de la región -agricultura y ganadería-, se manifiesta un desconocimiento de la actividad minera real, sus impactos medioambientales y las actividades de minimización de impactos y desastres realizados y a realizar, por parte de la población local.

Actualmente la región de Cajamarca está en la penúltima posición del Índice de Desarrollo Humano, IDH, del Perú, demostrando así que la minería no representa una fuente de riqueza y crecimiento para la sociedad afectada. Al contrario, después de trece años de operaciones mineras se detecta que el encarecimiento de los precios en la ciudad y el consecuente encarecimiento de la vida, ha aumentado los niveles de pobreza de la sociedad agricultora y ganadera.

El proyecto realizado se enmarca dentro del Programa Zona Andina (PZA) del grupo de Energía de *Enginyeria Sense Fronteres*. El objetivo del programa PZA es promover el cambio del acceso a fuentes de energía promoviendo un uso sostenible de esta, y fortalecer las capacidades de la sociedad civil en la defensa de derechos humanos y de denuncia frente a las industrias extractivas debido a la problemática asociada a éstas.

El presente estudio a sido llevado a cabo en colaboración con la ONGD: Grupo para la Formación e Intervención para un Desarrollo Sostenible, GRUFIDES, que trabaja en el ámbito de defensa de derechos humanos de la sociedad rural y en defensa del medioambiente, buscando como objetivo una actuación responsable por parte de las empresas mineras de la zona, debido a la ausencia del estado peruano en la zona.





2. Introducción al caso de estudio

2.1. Objetivos

El objetivo de este estudio ha sido mejorar la comprensión de los procesos minero/metalúrgicos de Minera Yanacocha (MYSRL), identificando los impactos ambientales de ésta y cuales son las actividades contaminantes o susceptibles a contaminar el medio ambiente, en particular con el agua, por ser la mayor afectación detectada por la sociedad cajamarquina.

Para ello resultó necesario conocer de forma detallada los procesos de la minería aurífera que tienen lugar en el distrito minero de MYSRL. Recalcando la complejidad del proceso por la gran extensión de área existente, donde cada parte del proceso se haya muy separada geográficamente, con diferentes peculiaridades e impactos ambientales sobre el medio dependiendo de la etapa o parte del proceso y de su ubicación.

Concretamente, se ha realizado una evaluación sobre el proceso de extracción de oro por lixiviación de cianuro realizado por MYSRL, incluyendo la gestión del agua y de los residuos generados que llevan a cabo, la detección de los puntos de mayor riesgo en el recurso hídrico con la consecuente caracterización de las aguas, y la comparativa de cumplimiento de la normativa europea de este tipo de industria.

2.2. Alcance

Para poder asumir los objetivos marcados, se estableció el alcance del proyecto en los siguientes puntos:

- a) Descripción de Minera Yanacocha. Se pudo asumir mediante la investigación de diversos documentos, asistencia a charlas informativas del propio centro de documentación de la minera y de diversas visitas organizadas a Yanacocha, del primer término.
- b) Identificación de los riesgos potenciales al recurso hídrico que podrían causar las diferentes etapas del proceso minero. Se pudo realizar gracias al estudio de la información recopilada en la primera fase y a la información publicada por una auditoria realizada a la minera el 2003.
- c) Caracterización físico-química de las aguas. A partir de los datos de un monitoreo realizado por *Stratus Consulting* realizados a la empresa Minera Yanacocha durante el período 2002-2003, se realizó un análisis de cuales eran las sustancias de mayor riesgo



para la salud y el medio ambiente, relacionándolo con las vulnerabilidades del proceso extractivo.

- d) Comparación con los estándares de la Comunidad Europea en la afectación de las aguas y con los aplicados a MYSRL, así como la adecuación a la normativa europea de las medidas de prevención de contaminación medioambiental y de desastres producidos por la minería.



3. Planificación del proyecto

Como planificación del viaje y previo a éste, se desarrollo una lista de actividades a llevar a cabo y su cronograma. El objetivo consistía en un conocimiento mayor sobre la gestión ambiental de Minera Yanacocha y, en base a ello, los impactos medioambientales que podía generar.

Concretamente las actividades principales consistían en:

- Recopilar y clasificar información para poder describir la situación actual incluyendo el tipo de actividad minera, su situación geográfica y con el medio ambiente, la calidad de las aguas y la problemática asociada a ello.
- Analizar las Evaluaciones Ambientales, EA y los Estudios de Impacto Ambiental, EIA, aprobados por el Ministerio de Energía y Minas (MEM).
- Análisis de los impactos que podían generar las sustancias químicas utilizadas para la explotación y exploración en el recurso agua.

Una vez determinado el marco de actuación, se recopiló información sobre EA y EIA: descripción, funciones, características, relación con la legislación del Perú, etc.

La realización del proyecto se llevo a cabo en las oficinas de la ONG Grupo para la Formación e Intervención de un Desarrollo Sostenible, GRUFIDES, ubicadas en Cajamarca, Perú.

Inicialmente, una vez en la región de Cajamarca, se pudieron revisar los diferentes EA y EIA realizados por la minera desde el 1998 hasta el 2006. Una primera aproximación permitió constatar que el análisis de estos documentos no permitía llegar a un conocimiento real de las gestiones ambientales de MYSRL.

Por ello, se adecuó el marco del proyecto, ajustándolo a la necesidad de información sobre el proceso extractivo y las posibles causas de contaminación de éste en la población local; puesto que es causante de controversia debido a su complejidad y a la manipulación de información por parte de la minera y los medios de información locales hacia la población local.*

* Artículo de prensa: “*Yanacocha y la guerra de los medios*” publicado el jueves 08 de febrero 2007 en el Diario Panorama.



No obstante los EA, y EIA tuvieran un carácter genérico que no permitía un análisis detallado del consumo de materias primas del proceso, se revisó la información que contenían.

Además de las evaluaciones ambientales se revisaron los documentos sobre auditorías, evaluaciones y monitoreos realizados a MYSRL, así como artículos de prensa, balances sociales y medioambientales publicados por la empresa.

Por otra parte, GRUFIDES también facilitó una mayor comprensión de los conflictos que causa en la sociedad debido a la cotidianidad de las quejas presentadas por los campesinos del ámbito de la minera y la oportunidad de conocer, de forma directa, su situación.

Mediante la asistencia al ciclo de conferencias organizadas por Minera Yanacocha en el centro de documentación de la empresa en Cajamarca, se obtuvo información del proceso y se tuvo un primer conocimiento del tipo de información que MYSRL proporciona a la sociedad, y de la repercusión que esto causa.

También se obtuvo información procedente del centro de documentación y de ingenieros de la mina en la gestión del agua y del medio ambiente.

El primer contacto personal, se obtuvo con el ingeniero encargado de la planta de tratamiento Merrill-Crowe, el Ing. José Manrique. Éste se mostró interesado en concertar una entrevista, pero por un problema de fechas y horarios y posteriormente el conflicto de la población de Combayo –detallado en el Anexo E- paralizó todo contacto.

Se realizaron cuatro visitas a Minera Yanacocha. La primera fue de carácter no oficial, en la cual nos acercamos al distrito minero para tener una primera aproximación de que era la mina de cielo abierto, sus cortes, pilas etc. y de su volumen.

Las dos siguientes fueron dentro del marco de visitas programadas que la mina ofrece gratuitamente a la población. La primera el 26 de julio y la segunda el 15 de agosto del 2006. En estas visitas se pudo observar, desde el autobús, la zona más nueva de la mina: La Quinua y Yanacocha Norte, así como sus instalaciones y la presa de control de sedimentos de Porcón.

Además, se entró al laboratorio donde analizan las diversas muestras de control de aguas del recinto minero. Estos análisis son internos y no existe información pública de ellos.



Únicamente se conoce lo publicado en los balances sociales y medioambientales anuales que realiza la empresa.

La última visita fue realizada el 2 de noviembre del 2006, acompañando a los campesinos de Combayo y a un grupo del Banco Interamericano para el Desarrollo, BID, que a partir de un conflicto generado en el centro poblado de Combayo, se ofrecieron para realizar un estudio independiente de la calidad y cantidad de las aguas de las sub-cuencas de los ríos Qishuar y Mashcón.

Ésta visita tenía un carácter más técnico que las anteriores y se facilitaron algunos datos sobre la gestión de agua de MYSRL. El recorrido se amplió a la zona de Carachugo, donde está el corte de San José habilitado como poza, a la zona donde se está aplicando remediación ambiental y a las operaciones de construcción del Proyecto Suplementario.

Al mismo tiempo que se realizó esta visita, se contactó con el Ing. Mike Wilton, Ingeniero jefe de Proyectos de gestión de agua de MYSRL, que se ofreció a concertar una entrevista posterior para facilitar algunos datos sobre la gestión de aguas. Finalmente no se pudo llevar a cabo, pero proporcionó los datos solicitados vía correo electrónico.

Por otro lado, se acudió a diversos foros y charlas relacionados con el proyecto. En concreto, se asistió a tres foros:

- *Minería, Energía y Medioambiente, Problemática Regional.* Organizado por el MEM los días 10 y 11 de agosto del 2006 en Cajamarca. En este foro se presentaba la función del estado en Cajamarca a través del Gobierno Regional, y sus actuaciones frente a la energía y el medioambiente dentro de la realidad minera.
- *Gestión del Agua, Minería y Cuenca para un desarrollo social.* Organizado por la Asociación civil Labor, los días 21 y 22 de setiembre del 2006 en Lima. El foro se dividió en tres temáticas: las experiencias de la actividad minera de gestión de agua en cuencas, las prácticas de gestión de agua desde las comunidades locales y otras iniciativas para la gestión del agua en minería.
- *Foro Internacional: Petróleo, Derechos Humanos y Reparación Integral.* Organizado por Oilwatch en Orellana, Ecuador el del 2006. Se participó mediante ESF en este foro, en el que se conoció la situación contaminación ambiental de empresas petroleras en la selva ecuatoriana.



El resto de pasantías y charlas a las que se asistió tenían diversas temáticas relacionadas con la minería, el uso del agua y las repercusiones en la sociedad. Entre ellas, destacan:

- Taller de propuesta sobre la *Agenda Minera Concertada* de la red muqui (red de propuesta y acción) en la población de Hualgayoc. Hualgayoc es una zona históricamente minera, en la cual existen drenajes ácidos de mina espectaculares. Gracias al taller se pudo conocer la situación de la población ante el grado extremo de contaminación existente.
- *Altas de Cajamarca*. Presentación del atlas interactivo de Cajamarca realizado por la ONG los Andes, en la cual se presentan datos recogidos en campo sobre la región, su población, patrimonios, producción y economía y servicios
- *Mesa de concertación contra la pobreza*. Evento en el cual diversas organizaciones han estado trabajando en una propuesta de actuación para erradicar la pobreza, relacionándolo con la realidad minera de la región.
- Reunión con el Banco Interamericano para el Desarrollo, BID, en el cual se expone la situación del Conflicto por parte de los líderes de Combayo, y la voluntad por parte del BID de crear un trabajo abierto en relación al estudio independiente de la calidad y cantidad de las aguas que se proponen realizar.
- *Tambogrande, mangos, muerte y minería*. Exposición, mediante un video, de la situación vivida en la región de Tambogrande, en el Perú, sobre el conflicto que hubo cuando una empresa minera quiso establecerse en la zona. Posteriormente hubo una charla sobre la gestión realizada y actuación después del conflicto por parte de un líder del movimiento que actualmente forma parte del gobierno regional.

Además, se realizaron charlas con docentes universitarios y diferentes actores de la municipalidad de Baños del Inca, situada en la región de Cajamarca, y una charla en el master de gestión de medioambiente realizado en la Universidad Nacional de Cajamarca, UNC; generando difusión del funcionamiento del proceso y la gestión de aguas de MYSRL y sobre los puntos de mayor riesgo ambiental dentro de las practicas de la empresa minera.

A partir de la información recopilada en los estudios, foros, pasantías, charlas y entrevistas con los diversos actores se procedió a la realización del presente estudio, reformulando la planificación cuando era necesario.



4. Revisión del estado de arte del procesado de la minería aurífera.

La Minera Yanacocha es la productora de oro más grande de América del Sur. Está situada sobre la Cordillera de los Andes Peruanos, a 48 kilómetros al norte de la ciudad de Cajamarca. Está compuesta por seis minas a cielo abierto, cuatro plataformas de lixiviación y tres plantas de recuperación de oro.

La participación del 51,35 por ciento de propiedad en la mina corresponde a la empresa Newmont y la empresa peruana minera Compañía de Minas Buenaventura S.A.A. posee otro 43,65 por ciento. El 5 por ciento restante pertenece a International Finance Corp. (IFC), una rama del Banco Mundial.

Newmont comenzó a explorar en Perú en 1982 y a producir a fines de 1993. La mina vendió 1,6 millones de onzas de oro en el 2004 e informó una reserva de 12,1 millones de onzas de oro para finales de ese año. Las reservas son estimaciones de depósitos de oro que pueden ser extraídos de manera lucrativa.

Minera Yanacocha posee un plantel que incluye 2.303 empleados permanentes de la mina y hasta 6.745 contratistas. El noventa y siete por ciento de los empleados de la mina son de nacionalidad peruana y casi la mitad son residentes locales. El setenta y siete por ciento de los servicios contratados pertenecen a empresas peruanas, 15 por ciento de los cuales tienen base local.[1]



Figura 1: Planta de tratamiento Yanacocha Norte y ampliación de la Pila de Lixiviación La Quinua.



4.1. Ubicación de la minera en la región, poblaciones aledañas y naturaleza topográfica

El Distrito Minero de Yanacocha se sitúa en el Departamento de Cajamarca, una zona de los Andes del Norte del Perú, en una latitud 7° Latitud Sur y 78°30' Longitud Oeste. El distrito minero queda aproximadamente a 15 km al norte de la ciudad de Cajamarca a una altura de aproximadamente 4,000 m sobre el nivel del mar (m.s.n.m.).

La extensión actual del distrito minero es de aproximadamente 16 km este a oeste por 10 km norte a sur, o 160 km². Está ubicado en la línea divisoria continental, separando arroyos que drenan hacia el este a la Cuenca del Amazona y posteriormente al Océano Atlántico (en las cuencas de Porcón, Chonta y Honda) de aquellas que drenan hacia el oeste al Océano Pacífico (en la cuenca Rejo). La ubicación de la mina coincide con la cabeza de estas cuatro cuencas.



Fuente: EIA Proyecto Suplementario Yanacocha Oeste. Febrero 2006

Figura 2: Ubicación de Cajamarca dentro del Mapa de Perú.

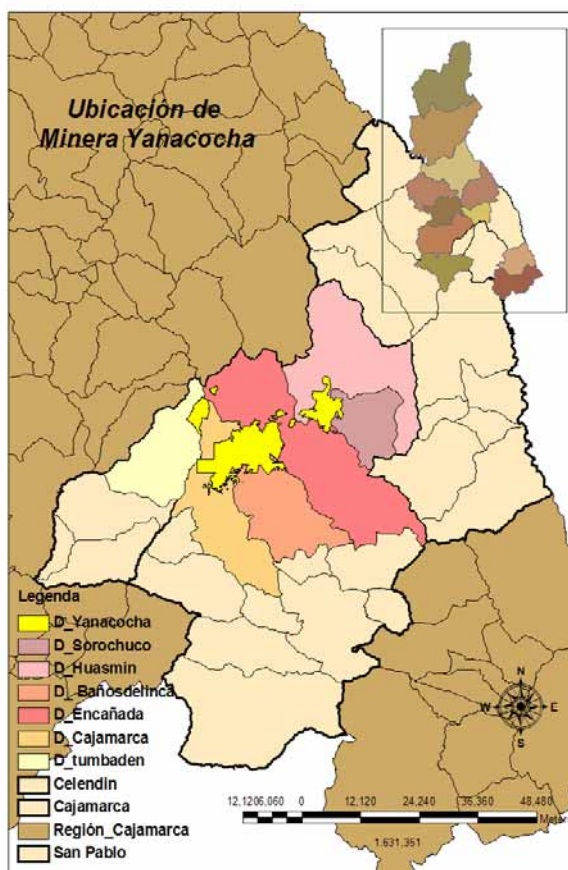
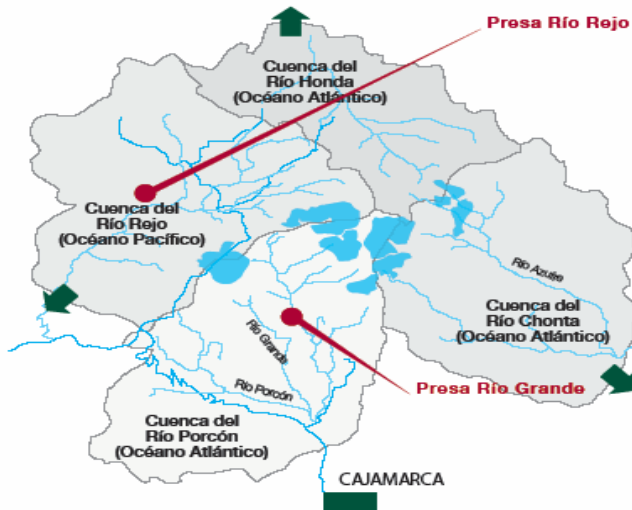


Figura 3: Mapa de ubicación de MYSRL en los distritos de Cajamarca.

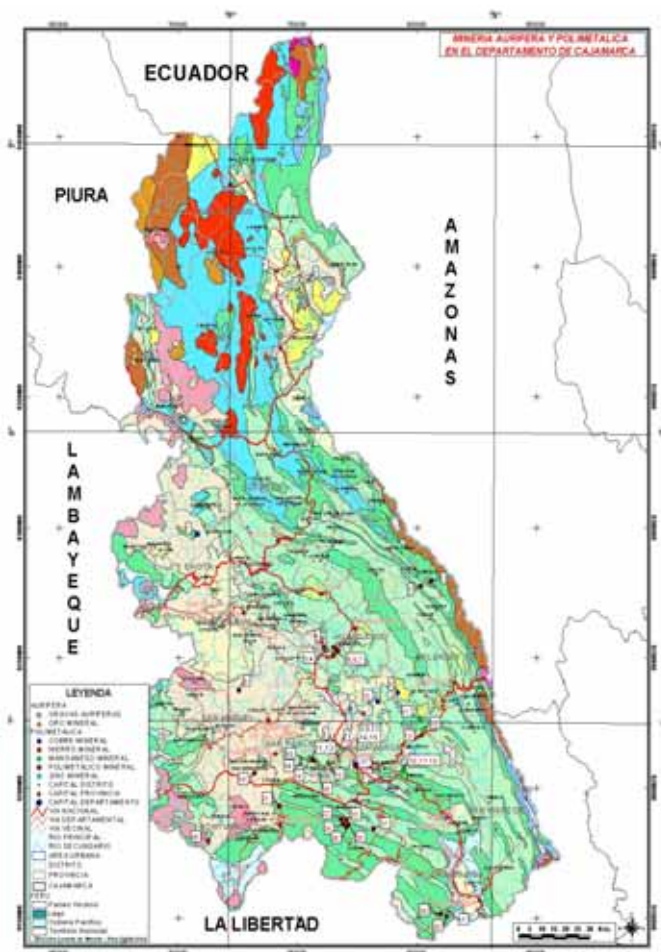




Fuente: Yanacocha Responsabilidad Social y Ambiental 2005.

Figura 4: Mapa de las cuatro cuencas hidrográficas.

La naturaleza topográfica del distrito de Cajamarca, convierte a la región en una zona de gran potencial minero, tal como se puede observar en el mapa siguiente.



Fuente: EIA Proyecto Suplementario Yanacocha Oeste. Febrero 2006

Figura 5: Mapa de la minería aurífera de la región de Cajamarca



4.2. Tipo de actividad minera

La empresa extractiva Minera Yanacocha (MYSRL), es una minera de extracción de oro a cielo abierto por lixiviación de cianuro. Está compuesta por cinco minas a cielo abierto: Carachugo, Yanacocha, La Quinoa, Cero Negro y Maqui Maqui que se encuentra en proceso de cierre. También existe la mina o corte San José, actualmente en desuso. La superficie total de los cortes abarca más de 6.500 hectáreas. [2]

La minería a cielo abierto remueve la capa superficial o sobrecarga de la tierra para hacer accesibles los extensos yacimientos de mineral de baja calidad. Los modernos equipos de excavación, las cintas transportadoras, la gran maquinaria, el uso de nuevos insumos y las tuberías de distribución permiten hoy remover montañas enteras en cuestión de horas, haciendo rentable la extracción de medio gramo de oro por tonelada de material removido.

Este tipo de minería utiliza, de manera intensiva, grandes cantidades de cianuro, una sustancia muy tóxica, que permite recuperar el oro del resto del material removido. Para desarrollar todo este proceso, se requiere que el yacimiento abarque grandes extensiones y que se encuentre cerca de la superficie. Como parte del proceso, se cavan cráteres gigantescos, que llegan a tener más de 86 hectáreas de extensión y más de 160 metros de profundidad. [3]



Figura 7: Excavaciones realizadas dentro del distrito minero de Yanacocha.



4.3. Composición química del mineral extraído para el procesado del oro y de los desmontes.

El Distrito Minero de Yanacocha está centrado en unidades volcánicas intermedias a ácidas del Eoceno al Mioceno conocidas como Complejo del Domo de Flujo Yanacocha. La geología refleja los procesos activos tectónicos y volcánicos de los Andes. En el distrito minero, hubo erupciones de magma con sílice o ácido a lo largo de fallas estructurales, produciendo estructuras de domo en el flujo. Estas composiciones de sílice fueron mineralizadas por soluciones hidrotérmicas ricas en oro y, dado que estas composiciones contienen oro, son el objetivo principal de la extracción.

Las rocas contienen predominantemente cuarzo, alunita $KAl_3(SO_4)_2(OH)_6$, además de arcillas. La mineralización aurífera estuvo acompañada de pirita, enargita $Cu_3(As,Sb)S_4$, y otros minerales sulfúricos de cobre (covelita, digenita y chalcocita). El mineral contiene niveles elevados de arsénico, 130 mg/kg, y plomo, 630 mg/kg, además de bajos niveles de cobre, 41 mg/kg, mercurio, 8.6 mg/kg, zinc, 25 mg/kg, y molibdeno, 25 mg/kg. [Turner, 1997].

En el Distrito Minero de Yanacocha, las formas de sílice están casi totalmente oxidadas. Alrededor de estas formas hay zonas argílicas avanzadas, y alteración argílica, que no contienen oro, sino que contienen minerales de sulfuro sin oxidar, teniendo potencial de generar ácido.

La profundidad de oxidación (la profundidad donde predominan los minerales de sulfuro) varía en todo el distrito, fluctuando entre más de 200 m en Yanacocha Sur, hasta 150 m en el centro de Maqui Maqui, hasta la exposición superficial de minerales de sulfuro en márgenes de Yanacocha Norte. No se han encontrado zonas de sulfuro bajo los yacimientos de Carachugo o San José en perforaciones de 300 m de profundidad [9]. En esta profundidad, la roca empieza a ceder y se mezclan los óxidos con sulfuros, conformando la zona transicional de 50 a 60 m de espesor. Debajo de la zona transicional, las formas minerales de oro continúan contenidas en sulfuros primarios. [8]

En esta zona, los niveles poco profundos son porosos y contienen bajas concentraciones de la mayoría de los metales, con la excepción del mercurio -por ello aparece como subproducto



del proceso minero-. Por ejemplo se encuentra el cobre que ha lixiviado, hay oro en óxidos de hierro, plata en jarosita (hidróxido de sulfato de hierro potásico), y arsénico en escorodita (arsenato de hierro hidratado) o con plomo en beudanita (un sulfato de arsénico-plomo). [Turner, 1997]. En la zona de sulfuro, hay oro en enargita, que a su vez contiene plata, y pirita que contiene arsénico.

A diferencia de los otros yacimientos minerales, La Quinua es un yacimiento fluvioglacial cuaternario. Un glaciar cortó la parte superior y una porción del lado oeste del yacimiento Yanacocha y lo transportó 2 km al oeste al área de La Quinua. Los arroyos y posiblemente un aluvión (huaico) removilizaron el material glacial, extendiéndolo en una área de 9 km² (Minera Yanacocha, 1999a), dejando la mineralización aurífera en gravas originalmente derivadas del yacimiento Yanacocha.

Generalmente, los materiales de sílice se envían a pilas de lixiviación y los materiales argílicos se envían a vertederos de desmonte durante el proceso de la mina. La roca argílica que se coloca en vertederos de desmonte tiene mínima capacidad neutralizadora del ácido, de tal modo que cualquier material de sulfuro en el vertedero de desmonte se oxida y genera filtraciones ácidas.

Los minerales de sulfuro son características importantes de la geología del área de estudio, y estos minerales tienen una gran influencia sobre la calidad del agua. Los minerales de sulfuro se oxidan naturalmente en el medio ambiente. Este proceso se ve realzado por la minería. Cuando el oxígeno presente en la atmósfera interactúa con los minerales de sulfuro en la presencia de agua, estos minerales se oxidan y producen ácido. El ácido puede neutralizarse mediante otros minerales de la roca.

Las rocas con una gran capacidad para neutralizar ácido tienen una alta capacidad de “mitigación” o “neutralización”. Si es insuficiente la capacidad de neutralización de las rocas, sale agua ácida de la roca. Estas condiciones ácidas también causan la liberación de metales. Por consiguiente, para entender cómo pueden afectar la calidad del agua las rocas de los sitios mineros, es importante tener claros factores como la *presencia, la extensión y el grado de oxidación de los minerales de sulfuro en la roca, y cuánta capacidad neutralizadora del ácido existe en la roca.*



Desmontes

Se identifica así al mineral que no se considera de interés de explotación, asociado íntimamente con el recurso mineral, que debe ser disturbado para extraer los minerales valiosos. Éste puede ser completamente carente de minerales económicos, o puede contener algunos minerales en una ley muy baja para ser procesados de forma rentable.

Se realizaron cuatro fases de recolección de datos y análisis para caracterizar la geoquímica del desmonte y de las paredes finales de los cortes. A partir de los datos obtenidos, se ha establecido la mineralogía de estas mediante difracción de Rayos X en polvo (XRD) realizado por Newmont en 2002 y recogido en el Anexo F del EIA del Proyecto Suplementario Yanacocha Oeste.

También se realizaron análisis por XRD para sedimentos glaciales y fluviales –flujo de lodo, flujo de lodo arcilla y ferricreto- tomados en el área del corte de La Quinua. Las muestras de flujo de lodo compuestas de arenas y gravas cuarzosas contienen fragmentos de alunita*, pirita y óxidos de hierro.

El flujo de lodo-arcilla también esta compuesto en su mayoría de arenas cuarzosas pero con mayor proporción de minerales de arcilla y cantidad variable de óxidos de hierro. El ferricreto se caracteriza por los altos porcentajes de óxidos de hierro que llegan hasta 98% y menores cantidades de cuarzo, arcilla y alunita. Estos sedimentos también contienen un ocasionalmente un pequeño porcentaje de pirita.

En resumen, los minerales de sulfuro están presentes en todos los tipos de alteración de rocas, principalmente en forma de pirita de acuerdo con los análisis de XRD. Se advierte que han ocurrido apariciones menores de sulfuros de cobre como calcopirita y covelita (Lorax 2004). La causa de su ausencia en los análisis podría ser debido a que se encuentren en concentraciones demasiado bajas.

*La alunita es un producto de la alteración de rocas con alto contenido de feldespato potásico por intermedio de fluidos ricos en sulfatos procedentes de la alteración de la pirita. La alunita es un mineral significativo en la alteración argílica avanzada, y está asociada con una variedad de tipos de sistemas mineralizados que incluyen los pórfidos de cobre-molibdeno-oro y depósitos epitermales sulfurados de metales preciosos (por ejm. tipo VMS). El tipo de mineralización Au-Ag de alta sulfuración está habitualmente asociada directamente con zonas conteniendo cuarzo-alunita ± pirita ± enargita y a menudo ocupando partes relativamente pequeñas de zonas más amplias de alteración argílica avanzada. Los sulfatos y fosfatos de aluminio, la dickita, caolinita, pirita, pirofilita y el cuarzo están normalmente relacionados a la presencia de alunita.



Se ha de tener en cuenta que la preponderancia del cuarzo se traduce en una baja capacidad por parte de las rocas para impedir el drenaje ácido de minas. En consecuencia, existen grandes posibilidades de que se desarrollen lixiviados ácidos en la roca de desmonte y en los muros del corte por a exposición a condiciones meteorológicas superficiales aunque los contenidos de pirita sean bajos.

En líneas generales, los datos sobre balance ácido-base (BAB) indican que todas las rocas presentes en los desmontes y en las superficies finales de cortes tienen una mayor probabilidad de producir acidez que de producir soluciones neutras o alcalinas. Asimismo, los silicatos que consumen acidez tales como plagioclasa, anfíboles y piroxenos, están presentes en pequeñísimas cantidades, no pudiendo mitigar los efectos de la acidez causada de manera natural por la oxidación de sulfuros debido a las condiciones meteorológicas en la zona.

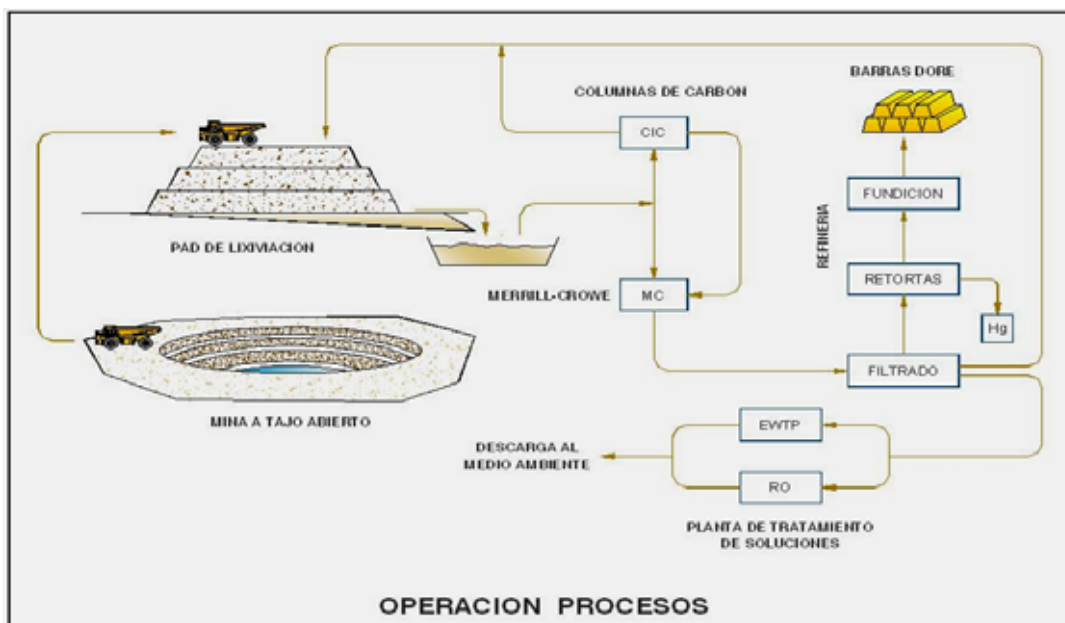
5. Revisión de la planta de tratamiento del procesado de MYSRL.

5.1. Descripción del proceso

Las operaciones mineras que utilizan la tecnología de extracción por lixiviación con cianuro (*cyanide heap leach mining*) en minas a cielo abierto se componen de seis elementos principales:

- Pit o Fuente del mineral.
- Plataforma y el cúmulo.
- Disolución de cianuro.
- Sistema de aplicación y recolección.
- Embalses de almacenamiento de disolución.
- Planta para la recuperación de metales.





Fuente: Información facilitada por el Centro de Documentación de Yanacocha

Figura 8: Esquema básico del funcionamiento de Minera Yanacocha.

El proceso de extracción por lixiviación de cianuro comienza en la extracción del mineral en los cortes. En la lixiviación en pilas, el mineral es apilado en una plataforma forrada con una membrana impermeable. Para agregar el cianuro se usa un sistema de riego por goteo. La disolución de cianuro lixivia el oro del mineral, que es recolectado por la membrana impermeable y se canaliza hacia las embalses de solución. De ahí es bombeada a la planta de procesos donde se separan los metales preciosos, oro y plata, del cianuro. Este es recuperado hacia la pila de lixiviación creando un circuito cerrado. Posteriormente, mediante el refinado de la disolución de oro se obtiene el doré que tiene una composición de un 47% en oro y 52% de plata. [4]

Se distinguen dos tipos de disolución provenientes del lixiviado de la pila, una rica y una pobre. La rica, también denominada preñada, es llevada directamente a la embalse de almacenamiento de la solución con su consiguiente procesado (Merrill Crowe), mientras que la pobre recibe una etapa previa de concentración mediante adsorción con carbono activado antes de juntarse con la disolución rica.

Este sistema es muy práctico debido al bajo costo de inversión requerida, pero es un proceso lento y la eficacia de la extracción de oro por lixiviación es de un 77%. Sin embargo, si se tiene en cuenta la eficacia de todo el sistema se obtienen unos rendimientos de un 98-99%. [5]



Resulta relevante por su toxicidad, mencionar que en el proceso se extrae mercurio -que reacciona de igual manera que el oro durante todo el circuito-. El mercurio se encuentra de forma natural en las rocas en forma de cinabrio (HgS) o combinado con plata; y al extraer el oro y la plata se está removiendo también el mercurio. Para ello, antes del proceso de refinación se calienta el oré y se evapora el mercurio que es recolectado y vendido como subproducto a una empresa externa.

Se ha de tener en cuenta los posibles relaves de la operación minera. Los relaves son residuos que nacen del procesado ex situ del mineral que se desliza, comprendiendo el aplastado y clasificado de los fragmentos de roca procedentes del deseo de remover los minerales. Consisten principalmente en minerales de ganga, pero pueden incluir agua residual de procesos, de procesos químicos y de porciones de minerales no cubiertos.

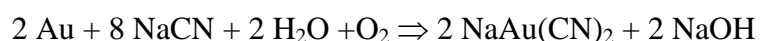
Otro aspecto a considerar es la utilización del agua. Su calidad y cantidad es de por sí un factor a tener en cuenta debido a los impactos que genera este tipo de minería. En concreto el caso de MYSRL resulta especialmente relevante puesto que la mina está ubicada en la cabeza de cuatro cuencas hidrográficas. Esta es la causa de que se realice un análisis detallado en el descrito en el Apartado 4 del presente documento. Por la misma causa, se describe en el Apartado 2.4 la gestión del agua realizada por Minera Yanacocha.

Debido a la complejidad del cianuro por su toxicidad e impacto que puede producir, a continuación se detalla el ciclo del cianuro en el proceso, así como en el Anexo A se describe las diversas formas de la sustancia y los riesgos que comporta.

Proceso del cianuro en la minería de extracción de oro

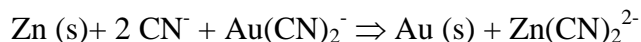
El cianuro es utilizado en la minería de extracción de oro como agente lixivante, es decir, la disolución cianurada -en el caso de MYSRL de 50gr CN/m³ de agua- es la que permite que el oro sea disuelto del mineral. Dicho proceso consta de dos fases:

1ª fase: **Cianuración**



Esta es la fase que sucede en la pila de lixiviación donde la disolución de cianuro sódico y agua toman contacto con el oro y, en presencia de oxígeno, el oro es separado por el cianuro.

2ª fase: **Recuperación del oro por precipitación con cinc metálico**



Esta fase corresponde a lo que en el proceso se le llama la recuperación del oro. Sucede en una de las etapas del proceso Merrill Crowe –en la precipitación-, y lo que pretende es separar el oro del cianuro mediante zinc.

Debido a la alta estabilidad del cianuro, representa un contaminante potencial y es por eso que debe ser destruido antes del vertimiento de aguas que puedan contenerlo. Para ello, se utilizan agentes oxidantes aprovechando sus características ácido-base y redox.

En las aguas residuales de MYSRL, mediante cloro se trata el cianuro que pueda quedar remanente. De esta forma sucede:



Este proceso puede llevarse a cabo electroquímicamente para elevadas concentraciones de cianuro; para bajas concentraciones remanentes el cianuro puede oxidarse por medio de ClO^- .

5.2. Descripción de las etapas del proceso

A continuación se procede a describir las etapas que constan en el proceso utilizado por MYSRL. Dichas etapas son:

- Extracción del mineral
- Lixiviación en Pilas
- Embalses de almacenamiento de la disolución.
- Adsorción por Carbón Activado
- Recuperación del Oro mediante el proceso Merrill Crowe
- Refino o purificación



Formando parte del ciclo cerrado del cianuro en el proceso, así como de su destrucción y sistemas de contingencia y de seguridad medioambientales, se incluyen:

- Planta de tratamiento de aguas en exceso, PTAE
- Embalses de control de la disolución.
- Pulmón de la solución residual a recircular.
- Tratamiento de drenajes ácidos:
 - Planta de tratamiento de aguas ácidas, PTAA
 - Planta de proceso de Carachugo
 - Lago del corte Maqui-Maqui Sur
- Tanque amortiguador
- Sistema de control de sedimentos
- Vertedero del material residual generado en los cortes
- Deposición de residuos domésticos y químicos

5.2.1. Extracción del mineral

El proceso de extracción de oro consta de una primera etapa de extracción del mineral de los cortes donde se remueven grandes cantidades de tierra mediante explosivo ANFO (nitrato de amonio y fuel oil). Se trituran las menas (rocas que contienen el mineral) y se las amontona en un cúmulo que se coloca sobre una plataforma de lixiviación (leach pad). Las aguas en exceso que puedan recogerse en los cortes en época de lluvias son llevadas hacia la planta de tratamiento de aguas ácidas y posteriormente descargadas en la Cuenca del Río Rejo o a la del Río Honda dependiendo de su procedencia.





Figura 9: Corte de donde extraen el mineral aurífero.

5.2.2. Lixiviación en Pilas

La pila de lixiviación es una plataforma formada por celdas de entre 5 y $20 \cdot 10^3 \text{ m}^2$ con una altura de celda máxima de 12 a 16 m. La altura total del Pad no excede los 120 m. [6]

La extracción de oro por lixiviación utilizando cianuro sódico (NaCN) en una concentración de 50 gr/m^3 es mediante riego por goteo, mayoritariamente y por aspersion, a una velocidad de percolación de 2 m/día aproximadamente.

Se añade cal para mantener un pH entre 10 y 12. Con esto se busca minimizar la evaporación del cianuro en forma de ácido cianhídrico -ocurre a partir de valores menores de 10.5 en el pH-. Además la adición de cal permite descomponer el cianuro de zinc que es descargado en la pila después del proceso, de forma que se pueda reutilizar el cianuro del circuito.

Concluido el ciclo de lixiviación, se suelen eliminar los desechos y se coloca una nueva capa de mineral triturado. En el caso de estos materiales finamente triturados resulta económico agregar un aglutinante (cal o cemento) al mineral, con el fin de permitir la aglomeración de las partículas finas con las más grandes [Chamberlin, 1986]. Este proceso, denominado



aglomeración ayuda a mantener la permeabilidad de las pilas, asegurando la percolación uniforme de la disolución a través del mineral de la pila. Normalmente, se dispone de un período de 24 a 48 horas antes de iniciar el proceso de lixiviación, con el fin de permitir el curado o endurecimiento del aglutinante.

Estructura de la pila

El sistema de recolección de la disolución esta compuesto por tuberías de 10 cm de diámetro espaciadas menos de 10 m entre sus centros. Con ello se busca maximizar la el tratamiento de la disolución rica en oro así como recolectar el exceso de aguas en época de lluvias. Dichas tuberías están cubiertas de agregado drenante de 35cm de espesor y sobre este se coloca una capa de material de mina seleccionado de 2m de espesor con una permeabilidad de 1.10-2cm/s para facilitar la recolección.

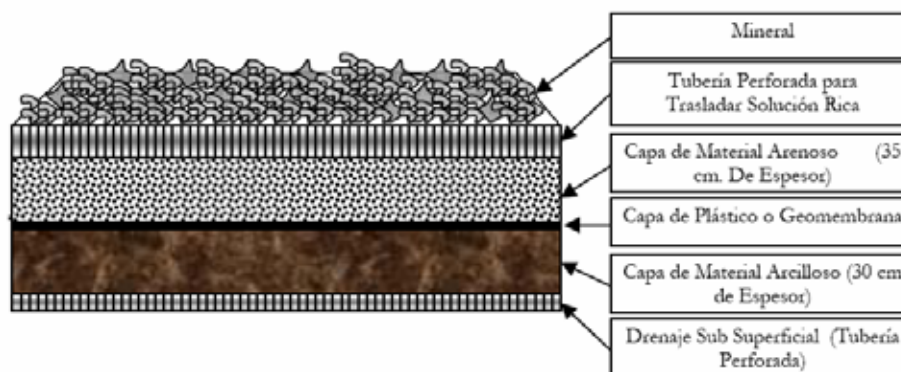


Figura 10: Fundación (base de una futura pila de lixiviación), con el sistema de tuberías descrito.

La capa base se encuentra impermeabilizada por una geomembrana de un grosor variable entre 1.5 y 2 cm. Por encima de esta, hay una capa de material fino compactado –areno limoso- llamada *protective liner*, de unos 35 cm de espesor donde se ubican los colectores de la disolución rica en oro protegida con grava debajo del mineral cianurado. Por debajo de la geomembrana, se encuentra una capa de arcilla compactada de 30 cm (*soil liner*) y finalmente el terreno natural con una canalización que recoge las aguas que puedan percolar. [5]



Al pie del perímetro y a pie del talud se encuentra un revestimiento de geomembrana, soldada a la geomembrana impermeabilizadora del pad, aislada mediante bermas laterales. En estas bermas se drena el agua hacia las embalses de operación y de eventos menores. Es aquí donde se encuentran las tuberías de proceso que transportan las diferentes soluciones: rica, residual y agua.



Fuente: Información facilitada por el Centro de Documentación de Yanacocha.

Figura 11: Corte transversal de la pila mostrando el sistema de impermeabilización de ésta.

A lo largo de la pila de lixiviación, adyacente al circuito de bermas, se dispone de una vía permanente de acceso directo a la pila, permitiendo trabajos de proceso, control y mantenimiento.

El sistema de sub-drenaje de la fundación está compuesto de zanjas excavadas bajo la superficie del mineral. Están distribuidas de forma adecuada aprovechando las depresiones del terreno y lugares donde afloran las aguas su-superficiales. En este punto se colocan tuberías corrugadas y perforadas de polietileno (CPT) y son rodeadas de material drenante encapsulado en un geotextil no tejido. El objetivo de todo esto es eliminar las subpresiones en el sistema de impermeabilización y deterioro de los suelos de la fundación por efecto de aguas freáticas.

La superficie de fundación de las pilas, por lo general ondulada, se regulariza mediante excavaciones y rellenos compactados de hasta 9 m de espesor, con taludes máximos de 3H:1V y mínimas pendientes de 2-4%. [7]

5.2.3. Embalse de almacenamiento de la disolución

Si la disolución lixiviada es de una concentración de 1.5gr/m^3 se coune en una disolución rica o concentrada y se envía al embalse de almacenamiento de disolución de donde,



posteriormente, se bombea hacia la planta de procesos Merrill Crowe. Este embalse actúa como regulador de sobrecargas en casos de apagones eléctricos donde fallase la planta de tratamiento, lluvias, etc. permitiendo también que los sólidos en suspensión sedimenten.



Figura 12: Embalse de almacenamiento de la disolución y embalses de control (la más pequeña es la de almacenamiento).

La capacidad máxima de los embalses es un elemento de riesgo a considerar por la posibilidad de estos en época de lluvias. Según la auditoría realizada por INGETEC el 2003, teniendo en cuenta las características de la operación así como la ubicación de la minera –cabeza de cuencas hidrográficas- se concluye que el criterio de diseño de capacidad de los embalses, existe una probabilidad relativamente alta del vertimiento de agua de los embalses de control de la disolución, creados precisamente para evitar eso, con el riesgo que esto comporta.

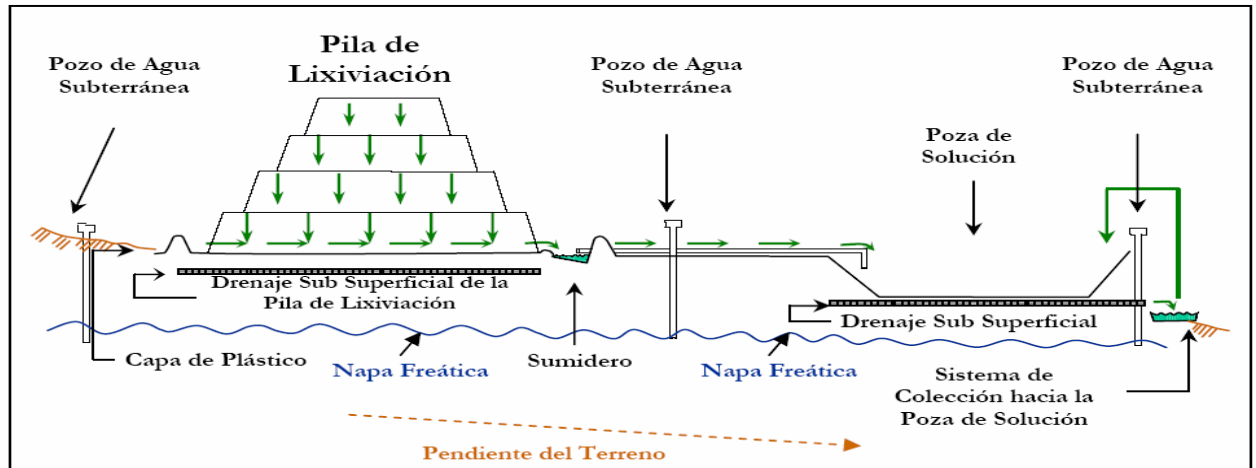
El sistema de impermeabilización de las embalses consta de un revestimiento triple sobre una sub-base de material fino no compactado. Las capas están constituidas por los siguientes revestimientos:

- Capa de geonet*, geomembrana HDPE de 1.52 cm de espesor y sistema de sensores LCRS.

*geonet es una capa de drenaje para las pilas de lixiviación. Su función es la de permitir una permeabilidad de flujo suficiente para permitir las filtraciones desde el material de relleno adyacente, mantener una capacidad de flujo de plano suficiente tal que se revise la carga hidráulica por encima del revestimiento, resistir cargas compresivas de corto y largo plazo, y proporcionar la estabilidad adecuada.



- Revestimiento geotextil de 200 gr. y una geomembrana de HDPE de 1,52 cm un sistema de sensores de LCRS.
- Revestimiento con geotextil de 200 gr. y geomembrana de LLPE de 1,02 cm. [6]



Fuente: EIA Proyecto Suplementario Yanacocha Oeste. Febrero 2006

Figura 13: Sistema de canalización e impermeabilización de las pilas y las embalses de solución.

5.2.4. Adsorción en Carbón Activado

Actualmente en la minera existen tres plantas con unidades de adsorción con columnas de carbón en La Quinua, Yanacocha Norte y Pampa Larga con una capacidad de 5100 m³/h 2000 m³/h y 2800 m³/h respectivamente.[5]

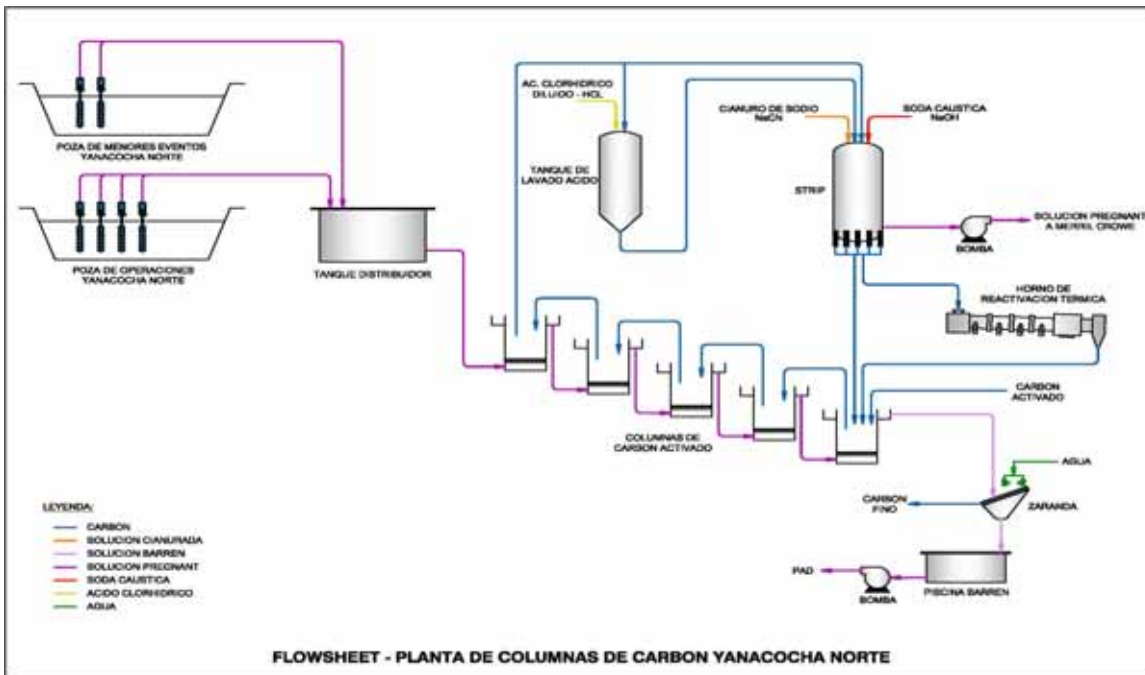
La disolución pobre de la pila de lixiviación se modifica tal que se obtenga una disolución pre-concentrada pasando de 0.03gr/cm³ a 1.5gr/cm³ de oro. [5]

La disolución pobre de la pila de lixiviación es llevada al embalse de control, bombeada a un tanque distribuidor de donde entra a un circuito –batch- para su concentrado. Dicho circuito consta de las siguientes etapas:

- Adsorción
- Lavado Ácido



- Desorción
- Reactivación



Fuente: Información facilitada por el Centro de Documentación de Yanacocha

Figura 14: Diagrama de flujo de la planta de columnas de carbón.

Adsorción

En la adsorción se concentra en oro la disolución puesto que los iones son retenidos en la superficie del carbón activado, de manera que se forma una película líquida en la superficie del sólido. Es decir el oro y la plata, así como sus compuestos quedan adsorvidos en el carbón.

El proceso consta de una batería de cinco reactores en serie. Son reactores de lecho con carga móvil donde la fase fluida es ascendente y va pasando a través del lecho que esta compuesto por sólidos (carbón activado). El reactor se alimenta de carbón activado por la parte superior del lecho, se mueve hacia abajo de la columna y se saca por la parte inferior. De esta manera existen dos corrientes en la batería: la disolución ascendente que es cada vez más pobre en oro y la descendente en la que el carbón cada vez es más saturada de oro.

En la batería, el primer reactor es aquel en el cual se extrae el carbón activado ya gastado - saturado en oro-, mientras que el último es el que recibe la carga inicial de carbón. Esta carga es una mezcla de carbón activado agregado al circuito, carbón regenerado y carbón recuperado.



Lavado Ácido

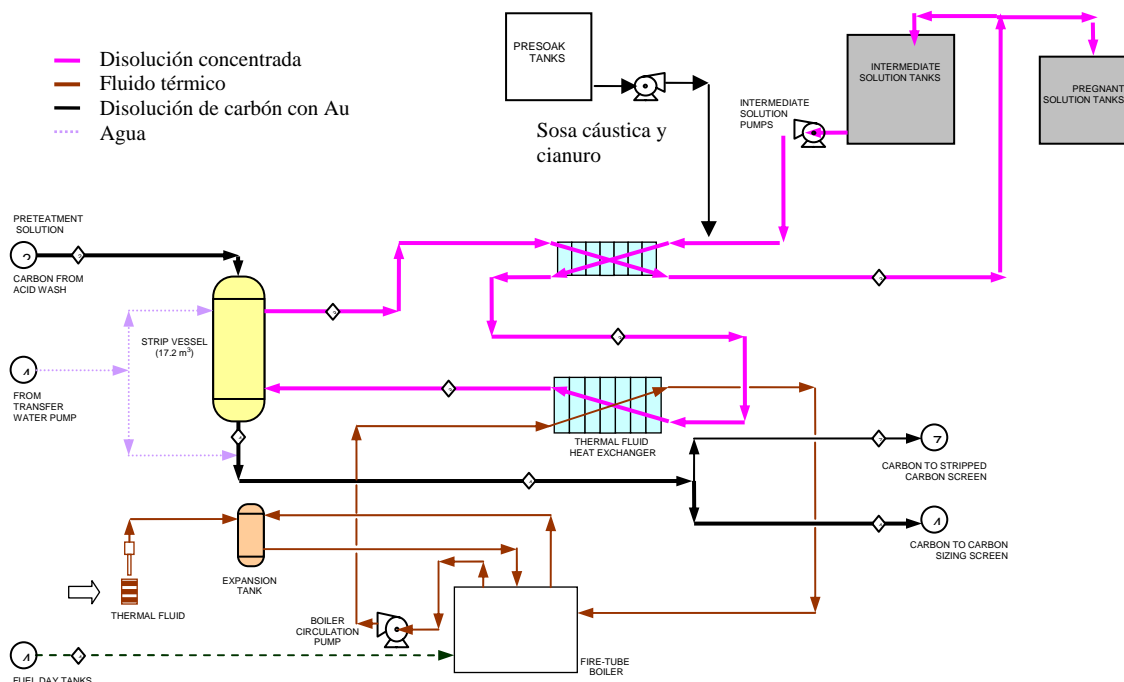
La finalidad de esta etapa no es más que eliminar los sedimentos que han quedado en la superficie del carbón preparando así la etapa de desorción. Estos sedimentos suelen ser carbonatos que han cristalizado en la superficie del carbón. Para ello se utiliza ácido clorhídrico.

Desorción

El objetivo de la desorción es separar de oro de la superficie del carbón. Esto es el resultado de pasar la disolución cáustica con cianuro a través de una columna a presión y a unos 130°C provocando la desorción de los metales del carbón hacia la disolución.

Se recircula el carbono lavado hasta que no queda más oro en la disolución. A esta recirculación se le denomina disolución cargada, que tiene un caudal de 150gr/m³. El oro que se desprende en una concentración de 1,5 gr/m³ es enviado a un tanque de almacenamiento y de ahí, al proceso de Merrill Crowe. [4]

Antes de regresar a la columna de desorción, la disolución estéril que sale de la celda atraviesa una cámara de compensación e intercambiadores de calor, completando de esta manera el circuito. En la siguiente figura se muestra el diagrama de flujos de la desorción:



Fuente: Información facilitada por el Centro de Documentación de Yanacocha

Figura 15: Diagrama de flujo del sistema de desorción en la planta de columnas de carbón.



Reactivación

La disolución de carbono agotado es enviada a un horno de reactivación térmica. En este, mediante oxidación parcial e hidrólisis, se producen nuevos espacios reactivos en la superficie del carbón para la adsorción de iones metálicos. Finalmente el carbón regenerado es reciclado al circuito de adsorción.

5.2.5. Proceso de recuperación del Oro, Merrill Crowe

El proceso de recuperación de oro de la disolución cianurada utilizando polvo de zinc fue descubierto por Merrill en 1897, y patentado por Crowe en 1916 al innovarlo con las etapas de de-aereación y filtración. En realidad, el término Merrill Crowe se refiere al proceso de precipitación con zinc, el cual consiste en la deaereación en vacío de la disolución, seguida de la precipitación de metales preciosos, oro, plata, cobre y mercurio principalmente, en un filtro de presión mediante la adición de polvo de zinc metálico a temperatura ambiente.

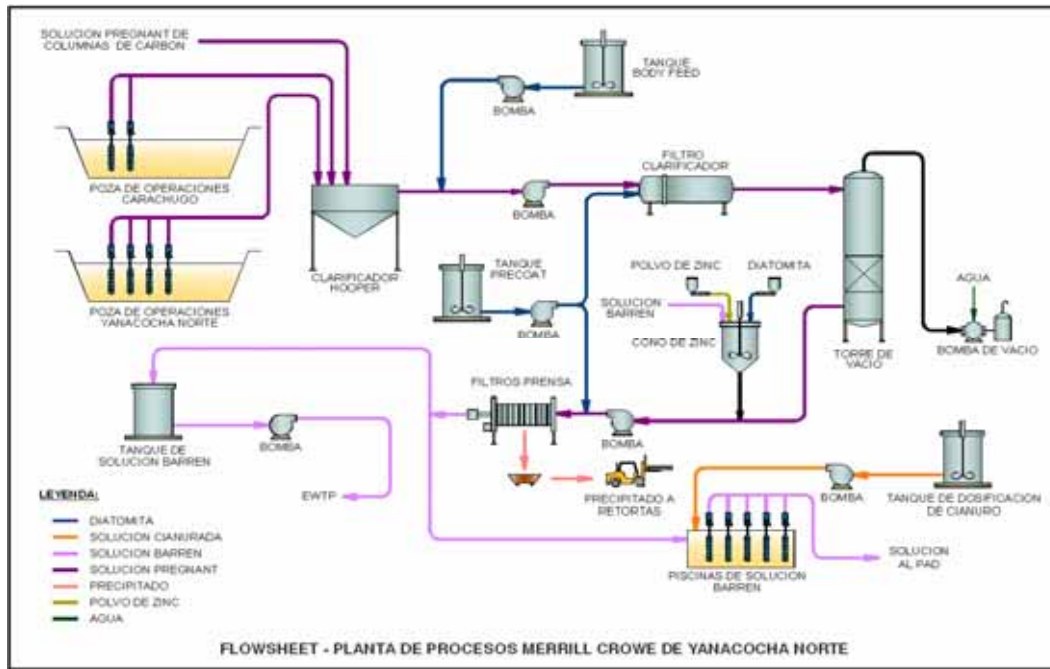
Existen dos plantas para ello en MYSRL, Pampa Larga y Yanacocha Norte. Sin embargo, únicamente es operativa la planta de Yanacocha con una capacidad de 2.750 m³/h. [5]

El efluente del proceso proviene de un tanque clarificador que mezcla la disolución pre-concentrada proveniente del proceso de columnas de carbón, y de la disolución rica que se encuentra en las embalses de solución de Carachugo y Yanacocha Norte, con una concentración aproximada de 1.5 gr/m³. [4]

El proceso de precipitación consta de diversas etapas:

- Filtración
- De-aireación
- Precipitación
- Cosecha del precipitado o recuperación





Fuente: Información facilitada por el Centro de Documentación de Yanacocha

Figura 16: Diagrama de flujo de la planta de procesamiento Merrill Crowe.

Filtración

Antes de proceder a realizar la precipitación con polvo de zinc, la disolución cargada debe ser clarificada por filtración a presión o por filtración al vacío a través de un material diatomáceo, tierra diatomea. De esta manera se remueven y retiran los sólidos en suspensión para que no interfieran en la reacción, cosa que reduciría la eficiencia del proceso de precipitación.

La tierra diatomea es añadida al proceso en prácticamente todas las etapas. Primeramente se agrega a la disolución que sale del tanque clarificador, se vuelve a añadir a la entrada del filtro clarificador, en el cono de zinc, y por último, en la disolución que entra al filtro prensa.

En la planta de tratamiento de Yanacocha Norte se dispone de cinco filtros clarificadores.

De-aireación

Lo ideal sería que zinc se consuma en reducir el Au (I) y Ag (I) en disolución, de manera que estos últimos se acumulen como metales en el sólido filtrado. En la práctica, la reacción



secundaria con oxígeno en disolución podría consumir una considerable cantidad de zinc, por ello se agrega al proceso una etapa de de-aireación.

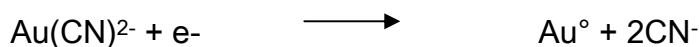
La disolución proveniente del filtro cae en cascada por una torre de empaques (torre Crowe) en la que se ha hecho el vacío mediante una bomba. Esta torre proporciona una amplia área de superficie para la disolución en la que el aire disuelto puede propagarse hacia el vacío y ser eliminado.

Precipitación

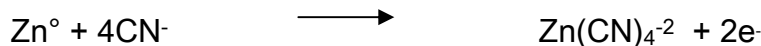
El polvo de zinc es dosificado a la disolución de-aireada junto a la diatomita y un efluente de disolución residual. Los metales preciosos empiezan a precipitar en la superficie de las partículas de zinc, a medida que éste se disuelve.

La reacción de precipitación del oro es la siguiente:

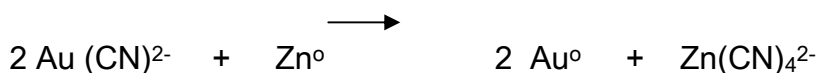
Reacción Catódica:



Reacción Anódica:



REACCIÓN TOTAL:



De la misma manera que el oro precipitan el resto de metales, principalmente plata, cobre y mercurio.

Retorta del precipitado

A partir de los filtros prensa se separan los sólidos que han precipitado con el zinc en la etapa anterior. El zinc remanente y los metales preciosos son depositados en el filtro de presión (prensa Merrill), y a medida que el sólido filtrado aumenta, el zinc residual contribuye a asegurar la casi completa recuperación de oro y plata de la disolución. La disolución que sale



de la prensa del filtro es llamada disolución pobre y es normalmente almacenada en un tanque desde el cual se recicla a los procesos de molienda. El tiempo de retención de dichos filtros, es decir, este proceso de recuperación del precipitado de oro es de unos tres días.

El proceso de lixiviación en pilas genera disoluciones de compuestos metálicos que una vez tratadas mediante el proceso Merrill-Crowe, permite la separación de los metales de valor. Dependiendo de las condiciones de precipitación sobre las pilas, se hace necesaria la reducción de volúmenes variables de disolución a la salida del proceso. Estos volúmenes (aguas de exceso) contienen cianuro residual y compuestos metálicos son eliminados mediante tratamiento previo a su descarga a corrientes superficiales en las PTAE definidas en el apartado 4.2.7.

5.2.6. Purificación o refino

En esta etapa el precipitado de oro proveniente de los filtros es secado y fundido para la producción del doré.

Existen dos plantas donde se realice el refino del material: Pampa Larga y Yanacocha Norte. Se ha de señalar que Pampa larga no se encuentra operativa. [5]

Secado

El proceso de secado se realiza en la retorta. Es un horno donde se deposita el precipitado que se ha extraído en la planta de Merrill Crowe. Alcanza una temperatura máxima de 650 °C y tiene un tiempo de retención de 24 horas. [5]

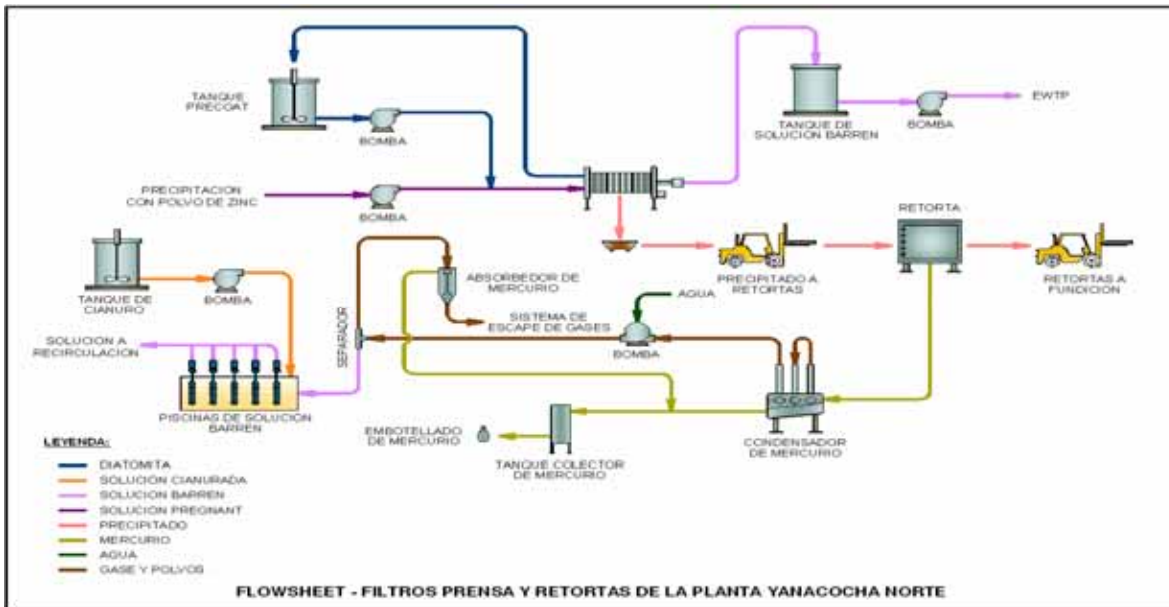
En la retorta se produce el vapor de mercurio como subproducto procedente del mineral de la pila de lixiviación y el cual es extraído en el proceso, de la misma forma que Au y Ag hasta este punto.

Este vapor es conducido a un condensador de mercurio donde es enfriado y lavado para eliminar las trazas de zinc que pueda contener –mediante una bomba de agua- antes de embasarlo para su venta.

Del condensador sale la disolución de mercurio que es dirigida a un tanque colector y una corriente residual es bombeada con agua a un separador, de donde la disolución de cianuro de



zinc es enviada al pulmón de la solución residual a recircular, mientras que los gases y polvo residual pasan por un absorbedor que recoge las trazas de mercurio que puedan quedar para enviarlo al tanque recolector de mercurio y los gases residuales salen por el sistema de escape de gases.



Fuente: Información facilitada por el Centro de Documentación de Yanacocha

Figura 17: Diagrama de flujo del sistema de secado proveniente de los filtros de MC.

El mercurio se confina en botellas de 30 kg que son almacenadas en contenedores de 20 botellas de capacidad. La empresa externa SGS se encarga de la certificación del transporte sea el adecuado. [5]

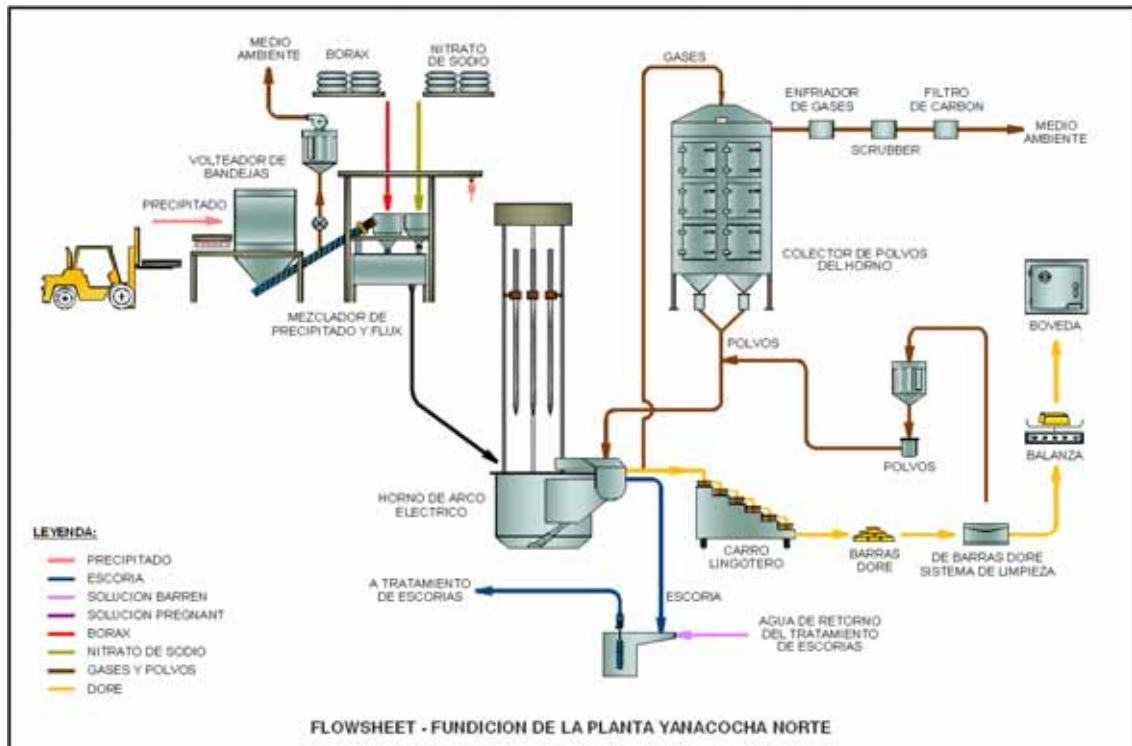
Fundición

El precipitado ya secado en la retorta es enviado al horno de arco eléctrico de 1000 kg de capacidad para la fundición del metal. La alimentación del horno se realiza por su boca mediante una tolva (270 kg. de capacidad), que se coloca en posición con ayuda de un montacargas. El lote medio actual es de 600 kg. de precipitado por colada. Los electrodos de este horno son de grafito el cual se va gastando durante el proceso.

Para conseguir una buena eficiencia en el proceso, es importante controlar la calidad de la escoria. Dicha calidad depende del proceso de fundición, de manera que se pueda separar el



contenido en metales preciosos de la escoria con la menor pérdida posible de oro y plata. Por ello se pretende asegurar un bajo punto de fusión, baja viscosidad, baja densidad, alta fluidez, alta solubilidad de óxidos, baja solubilidad de oro y plata, baja corrosión de refractario y un fácil tratamiento.



Fuente: Información facilitada por el Centro de Documentación de Yanacocha

Figura 18: Diagrama de flujo de la planta fundición.

El principal componente del precipitado es el zinc y la sílice. Esta tiene un punto de fusión elevado (1.723°C), por lo que tiende a formar una escoria de alta viscosidad. Esta sílice supone una desventaja ya que puede atrapar altos contenidos en oro y plata en su estructura. Es para reducir el punto de fusión de la escoria que se adiciona el óxido de boro. Por otra parte los agentes oxidantes, como el nitrato de sodio, aportan el oxígeno necesario para oxidar los metales remanentes como son el hierro, cobre o zinc.

Por todo ello, en el proceso de refinación de MYSRL se adiciona un 40-45% de borax, un 10-15% de nitrato de sodio y un 1-5% de fluorspar antes de enviar el precipitado al horno. [5]



El doré sale del horno, se deposita en un molde, donde es rociado con un chorro de agua para enfriarlo. A partir de ese momento ya se tienen las barras de doré que pasan por un sistema de limpieza y finalmente, se almacena.

La barra de doré pesa unos 35 kg y contiene de un 40 a 58 % de oro. [5]

El agua evaporada de la limpieza de las barras de doré pasa por un colector de polvos, un enfriador de gases, un scrubber y un filtro de carbón antes de descargarla al medio ambiente. El colector de polvo está provisto de un controlador de temperatura máxima y, mediante la inyección de aire en la tubería de recolección, mantiene la temperatura a un máximo de 180°C. El polvo que se recolecta, es descargado utilizando dos tolvas de recolección de 80 kg. de carga cada una.

La escoria que viene del horno, se tritura y se almacena, previa separación sólido-líquida para recuperar el oro que ha quedado atrapado en la escoria. Luego pasa a través de una trituradora rotatoria de 3 a 10 toneladas por hora de cadencia, para después almacenarse en la tolva de alimentación del reactor de lixiviación.

El reactor tiene una capacidad de 6 toneladas de escoria por lote lixiviado, siendo el tiempo de lixiviación de 48 horas al cual se le adiciona cianuro en elevada concentración para lixiviar el oro que pueda haber, desprendiendo compuestos nitrogenados. [5]

5.2.7. Planta de tratamiento de aguas en exceso PTAE

MYSRL cuenta con dos plantas de tratamiento de aguas de excesos (PTAE), las cuales inician operación cuando las embalses de solución, por efecto de la precipitación, almacenan volúmenes predeterminados o cuando ocurre un incremento inusual de los volúmenes o una lluvia excepcionalmente fuerte; por ello se denominan aguas de exceso.

Durante la temporada más seca del año, todas las aguas de proceso se reutilizan no requiriéndose la operación de las plantas de tratamiento de aguas de exceso.

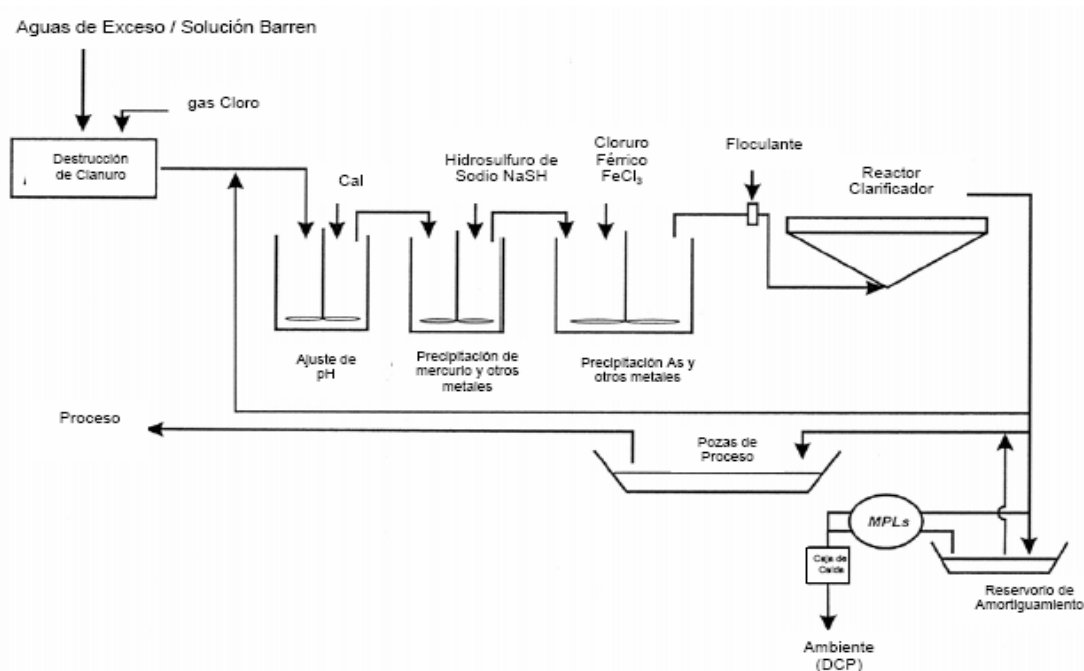
El sistema de tratamiento de aguas de exceso tiene los siguientes componentes:

- Tanque de agitación y mezcla de cloro para oxidación de cianuro.
- Tanque de agitación y mezcla de cal para ajuste de pH y así conseguir la reducción de los metales pesados.



- Tanques de agitación y mezcla de floculante e hidrosulfuro de sodio para remoción de arsénico y otros metales, y precipitación de mercurio.
- Tanque de agitación y mezcla de cloruro férrico para remoción de metales, principalmente cadmio y arsénico.
- Adición de floculante y remoción de los sólidos precipitados en un reactor clarificador.

La figura siguiente ilustra el diagrama de flujo de la planta:



Fuente: INGETEC S.A. Informe de Auditoria y Evaluación Ambiental. Volumen 1 de 1. Noviembre 2003

Figura 19: Diagrama de flujo de la planta de tratamiento de aguas en exceso.

Los componentes referidos están diseñados para garantizar concentraciones de cianuro WAD (ácido débil disoluble) menores de 0,2 mg/l en el efluente, así como valores de múltiples parámetros físico-químicos por debajo de los límites máximos permisibles (LMP) establecidos por la normatividad Peruana. [6]

1) Planta de Carachugo

La primera planta de tratamiento formó parte de las instalaciones de la planta de procesos del proyecto Yanacocha-Carachugo Sur.



La capacidad actual de la planta es de 700 m³/h, divididos en un módulo original de 400 m³/h, construido para las aguas de exceso de Carachugo, y un módulo posterior de 300m³/h para las aguas “residual” de exceso producidas por Carachugo y Maqui-Maqui. [8]

El sobrenadante de cada clarificador es descargado al tanque amortiguador de Pampa Larga, el cual vierte su efluente a la Quebrada Pampa Larga, antes del punto de control de cumplimiento de descarga (DCP) localizado 1,5 km aguas abajo, sobre la Quebrada Honda.

Actualmente, el sitio del punto de control de cumplimiento de descarga está en proceso el cambio; se planea pasarlo al tanque de amortiguamiento.

Los lodos de cada clarificador son trasladados al tanque de lodos para su descarga a la pila de lixiviación de Carachugo o para su retorno a la planta de excesos.

2) *Planta de Yanacocha*

La planta de Yanacocha comprende dos módulos que operan en paralelo durante la época de lluvias, a saber: un módulo de 550 m³/h, construido originalmente para tratar las aguas de exceso de la planta de procesos de Yanacocha, y un segundo módulo de 500 m³/h, para satisfacer los requerimientos de tratamiento de aguas de exceso de La Quinoa. [8]

5.2.8. Embalse de control de la disolución

La finalidad de los embalses es el almacenamiento de aguas que proceden de las lluvias mezcladas con la disolución pobre de la lixiviación por cianuro en las pilas.

Los volúmenes de disolución que exceden la capacidad del embalse de almacenamiento de la disolución rica y pobre, y los provenientes de los subdrenajes, son descargados al embalse de control de la disolución localizado inmediatamente aguas abajo del embalse de almacenamiento. Los volúmenes de disolución en exceso de la capacidad de los embalses de almacenamiento y de los de control se descargan a un embalse de control de mayor tamaño, localizado aguas abajo del de menor tamaño como se muestra en la figura 14 de la Pág.25.



Los afluentes son llevados al proceso de columnas de carbón activado o en caso que, por fuertes lluvias no de cabida a más agua, a la planta de tratamiento de aguas en exceso.

Para determinar la capacidad máxima de los embalses de almacenamiento, de control de mayor y menor tamaño, inicialmente se calculan 35 volúmenes de embalses (incluyendo desembalses de 8 horas de duración) para cada mes del período de 35 años que abarcan los registros complementados de lluvia, y se realiza un análisis de frecuencia para determinar los volúmenes de embalses con 1%, 10% y 50% de probabilidad de excedencia para cada mes durante la vida operativa de los embalses. [6]

Los embalses de control menores y mayores, están constituidos de la misma manera que los embalses de almacenamiento de la disolución –descritas en la Pág. 25-.

5.2.9. Pulmón de la solución residual a recircular

Son embalses que recogen el circuito de agua cianurada proveniente de los filtros prensa, es decir, el agua ya utilizada en el proceso –o disolución residual- que se recircula de nuevo pasa por un pulmón antes de incorporarse a la pila de lixiviación.

En dicho pulmón, se agrega la disolución cianurada a partir de un tanque dosificador de cianuro, para que la cantidad de este en la disolución sea la adecuada en el proceso de lixiviación (50mg/l).

Antes de llegar al pulmón, pasa por un tanque de disolución estéril, donde se agrega cianuro y reactivos desincrustantes para bombear la disolución para su reutilización.

5.2.10. Tratamiento de drenajes ácidos de mina (DAM)

Los cortes y vertederos de la minera representan ser, debido a la naturaleza mineralógica de la roca, material potencialmente generador de acidez, PAG. Para ello MYSRL tiene un procedimiento para esta agua donde, dependiendo del origen del drenaje y su ubicación, se trata antes de descargarlo al medio ambiente tal como se muestra en el cuadro anexo.



Emplazamiento o Instalación de Tratamiento de Agua Ácida	Origen de los Drenajes Ácidos Tratados	Eliminación de Aguas Tratadas
Planta de Tratamiento de Agua Ácida de La Quinua (AWTP)	<ul style="list-style-type: none"> • Lixiviados del botadero de desmonte de La Quinua • Lixiviados del botadero de desmonte de Yanacocha Norte • Pozos de desagüe del tajo de La Quinua 	<ul style="list-style-type: none"> • DCP3 • Usos de la mina (suspensión de polvo, planta de aglomeración) • Canales
Planta de Proceso de Carachugo	<ul style="list-style-type: none"> • Lixiviados del botadero de desmonte de Carachugo Norte 	<ul style="list-style-type: none"> • Poza de amortiguación de Pampa Larga • Agua del Proceso
Lago del Tajo Maqui – Maqui Sur	<ul style="list-style-type: none"> • Lixiviados del botadero de desmonte de Maqui 	<ul style="list-style-type: none"> • Ninguna descarga al medio ambiente como lago del tajo actualmente actúa como un pozo de aguas freáticas
AWTP de Yanacocha	<ul style="list-style-type: none"> • Desagüe de los tajos Yanacocha Norte y Sur 	<ul style="list-style-type: none"> • Poza de amortiguación de Pampa Larga • Mantenimiento • Usos de la mina • Agua de proceso

Fuente: INGETEC S.A. Informe de Auditoria y Evaluación Ambiental. Volumen 1 de 1. Noviembre 2003.

Figura 20: Tabla de los diferentes tratamientos de DAM en Minera Yanacocha.

Se requiere controlar el nivel freático en las paredes de los cortes para proporcionar condiciones seguras y secas para el trabajo en la explotación de los cortes. Este control se hace mediante la operación de pozos de drenaje o desagüe, con la obtención de aguas ácidas.

Los lodos producidos durante el tratamiento activo de los DAM contienen metales potencialmente tóxicos precipitados como hidróxidos o sales. Para evitar colmatación e ineficiencia del proceso, los lodos son removidos por gravedad de tanques sedimentadores y clarificadores y del fondo del lecho de los serpentines y son enviados para almacenamiento en pilas de lixiviación.

Se hallan diferentes tipos de tratamientos para los PAG en MYSRL:

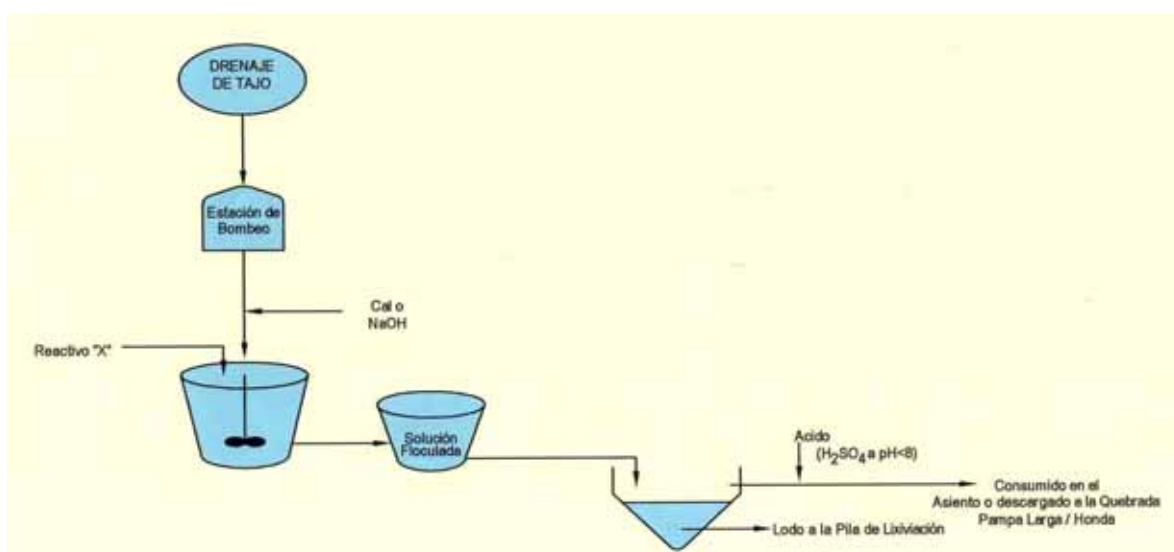
- Planta de tratamiento de aguas ácidas, PTAA

En estas plantas el agua es acondicionada en términos de pH y contenido metálico para posteriormente ser retornadas hacia los puntos de vertimiento autorizados en Río Grande (DCP3), Quebrada Encajón (DCP4) y Quebrada San José (DCP5).



Existen dos plantas de tratamiento de aguas ácidas que recogen los drenajes de los cortes de la Quinua Central y Yanacocha y son bombeados a sus respectivas plantas. Ambas tienen el mismo procedimiento que, como se muestra en la figura 21, consta de:

- Neutralización y precipitación mediante adición de cal, $\text{Ca}(\text{OH})_2$, o soda cáustica, NaOH , en exceso hasta neutralizar la acidez y obtener un pH básico que suele estar comprendido entre 8 y 11.
- Floculación por uso de un sedimentador mecánico de placas de alta tasa donde se obtiene la disolución floculada antes de separar los lodos del agua tratada.
- Clarificador cónico y control de pH agregando ácido sulfúrico por goteo hasta alcanzar pH neutro (entre 7.5 y 9). [6]



Fuente: EIA Proyecto Suplementario Yanacocha Oeste. Febrero 2006

Figura 21: Diagrama de flujo de la planta de tratamiento de aguas ácidas.

Una vez se ha concluido el proceso las aguas son consumidas en el asiento o descargadas en la Quebrada Honda o Pampa Larga.

1) Planta de La Quinua

La descarga proveniente del sistema de bombeo de La Quinua se conduce hacia el embalse de retención de La Quinua a través de dos tuberías de descarga principales; el agua almacenada en este embalse se conduce por tuberías de flujo a gravedad, a la AWTP de La Quinua. El caudal de agua de mina bombeada en la zona del Corte La Quinua alcanza actualmente un promedio de 250 l/s.



La PTAA consta de dos plantas de neutralización idénticas de capacidad 1300 m³/h cada una⁸, LQA-1 Y LQA-2 que siguen el proceso descrito en el apartado anterior. El agua tratada de esta planta se produce todo el año.

Una vez tratadas, las aguas son derivadas, mediante tuberías de retorno de HDPE, hacia las cuencas originales de donde provienen las aguas a tratar y son descargadas en el cuerpo receptor con la finalidad de mantener el balance hídrico de estas. Normalmente esto se traduce en descargas en canales de irrigación, cabecera del Río Grande en el punto DCP3 o para consumo del proceso minero.

2) Planta Yanacocha

Las descargas del sistema de drenaje de Yanacocha Norte son conducidas a una estación de transferencia y desde allí bombeada, con un caudal promedio de 75 l/s, hacia la PTAA de Yanacocha de capacidad 540m³/h. [8]

Los efluentes se utilizan para consumo dentro del proceso y otros fines, supresión del polvo, mantenimiento de camiones etc. Si no se consume y cumple con los estandartes de calidad de agua, se descarga en la Quebrada Pampa Larga.

Se construye un embalse de mezcla en Carachugo tal que los efluentes de la PTAA sean dirigidos directamente al embalse antes de descargarse.

- Serpentes acondicionados con Neutramil

Se efectúa monitoreo automático de pH y de acuerdo con los valores registrados se procede a adición de cal y/o soda cáustica (NaOH), y a adición de un floculante que contribuye a la precipitación de los metales presentes en las aguas ácidas.

- Actuación directa en los cortes

Algunos drenajes ácidos generados en material rocoso descubierto, especialmente en los cortes Maqui Maqui Norte y Maqui Maqui Sur, son neutralizados cerca de su fuente mediante adición directa de cal, Ca(OH)₂.



Por otra parte se consideran actuaciones especiales en los vertederos. Así, las especificaciones de los sistemas de recolección y conducción de drenajes ácidos en los vertederos son:

- Revestimiento de la sub-rasante con material de baja permeabilidad ($e = 300$ mm)
- Sistema de recolección de agua infiltrada, con tubería perforada de concreto y capa de material de filtro
- Pendiente: máxima 2.5H:1V para la fundación
- Capacidad del tanque de captación: volumen de drenaje en 24 horas, con borde libre mínimo de 0,6 m
- Revestimiento: con 5 capas de geomembrana
- Salida en tubería tipo HDPE (Polietileno de Alta Densidad), dirigida a una PTAA. [6]

El desmonte de PAG es aislado mediante “encapsulamiento” en el interior del vertedero, con el objetivo de dificultar o impedir el acceso de agua y oxígeno hacia los sulfuros minimizando o previniendo la generación de drenajes ácidos. El “encapsulamiento” se efectúa colocando capas de desmonte inerte (mínimo 3 m) en la base, costados laterales y en la parte superior del desmonte PAG. Sobre las superficies planas del vertedero y en las pendientes laterales se instalan capas de baja permeabilidad cubiertas con capa superficial de suelo y re-vegetación para reducir la infiltración. [6]

5.2.11. Tanque amortiguador

Los efluentes de las dos plantas de tratamiento de aguas de exceso, son descargados al tanque amortiguador de Pampa Larga para su mezcla con efluentes de las distintas plantas PTAE y PTAA y su posterior descarga a la quebrada Pampa Larga.

La descarga se realiza a la quebrada Pampa Larga, ya sea directamente desde cada planta de tratamiento de aguas de exceso o desde el tanque amortiguador, debiendo cumplir con los límites máximos permisibles fijados por la normatividad peruana, medidos en el punto de



control de la quebrada Honda, aguas debajo de la confluencia de la quebrada Pampa Larga y el río Colorado.

Se ha de señalar que la descarga en Pampa Larga no se realiza en los siguientes casos:

- Que no cumpla con los límites máximos de concentración de los parámetros de control operativo de cada planta, a saber: cianuro WAD, pH y Hg, en cuyo caso se descargan al embalse de control para su retorno a las pilas de lixiviación o se retorna al inicio de las plantas de tratamiento de aguas de exceso.
- Que se cumpla con los parámetros de control operativo pero el tanque amortiguador se encuentre lleno; en este caso, se realiza la descarga directa del efluente a la quebrada Pampa Larga.

5.2.12. Sistema de control de sedimentos

Minera Yanacocha tiene un programa integral de control de erosión y sedimentos implementado para minimizar los impactos de la minería en el ecosistema acuático y en los usuarios de agua río abajo del distrito minero. Este programa dispone de tres tipos de controles: en la fuente, intermedios y finales (estos últimos en el límite de la operación), a través de la sedimentación en estructuras de control.



Figura 22: Barrera de control de sedimentos ubicada debajo de la canalización de la pila de lixiviación.



Dentro de dicho programa actúan barreras y embalses de control de sedimentos, 13 serpentines que captan el agua de escorrentía superficial que discurren por las quebradas en las que se realizan las operaciones mineras y dos diques o presas de control de sedimentos. [11]

Dichos serpentines tienen una doble función, además de controlar los sedimentos, ayuda al control de los DAM como se ha explicado en el apartado de tratamiento de drenajes ácidos de mina redactado en este mismo punto.

Los diques son estructuras de control de sedimentos que se han construido para asegurar que el agua que deja la propiedad de la mina tenga niveles aceptables de sólidos en suspensión. Son las presas de las cuencas del Río Rejo y Río Grande (se pueden ubicar en el mapa de la figura 4 del presente documento). Actualmente están funcionando según el diseño y generalmente cumplen con el estándar de descarga de 50 mg/L de sólidos totales en suspensión (TSS) en condiciones normales de operación.

Se ha implementado un sistema para monitorear los diques a través de sensores para medición de turbidez, caudal, nivel de embalse, filtraciones, acidez (pH), temperatura y altura de piezómetros. Estos datos son almacenados y enviados por telemetría a una central de información para su procesamiento lo que proporciona un esquema para la mejora continua con respecto al control de erosión y sedimentos.

Durante el 2005, en la presa del Río Grande la concentración de TSS promedio en la descarga fue de 20mg/L, mientras que en la presa del río Rejo fue de 24 mg/L. [12]

Después de realizar estudios batimétricos, se estima que la presa del Río Grande tendrá una vida útil de aproximadamente 27 años, y que la del Río Rejo 19 años. En ambos casos, se asume que la estructura culminará su servicio activo cuando la mitad de la capacidad del dique se encuentre llena de sedimentos. [12]

5.2.13. Vertederos del mineral residual extraído de los cortes

La Minera Yanacocha clasifica el material estéril o de desmante e identifica si es desmante potencial generador de acidez, PAG o no. Se aísla el desmante PAG mediante material inerte



u oxidado, proveyendo una barrera con la intención de prevenir el acceso de agua y de oxígeno a los sulfuros que en caso contrario se oxidan y producen grandes cantidades de aguas ácidas.

Existen medidas preventivas para evitar posibles drenajes o escorrentías en los vertederos:

- Construcción de canales de derivación alrededor de los vertederos. Al interior de los mismos controlan la infiltración de aguas de escorrentía, evitan acumulación en vertederos y facilitan el drenaje. Para prevenir el acceso de aguas de escorrentía, se construyen éstos canales que bordean el perímetro del área del vertedero. Adicionalmente, se adecuan pendientes y se establecen canales de derivación al interior del vertedero para evitar estancamiento de aguas.
- Control de sedimentación mediante zanjas y la re-vegetación temporal complementan las medidas anteriores. Dicha medida evita que el material PAG que se deslice de los taludes afecte el suelo orgánico no perturbado.
- Programa de monitoreo esencial para alertar sobre deficiencias y para implementar medidas correctivas oportunas frente a una posible escorrentía de drenaje ácido.

Además, para depositar el desmonte, ya sea mixto e inerte o PAG, se buscan zonas en las que el drenaje natural pertenece a una sola cuenca hidrográfica y en donde la afectación del medio natural sea menor.



Figura 23: Vertedero de desmontes no PAG. La zona verde es aglutinante y todo esta revestido con una malla.



La diferencia entre los vertederos no generadores de acidez y PAG es fundamentalmente que los PAG se encuentran revestidos con una geomembrana en su parte inferior –detallada en el apartado de *tratamiento de drenajes ácidos de mina*–.

Debido a la topografía de la zona, es frecuente que estos vertederos se ubiquen en depresiones pendientes. Por ello, el criterio esencial del diseño es construir un relleno de contención en la parte inferior y de aguas abajo del área de almacenamiento, sobre el cual se comienzan a colocar, en franjas hacia arriba y sobre la ladera, los materiales a depositar. [6]

5.2.14. Disposición de residuos domésticos y químicos

Los desechos domésticos son transportados a un relleno cubiertos semanalmente con 50 centímetros de material de relleno. Mientras que los desechos químicos son almacenados temporalmente en áreas acondicionadas.

Los desechos primarios incluyen:

- Plomo: generados en los ensayos de oro relacionado con la preparación y análisis de las muestras de taladros llevado a cabo en el laboratorio químico donde se recolectan: todos los desechos de Pb, incluyendo copelas y crisoles usados y polvo de Pb recolectado en el sistema de ventilación. Estos desechos se recogen y almacenan y se colocan en la pila de lixiviación donde interacciona el plomo con el cianuro.
- Efluentes de laboratorio: relacionados con absorción atómica usado para los ensayos de las muestras de los taladros. Los efluentes líquidos son conducidos por tuberías a las pila de lixiviación y se mezcla con el proceso.
- Aceites usados o residuales se recolectan y almacenan en el taller de mantenimiento. Es recolectado por un contratista. Investigando sobre el posible uso del aceite usado como combustible para voladura hornos de calentamiento y horno de Chinalinda. [8]

Finalmente, una vez almacenados, los residuos generados en el laboratorio son llevados a la pila de lixiviación, siendo así instaurados en el proceso de operación. [10]



5.3. Ubicación de las distintas etapas de extracción, procesado y transporte dentro del recinto minero.

En el siguiente gráfico se muestran las ubicaciones de los distintos elementos de la extracción de oro: cortes, pilas de lixiviación o PADs, plantas de procesado, vertederos, oficinas y las lagunas que existen dentro del distrito minero.

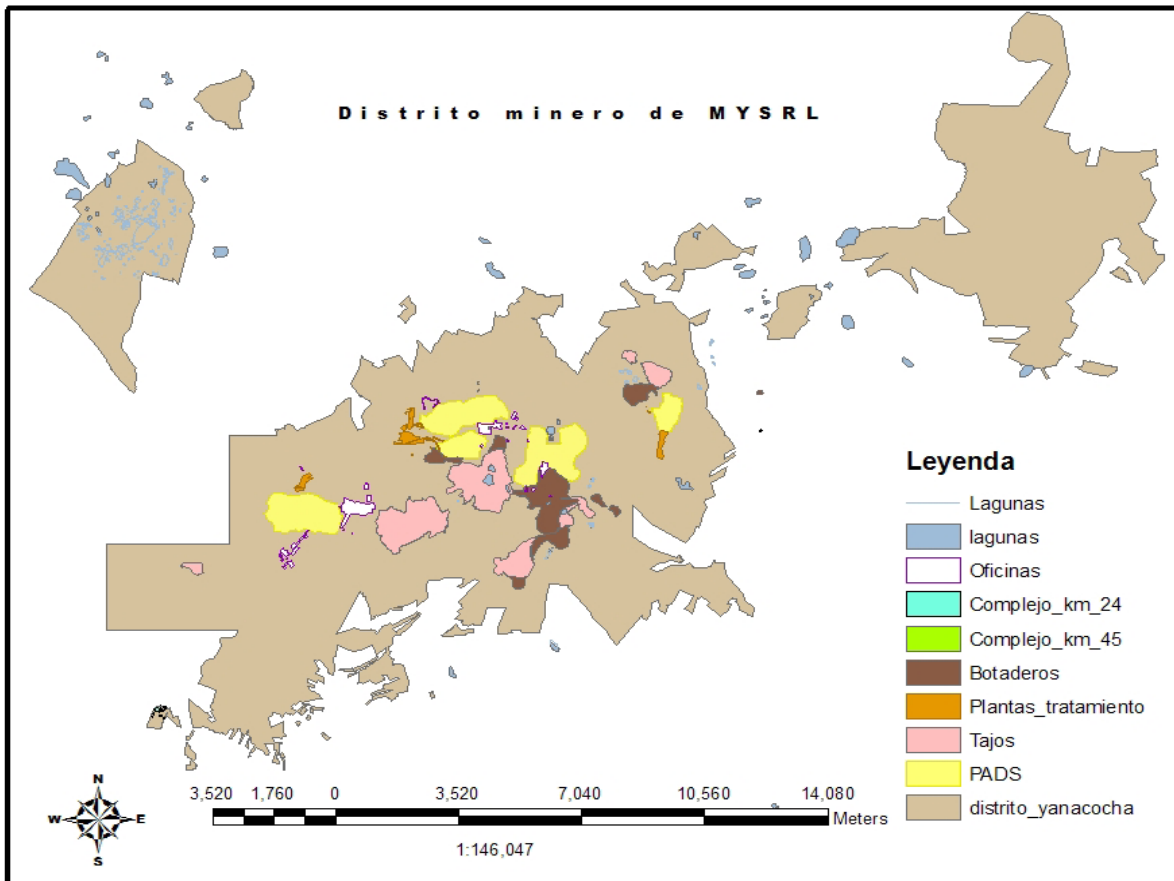


Figura 24: Mapa del distrito minero de Yanacocha y sus instalaciones.

Actualmente, el corte de Maquimaqui se encuentra en proceso de cierre, aunque la pila continúa lixiviando. El corte de San José está siendo habilitado como reservorio de agua – mediante la previa permeabilización con geomembrana-. La intención de MYSRL es abastecer con el agua del reservorio a los 4 canales de agua que la empresa estima que secó en el transcurso de las operaciones mineras. [5]

Los cortes de Carachugo y Yanacocha están en proceso de expansión. El proceso de expansión de Carachugo, conocido como Carachugo II y fuente del conflicto originado



recientemente con la población del centro poblado de Combayo, se denomina Proyecto Suplementario y fue aprobado el 2006.

Existen dos proyectos de expansión del cerro Yanacocha que se encuentran en proceso de revisión por parte del Ministerio de Energía y Minas de Perú. Estos son el Proyecto de Expansión Yanacocha Zona Este, PEYZE, y el Proyecto de Expansión Yanacocha Zona Oeste, PEYZO.

Todas las pilas de lixiviación se encuentran operativas, aunque según las estimaciones de la empresa, ha llegado al máximo de su producción, es por ello que busca aumentar el volumen de su explotación, para poder mantener el mismo nivel de beneficios durante los próximos años.

Como se ha explicado detalladamente en el apartado etapas del proceso, 2.2., la extracción se realiza en los cortes o *pits*, de ahí pasa a las pilas de lixiviación donde es rociada con disolución cianurada, se almacena en las embalses y finalmente se procesa en las plantas de tratamiento. En el gráfico que se muestra a continuación, las flechas negras muestran el recorrido del mineral. Debería incluirse que el material de desecho de los cortes es llevado al vertedero más cercano al corte correspondiente.

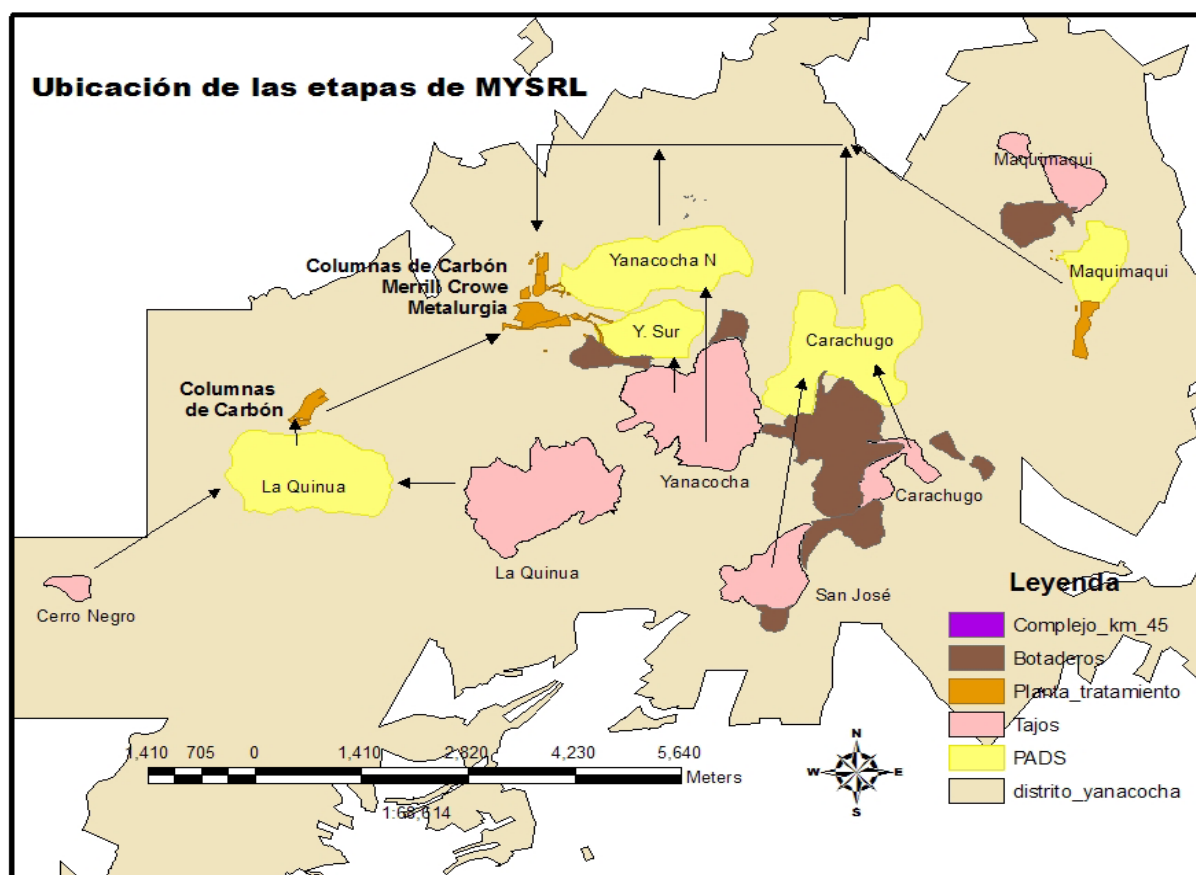


Figura 25: Recorrido del mineral aurífero durante el proceso dentro del distrito minero.



5.4. Conocimiento de la gestión de recursos hídricos en MYSRL

❖ Procedencia del agua utilizada por parte de la minera

Como ya se ha mencionado, Minera Yanacocha se encuentra ubicada en cabecera de cuatro cuencas: Honda, Rejo, Chonta y Porcón. Esto conlleva una implicación directa sobre el tratamiento de las aguas superficiales y subterráneas por parte de la minera. Agregando la permisividad de la legislación peruana que, en la actualidad, no tiene ningún tipo de regulación para el agua de cuencas mientras que si legisla impuestos en el uso de aguas superficiales, se puede pensar que de esta forma se promueve el hecho de utilizar el agua de cuencas en detrimento del agua superficial, que por otra parte, resulta más sencillo de evaluar su cantidad y calidad y, por consiguiente, el impacto que la mina genera sobre ésta.

Las aguas de reemplazo son aquellas que es necesario adicionar al ciclo de lixiviación cuando se amplían los caudales de lixiviación requeridos o para compensar las pérdidas de agua de proceso debidas principalmente a la evaporación en las pilas de lixiviación y en las embalses de disolución.

Según la auditoria realizada por Ingetec, las aguas de reemplazo se obtienen de excedentes almacenados en el período de lluvias o de pozos de bombeo operados para controlar la infiltración de aguas subterráneas al interior de los cortes. El almacenamiento de aguas de reemplazo puede hacerse parcialmente en los embalses de eventos mayores, en los embalses de almacenamiento de aguas de exceso sin tratar (por ejemplo, en Carachugo), o en los embalses de almacenamiento de aguas tratadas en la EWTP, como en el caso de Cerro Yanacocha, según se describe en el Estudio de Impacto Ambiental de este emplazamiento.

Al no existir informes integrales preliminares a la minera en cuestión de la cantidad de agua en cuenca así como su calidad, no se puede realizar un estudio en el que se demuestre el impacto real de la minería, que cantidad y tipo de agua ha agotado y/o contaminado. No obstante, a partir del *Reporte de Evaluación Independiente de la Calidad y Cantidad del Agua en la cercanía del Distrito Minero Yanacocha* realizado por Stratus Consulting Inc. se pueden observar puntos de muestreo que no han sido afectados por el proceso extractivo, de forma que se pueden considerar como blanco –punto con el cual se puede comparar y estimar el



impacto producido-. Sobre este aspecto se basan algunas conclusiones expuestas en el siguiente punto: calidad del agua antes y después de su utilización.

Existe no obstante un único estudio de línea base al cual hacen referencia todos los estudios de Impacto Ambiental: Biodiversidad y Ecología de las Áreas bajo Denuncio de Minera Yanacocha, 1995, Bazán et al. Como informa la auditoria realizada por INGETEC, este estudio no resulta suficiente por las deficiencias en aspectos de análisis de aguas y biológico que presenta:

Existe escasez de información climática de referencia para los análisis de balance hídrico, insuficiencia de análisis de eventos hidrológicos críticos, incluyendo contingencias como la falla del elemento impermeable de las pilas de lixiviación y falta de análisis de los riesgos implicados por insuficiencia de las instalaciones de tratamiento de aguas de proceso. Se aconseja entregar permanentemente un efluente con la mejor calidad posible, para beneficio del medio ambiente, considerando fenómenos como el de la bioacumulación y teniendo en cuenta las limitaciones del conocimiento actual respecto a la vulnerabilidad de los ecosistemas del área de influencia.

❖ Consumo de agua por parte de Minera Yanacocha

La situación a día de hoy es que no se conoce con exactitud la cantidad de agua que la mina utiliza ni la procedencia de dicha agua.

El agua que se encuentra en los tajos, agua de procedencia subterránea, es bombeada hacia la planta de tratamiento y luego puede ser descargada o incluida al proceso dependiendo de las necesidades del sistema. Se estima que el 5% del agua bombeada es utilizada y el 95% restante es vertido hacia aguas superficiales.

El permiso de **uso** (utilización) de agua por bombeo total es de **900 l/s**. La estimación promedio de bombeo en la mina es de unos 500 l/s. En el complejo minero existen entre 20 y 30 pozos de donde se extrae el agua con permiso de extracción para su uso de 25 l/s. El agua es **consumida**, a razón de **52 l/s**, para control de polvos -irrigación de carreteras-. [11]



Además de la irrigación por control de polvos, el consumo de agua se produce principalmente en la irrigación de las pilas de lixiviación, además del proceso en planta (Merrill Crowe y carbón activado) y en a fundición y refino.

La utilización del agua en las plantas de procesado y de fundición procede, como se ha descrito en el apartado anterior, del circuito cerrado, en el cual se almacena agua en los embalses de control en época de lluvias para utilizarlo en época seca.

No obstante, existe una necesidad de utilización de agua procedente de fuentes externas al circuito cerrado de carácter especial y durante todo el año. La mayoría de esta agua es devuelta al pulmón de solución cianurada recirculándose así al proceso.

El volumen de esta agua de fuentes externas se observa a continuación:

Proceso	Volumen (m ³ /año)	Caudal Promedio (l/s)
Merrill-Crowe	11.000	0,35
Columnas de Carbón	638.000	20
Fundición	1.700	0,05

Fuente: Datos facilitados por Mike Wilton, Ingeniero jefe de Proyectos de gestión de agua de MYSRL.

Figura 26: Usos del Agua en Merrill-Crowe, Columnas de Carbón, y Fundición el 2006.

Por otra parte, también debe considerarse el hecho de que por el almacenaje que se produce de agua en los embalses de control, no es necesario añadir agua al sistema, al contrario es necesario descargar parte de esa agua para que el sistema no se colapse. Los caudales del agua descargada con ese fin y la evaporación que se da en los embalses se muestran en la tabla anexa:

	Agua excedente del circuito (l/s)	Evaporación Promedio (l/s)
Época Seca (de mayo a septiembre)	127	96,45
Época de Lluvias (de octubre a abril)	376	173,61

Fuente: Datos facilitados por Mike Wilton, Ingeniero jefe de Proyectos de gestión de agua de MYSRL.

Figura 27: Caudales promedio de recirculación del proceso y de evaporación el 2006.



También se consume una cantidad apreciable, debido al gran volumen de la minera, en el mantenimiento de la maquinaria pesada utilizada en la extracción. Concretamente utiliza para ello un caudal promedio de 2 l/s en la planta de Yanacocha Norte. El agua excedente se recircula al proceso.

Asimismo, se ha de tener en cuenta las aguas servidas que son utilizadas en servicios en el distrito minero. Conjuntamente, se ha de contabilizar una parte de agua bombeada desde las cuencas para dichos requerimientos.

❖ Distribución de la misma –canalizaciones, utilización y depuración-

En la descripción de las distintas etapas del proceso (apartado 4.2) se detallan más concretamente las utilidades, canalizaciones y flujos de agua en el complejo minero.

En referencia a la gestión del agua y plan de contingencia y seguridad cabe destacar que bajo los elementos impermeables de las pilas de lixiviación y bajo las embalses de disolución, se construyen subdrenajes para captar el agua subterránea proveniente de manantiales, nacimientos e infiltraciones aflorantes, que representan volúmenes considerables de agua. Las aguas captadas por los subdrenajes se llevan a sumideros localizados al pie de las pilas de lixiviación o aguas abajo de las embalses de disolución. De estos sumideros se bombean las aguas captadas al embalse de control para integrarlas a las aguas de proceso.

Existe, conjuntamente, un sistema de detección y control de filtraciones en el cual cada seis meses se miden los caudales de las corrientes de la zona de influencia de las pilas de lixiviación, y se toman muestras para análisis físico-químicos completos que se comparan con los de línea base y sirven para detectar posibles contaminaciones.

La distribución del agua de MYSRL, una vez extraída y agregada al circuito de producción, es llevada a un sistema de tratamiento y pre-tratamiento antes de verterla al medio.

Concretamente las aguas de la zona de Yanacocha Norte van a las plantas de osmosis inversa como pre-tratamiento trabajando en paralelo con planta de tratamiento de aguas en



exceso de Yanacocha Norte, PTAEYN, mientras que las aguas procedentes de Carachugo son tratadas en la planta de tratamiento de aguas en exceso de carachugo, PTAECA.

La planta de osmosis Inversa, de 1,250 m³/h de capacidad, se aprovecha principalmente para tratar agua utilizada en la operación donde no se usan reactivos. La capacidad de PTAEYN es en total de 1050 m³/h (500 para aguas procedentes de La Quinua y el resto de Yanacocha), mientras que llega a 700 m³/h en PTAECA, 400 m³/h de los cuales son destinados para aguas procedentes del propio Carachugo y los 300 m³/h restantes para las aguas residual de Carachugo y Maquimaqui.

Para las aguas ácidas procedentes del drenaje de mina en los cortes existen diversos tratamientos: las plantas de tratamiento de aguas ácidas, PTAA, de La Quinua y de Yanacocha, el lago del corte Maquimaqui y la planta de procesos de Yanacocha. Todos ellos se encuentran ampliamente descritos en el apartado de drenajes ácidos de mina dentro del apartado 4.2.10.

Después de haber sido tratadas las aguas, ya sea mediante PTAE, y PTAA de Yanacocha y planta de tratamiento de Carachugo, el agua es enviada a una tanque amortiguador antes de verter finalmente el agua al río. Este tanque sirve para regular y controlar la cantidad y calidad del agua volcada en Pampa Larga, en la Quebrada Honda.

Por otro lado, el agua de procedencia de PTAA de La Quinua es descargada en tres destinos: canales de irrigación, en el punto DCP3 en la cabecera del Río Grande ubicado en la Cuenca Porcón, en la Quebrada Callejón, y para usos de la mina.

El actual sistema de tratamiento de efluentes de agua de proceso se apoya en la capacidad de dilución con aguas del tanque amortiguador y de las corrientes superficiales receptoras, aguas arriba del punto DCP (descarga quebrada pampa larga).

Por otra parte, no existe un plan específico de contingencia para el tratamiento de efluentes que no cumplan con la calidad necesaria para proteger los cursos de agua abajo del punto DCP.

Es decir, faltan procedimientos específicos para manejar contingencias que resulten en el derrame de aguas de proceso y la contaminación de los recursos hídricos.



Existe un procedimiento general para la ocurrencia de un evento hidrológico mayor que el de diseño de las instalaciones. Sin embargo, este procedimiento carece de un análisis detallado de cómo se desarrollaría el fenómeno, cuáles serían sus consecuencias y como se propagarían hacia aguas abajo. Tampoco se halla de forma definida, para cada instalación específica, cómo se manejarían fugas hacia los acuíferos.

6. Identificación de posibles sucesos no deseados que pueden generar impactos ambientales en el recurso hídrico.

Al analizar el proceso de extracción de oro por lixiviación de cianuro de Minera Yanacocha, se pueden observar diversos aspectos dentro de éste que se podrían considerar de riesgo ambiental por la vulnerabilidad que estos presentan.

Se entiende riesgo ambiental a la probabilidad de que ocurran accidentes mayores que involucren a los materiales peligrosos que se manejan en las actividades de alto riesgo, que puedan trascender los límites de sus instalaciones y afectar adversamente a la población, los bienes, al ambiente y los ecosistemas.

Principalmente existen cinco puntos destacables en relación a la posible afectación del recurso hídrico:

1. En referencia a la Pila de Lixiviación:

El sistema de geomembrana que es utilizado como revestimiento de la pila de lixiviación – que se encuentra definido en el apartado 4.2.2- esta diseñado para una pila en la que la operación que se produzca en ella sea simplemente la de lixiviar el cianuro.

- En la práctica encontramos que MYSRL utiliza la pila como vertedero, es decir, muchos de lo que serían considerados residuos son enviados a la pila. Estos residuos son los **lodos** generados en las plantas de tratamiento, tanto en las de aguas en exceso como ácidas, las **escorias** y los **residuos** procedentes de la piscina de disolución –que a su vez provienen de las plantas de tratamiento de Carbón Activado y Merrill Crowe- además de **residuos químicos** procedentes del laboratorio. Los lodos producidos durante el tratamiento activo



de los DAM contienen metales potencialmente tóxicos precipitados como hidróxidos o sales.

Esta práctica hace que la construcción y diseño de permeabilidad de la membrana no sea suficiente y constituya un riesgo de rotura.

- Los extremos de los PADs resultan un punto vulnerable de riesgo en cuanto a la rotura de sus geomembranas con el consecuente drenaje de metales pesados y disolución cianurada que correspondería a dicha rotura.

MYSRL indicó a la empresa auditora Ingetec, que todas las fugas detectadas durante las operaciones, sin excepción, han ocurrido en los sumideros que recogen la disolución al pie de las pilas de lixiviación, donde las geomembranas están sometidas a deterioro por las actividades operativas que se realizan en estos sumideros y que en todos los casos ha sido posible reparar el sistema de impermeabilización y eliminar la fuga.

Aunque el sistema de impermeabilización utilizado por MYSRL es considerado una práctica estándar de la industria y es aceptado por agencias de los Estados Unidos y el Banco Mundial, el sistema está diseñado para reducir a un mínimo el potencial de fugas pero no para eliminarlo totalmente. La vulnerabilidad del sistema de impermeabilización ha sido demostrada por la detección de algunos casos de contenidos de cianuro relativamente altos en las aguas descargadas por los sub-drenajes.

- Los subdrenajes existentes que sirven para extraer el agua subterránea de las pilas de lixiviación o de las embalses, pueden llegar a generar un problema ambiental en caso de que existan infiltraciones a través de las geomembranas debido a que, en este caso, actuarían como conductos hacia las aguas subterráneas facilitando así la contaminación de estas.

2. En el uso y tratamiento de aguas ácidas:

- Capacidad insuficiente de las PTAA y tratamiento inadecuado de estas:

Según los datos recogidos en el estudio realizado por Stratus Inc. se puede observar claramente que poco después del comienzo de la época de lluvias, el drenaje de minas



aumenta considerablemente y, dependiendo del flujo del caudal –condicionado por las lluvias– las plantas de tratamiento de aguas ácidas tendrán capacidad insuficiente para su tratamiento (*se saturan y son ineficaces, dando como resultado efluentes con material en suspensión, cabeza de alfiler, portadores de metales*).[6]

Además, a partir de dicho estudio, se concluye que se da la práctica de verter mayores cantidades de metales pesados aprovechando que el caudal es mayor. En varios casos, aprovechando la época de lluvia, se observan trazas de plomo por encima del límite establecido.

A través de los estudios realizados a MYSRL, se concluye que las plantas no siempre son operadas para garantizar la remoción de metales y cianuro. Así mismo, se ha detectado que en jornadas de mantenimiento las plantas dejan de funcionar sin asegurar los LMP de los metales que puedan permanecer en sus aguas.

- En diversos puntos al interior de la mina ocurren drenajes ácidos de pequeña magnitud, algunos de los cuales quedan aislados o “por fuera” del sistema de recolección y tratamiento.

Debido a lo extensa de la operación y al tipo de depósito donde, aún a poca profundidad, se encuentran altas concentraciones de sulfuros, el control de todas las fuentes puntuales de acidez es difícil, situación agravada por las condiciones climáticas existentes, especialmente en época de lluvias.

- Los serpentines son fácilmente colmatados en épocas de mayor pluviosidad, corriendo el riesgo de que los elementos nocivos precipitados sean finalmente arrastrados a las quebradas como material en suspensión y de esta manera sean dispersados en los cuerpos acuosos y afecten al medio natural.
- La operación diaria se flexibiliza sobre la base de que el efluente puede manejarse de tal forma que, a pesar de no tener una calidad óptima, no implique incumplimiento en los puntos de control de las descargas. [6]

Aunque se obtenga cumplimiento en los puntos de descarga autorizados, es inconveniente que los sistemas de tratamiento de DAM no se operen siempre garantizando un efluente totalmente controlado y de óptima calidad.



La flexibilidad generada a partir del sistema de descarga que tiene la mina debería ser utilizada para afrontar situaciones imprevistas pero no como una práctica diaria.

3. Con relación a los embalses de control.

Según el estudio realizado por INGETEC S.A. el Noviembre del 2003, el diseño de los embalses de control de la disolución ha sido subdimensionado. Teniendo en cuenta la pluviométrica local, resultan diseñadas de una manera demasiado ahorrativa, con el consiguiente riesgo de rebase.

Dichos embalses contienen altas concentraciones de disolución cianurada proveniente de las pilas, que resulta mayor en los embalses de disolución que en los de control por ser en el primero el destino real de la disolución cianurada.

4. Utilización de aguas naturales

Por la información que facilita la empresa minera, así como los diferentes estudios que ha habido sobre ésta, no resulta claro que se esté reduciendo al mínimo factible la utilización de fuentes naturales para proveer las aguas de reemplazo requeridas por el circuito de aguas de proceso.

Como se ha señalado con anterioridad, la posibilidad de utilizar aguas subterráneas -aunque sean tratadas- al ser vertidas a corrientes superficiales, está generando un impacto negativo en el medio ambiente.

5. En el uso y tratamiento de las plantas de tratamiento de aguas en exceso.

En el Manual de Tratamiento Ambiental no es claro cuál de las plantas de tratamiento de aguas en exceso debe entrar en operación, en función de los volúmenes almacenados en los embalses.

De la misma manera que sucede en las PTAA, se debería tener en cuenta la amplia flexibilidad que ofrece el gran número de interconexiones de agua existentes en el emplazamiento, dar disolución a esta falta de claridad para un mejor tratamiento del balance hídrico y de la operación de las PTAE.



7. Análisis de la afectación a aguas superficiales y freáticas causada por la actividad minera.

El estudio realizado a las aguas de MYSRL por Stratus Consulting Inc. en el 2003, proporciona información sobre la afectación de las aguas de las cuatro cuencas mostradas en las figuras 4 y 30. Concluyen que las cuencas más afectadas son Chonta y Honda.

El monitoreo realizado deduce que existen concentraciones de Aluminio, Arsénico, Cadmio, Mercurio y Plomo que podrían ser causa de contaminación. En el *Anexo C* se muestran tabulados los metales pesados que han excedido las concentraciones en las cuatro cuencas.

Se ha realizado una descripción de la naturaleza eco-toxicológica de estos elementos además del cianuro, sulfatos, carbonatos y demás metales pesados, presentada en el *Anexo A*, para complementar el estudio haciendo referencia a la toxicidad de estos elementos. A continuación se presenta brevemente los mayores riesgos originados en la salud:

- El alto grado de toxicidad del **cianuro** lo convierten en un compuesto de gran peligrosidad pudiendo originar considerables problemas ambientales. Este compuesto puede inhalado (gas), ingerido (líquido o sólido) o adsorbido por contacto dérmico. La intoxicación aguda en el ser humano resulta en convulsiones, vómitos, coma y la muerte.
- La toxicidad aguda de compuestos de **arsénico** en el ser humano es función de la capacidad de asimilación del cuerpo humano, causando un posible efecto letal debido a un daño gastrointestinal que da lugar a fuertes vómitos y diarrea. La arsina es considerada la forma más tóxica, seguida del arsenito, de arsenatos y los compuestos orgánicos de arsénico.
- El **cadmio** es un tóxico agudo en la que es suficiente un gramo para ser letal. La fiebre de vapores de metal causada por una exposición severa desarrolla generalmente un edema pulmonar agudo en 24 horas. Para una exposición crónica a niveles bajos, el ser humano está protegido por su propio metabolismo. La consecuencia más grave del envenenamiento por cadmio es el cáncer.



- El **mercurio** es el más volátil de los metales, siendo su vapor altamente tóxico al difundirse a través de los pulmones al flujo sanguíneo, originando un grave daño en el sistema nervioso central.
- Los efectos toxicológicos del **plomo** son los mismos por ingesta o inhalación. El plomo puede afectar a casi todos los órganos y sistemas en el cuerpo. La exposición a niveles altos de plomo puede dañar seriamente el cerebro y los riñones de niños y adultos causando la muerte.
- Se cree que el principal efecto nocivo de las aguas ácidas sobre los peces es debido al **aluminio**. La toxicidad del aluminio ha sido asociada a una reducción de la absorción de varios nutrientes de las plantas.

En las tablas siguientes se muestran los lugares considerados por Stratus Inc. como contaminados en la calidad y/o cantidad de sus aguas. Los signos “suma” de las tablas indican la afectación de la quebrada.

Cuenca del Chonta		
Quebradas:	Calidad	Cantidad
Ocucha Machay	+	
Arnacocha	+	+
Chaquicocha	+	+
Quinoa Río	+	+
Río San José	+	+

Figura 26: Contaminación en C.Chonta

Cuenca Honda		
Quebradas:	Calidad	Cantidad
Río Colorado		+
Canal Tual-Negritos	+	

Figura 27: Contaminación en C.Honda

Cuenca Porcón		
Quebradas:	Calidad	Cantidad
Encajón	+	+
Callejón		+
Quishuar	+	

Figura 28: Contaminación en C.Porcón

Cuenca Rejo		
Quebradas:	Calidad	Cantidad
Río Tinte	+	+
Río Rejo	+	

Figura 29: Contaminación en C.Rejo



A partir de los datos recogidos en el monitoreo realizado por Stratus Consulting en el 2003, se ha estudiado el comportamiento de los metales pesados en las aguas provenientes del distrito minero.

La determinación de los puntos analizados y graficados se basa en los siguientes criterios:

- Mayor proximidad al emplazamiento minero dentro de un mismo río, para que los metales no se vieran afectados por la dilución aguas abajo.
- Puntos detectados por Stratus Inc. como preocupación potencial expuesta a largo tiempo.
- Puntos que pudieran considerarse como blancos ambientales por localizarse en lugares próximos a los demás de la misma cuenca, que no se vieran afectados por la minería y que no se encuentre aguas abajo de ningún otro punto de muestreo.

Elementos estudiados:

Sulfatos, Calcio, Aluminio, Arsénico, Cadmio, Cobre, Hierro, Mercurio, Plata, Plomo y Zinc.

Se han distinguido estos elementos por considerarse los más representativos por la mineralogía del emplazamiento, su presencia en las aguas afectadas, su toxicidad, y el probable origen en la actividad minera.

No se ha incluido el cianuro en este análisis por encontrarse que en la mayoría de las muestras recogidas no se había detectado a la concentración reportada, asignándole el valor de 3 $\mu\text{g/L}$.

El mercurio es otro metal en el cual frecuentemente ha sucedido esto, asignándole un valor de 0,1 $\mu\text{g/L}$; es por ello que en algunas gráficas de mercurio del Anexo B se observan concentraciones constantes.

Los valores de los límites máximos permisibles, LMP, de las gráficas de los metales pesados As, Cd, Cu, Hg, Pb y Zn son los establecidos por las nuevas directivas europeas nombradas en la memoria del documento y presentadas en el Anexo D.

Para el caso del Cadmio, como se establece en la tabla de la página 2 del Anexo D, el valor máximo permisible depende de la concentración de carbonato cálcico, por ello es variable.



En el caso concreto del As, Cu y Zn, la normativa se establece anualmente, por lo que se ha estimado la media del caudal para determinar los LMP en función de la concentración en microgramos por litro.

La ubicación geográfica de los puntos analizados dentro del muestreo realizado por Stratus Consulting puede observarse en el mapa siguiente:

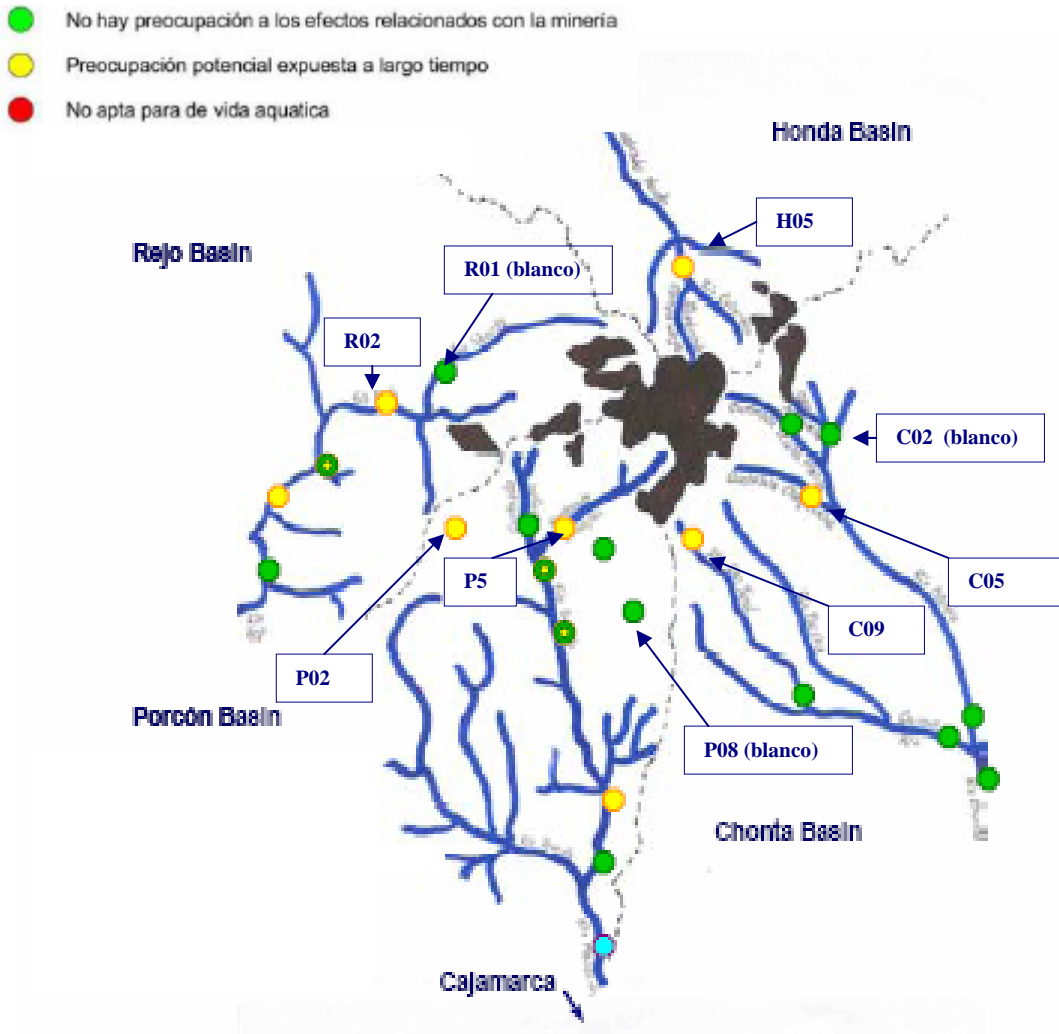


Figura 30: Puntos de muestreo analizados en el estudio de afectación de las aguas provenientes de MYSRL.

Por resultar más relevantes el Arsénico, Cadmio, Mercurio y Plomo, debido al aumento de sus concentraciones por encima de los LMP, la toxicidad propia de estos elementos y la clara diferencia entre las concentraciones de los puntos considerados como blanco de los puntos considerados como afectados por la actividad minera, se muestran algunas de las gráficas del Anexo B y C en la memoria.



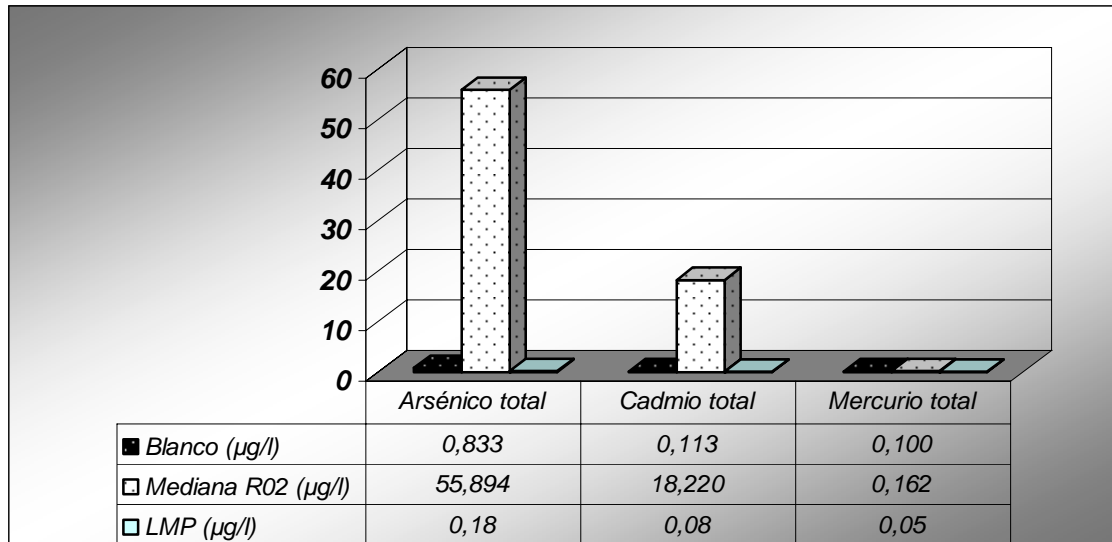


Figura 31: Concentraciones de As, Cd y Hg en Cuenca Rejo con los correspondientes LMP.

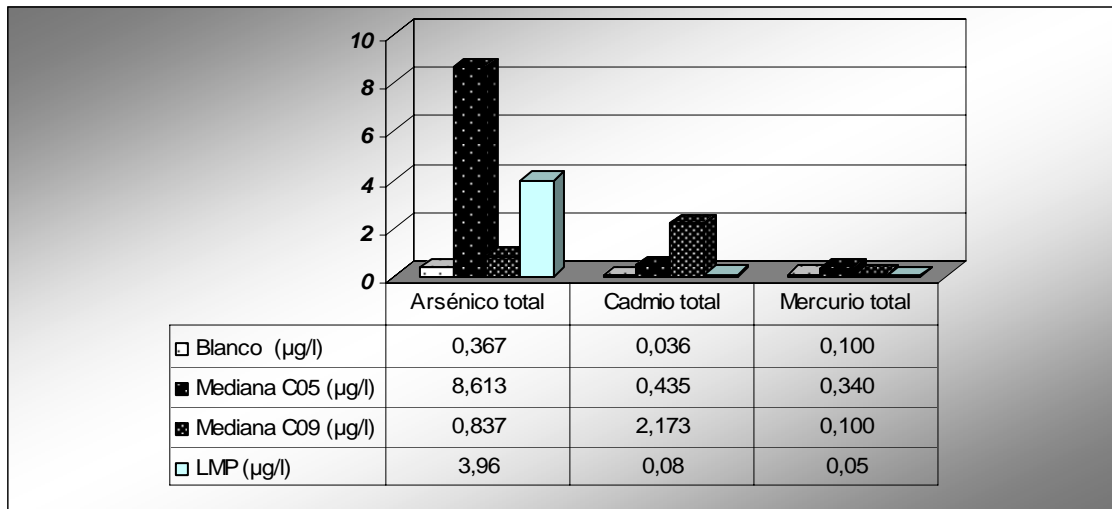


Figura 32: Concentraciones de As, Cd y Hg en Cuenca Chonta con los correspondientes LMP.

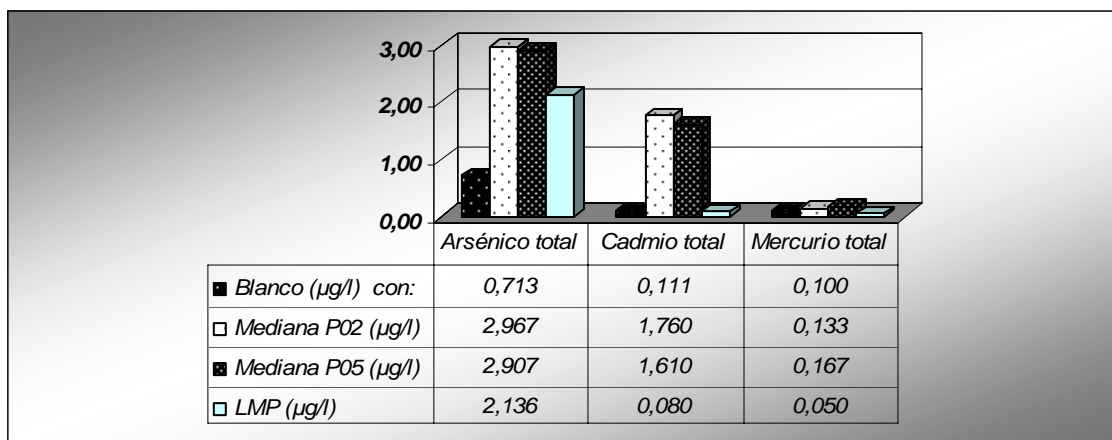


Figura 33: Concentraciones de As, Cd y Hg en Cuenca Porcón con los correspondientes LMP.



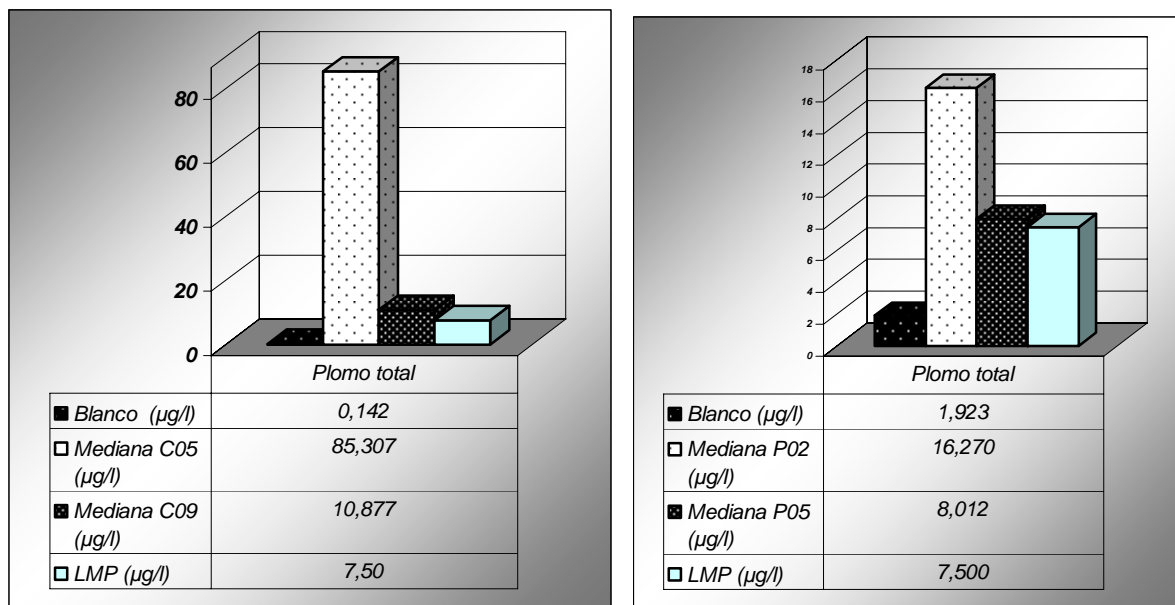


Figura 34: Concentraciones de Pb en Cuenca Chonta y Porcón con los correspondientes LMP.

Conclusiones:

- 1) Resultaba interesante comparar los datos de los puntos mas afectados con los considerados blancos para poder cuantificar en cierta forma el aporte de minerales causado por la minería. Debido a que la zona es rica en minerales naturalmente, sus aguas también lo son. Es por ello, sumado a la falta de línea base, que resultan interesantes estas comparaciones que pueden observarse en el Anexo C.

SO₄²⁻:

Los sulfatos se mantienen en las mismas concentraciones e incluso inferiores en la cuenca de Porcón, mientras que en las demás aumentan. La del Rejo aumenta sobre el 2% y la del Chonta presenta un aumento no significativo, mientras que en otro aumenta un 69% tal como ilustran las gráficas C.1, C.5 y C.9 en el Anexo C.

Ca:

El Calcio, indicativo de la actividad en las plantas de tratamiento mediante CaO, presenta un aumento en las tres cuencas estudiadas. Éste resulta considerable en uno de los puntos de la cuenca del Rejo, llegando a ser su concentración catorce veces superior a la del blanco



analizado. Por otro lado, se encuentra que el aumento ha sido del 4,4 en un punto de la cuenca de Porcón. Estos datos se pueden revisar en los mismos gráficos que los sulfatos.

Al y Fe:

Tanto el hierro como el aluminio aumentan considerablemente en las cuencas de Porcón, Rejo y Chonta, aunque en ésta última uno de los dos puntos de muestreo la concentración de estos metales es menor que el blanco.

En Porcón se encuentra que el aumento de hierro representa, en el mayor de los casos, el 6,8% mientras que en las demás cuencas es de algo más de un 4%.

Respecto al Aluminio el aumento mas grande ha sido observado en la cuenca del Chonta, siendo de un 6,6%. En el resto de cuencas es del 2% o inferior.

Co, Pb y Zn:

El cobre, el plomo y el zinc han sido los metales que se han hallado en mayor cantidad en todas las cuencas (en Honda sucede también de ese modo aunque la concentración del aluminio supera a estos tres metales).

El valor del Zinc se dispara en las tres cuencas, especialmente en Chonta, donde llega a ser 152 veces mayor al blanco en el punto C09 y más de 38 veces mayor en el punto C05. En Rejo el aumento representa 5,2 veces el valor original y en Porcón 3,3 veces.

El aumento del Plomo no tiene la misma tendencia al auge en las tres cuencas. Resulta extraordinario en cuenca del Chonta, siendo 600 veces superior en el C05 y 76,6 en el C09. En cuenca Porcón el aumento es variable: de un 13,7 en P02 y de un 4,3 en P05, mientras que en Rejo se presenta sobre el 5%.

El Cobre vuelve a tener un aumento excesivo en la cuenca del Chonta llegando a ser 91,7 veces mayor en C09 y 19,5 veces en C05. En Porcón y Rejo el aumento de la concentración sigue siendo considerable, de 9,4 y 12 veces respectivamente.

As:

El Arsénico es el siguiente elemento que se encuentra en las tres cuencas en mayores proporciones. La mayor cantidad de arsénico en proporción a la analizada en el blanco se encuentra en la cuenca del Rejo, siendo 67 veces superior. La siguiente es en el Chonta,



presentando 23,5 veces superior en el punto C09, mientras que en Porcón es de un 4% en los dos puntos de muestreo.

Cd:

El Cadmio muestra la misma tendencia que el plomo; presenta un aumento enorme en Chonta, de un 60,4% en el C09, un aumento sustancial en Porcón, con una media de algo más de un 15%, y un aumento menor en Rejo, de aproximadamente un 4%.

Hg:

En el Mercurio no se observa un aumento considerable en ninguna cuenca. Se aprecia un aumento de algo más de un uno por ciento en todos los puntos de muestreo a excepción del C05 en Chonta, que es de un 3 por ciento. Aunque el aumento porcentual sea mínimo en comparación con los demás elementos, no se debe olvidar la toxicidad que representa, por lo cual un aumento de 3% o un poco superior puede resultar peligroso.

Ag:

La plata tampoco presenta un gran aumento porcentual, aunque se encuentra una variación en el P02 con un 13% más de concentración. En el resto de los puntos de muestreo la concentración aumenta en un 1% en el C09 de Chonta, en un 2% en Rejo y en P05 de Porcón y en un 4,3% en C05 de Chonta. Se ha analizado la plata por ser un metal de interés en el proceso extractivo.

Como tendencia general se puede destacar que la Cuenca del Chonta ha sido altamente impactada por la enorme cantidad de metales pesados hallados a unas concentraciones extraordinarias en diversos puntos de muestreo.

Cuenca Porcón, la cual abastece la ciudad de Cajamarca de agua, se ha visto afectada sustancialmente remarcando el aumento de cadmio, plomo, plata y cobre.

La cuenca Rejo es la que presenta menor impacto. Cabe resaltar el mayúsculo aumento de arsénico en esta cuenca, llegando a ser 67 veces superior al analizado en el punto considerado como blanco.



Se ha graficado la concentración de todos los elementos arriba mencionados –excepto Ag– comparando las concentraciones en los distintos puntos analizados en las cuatro cuencas.

- 2) Además se ha tenido en cuenta el efecto que tiene el caudal en la dilución o no de dichos contaminantes. Para ello se ha graficado el caudal másico presente en los puntos de muestreo y del pH de sus aguas por ser indicativo de las practicas de utilización en las plantas de tratamiento. Todas estas gráficas están presentes en el Anexo B.

En Cuenca Rejo:

El monitoreo en esta cuenca ha sido mas intenso que en el resto debido a que es la cuenca en la cual se ubican la mayor parte de las operaciones: pila de lixiviación, vertedero y embalses de La Quinoa más el corte, pila de lixiviación, embalse de almacenamiento de la solución y vertedero de Yanacocha.

Se realizaron los muestreos 18 veces en cada punto, comprendidas entre los meses de setiembre y abril, confirmando así mayor validez a las conclusiones extraídas del estudio en esta cuenca.

Se deduce en todos los elementos estudiados que la cantidad vertida el mes de octubre es substancialmente mayor. En el caso del Arsénico, Aluminio, Mercurio, Plomo y Hierro este aumento queda absorbido por la dilución en el medio acuático. En cambio, en el caso del Cadmio, Cobre y Zinc el impacto generado es trascendente si se compara con el resto del año.

En las gráficas de los caudales másicos de los metales, se observa que en el mes de Marzo, ha habido un pico sobresaliente de Arsénico, Aluminio, Mercurio, Plomo y Hierro. Se estima que fue una posible fuga o derrame de las operaciones de la fábrica.

Otra hipótesis sería el aprovechamiento de la amplitud de rango de concentración de elementos por el gran aumento de caudal para verter más cantidad de estos elementos al medio. Dicha hipótesis concuerda con el aumento de pH en esa fecha (pH de 9).



Si se asume que el pico ha sido causado por un derrame, todos los metales generan un impacto apreciable en la época comprendida entre la estación seca y la húmeda, por lo que parece que sucede de alguna forma el drenaje ácido de minas: aunque sea tratada y las aguas sean básicas, los metales se encuentran en aguas superficiales susceptibles a cambiar sus condiciones y reaccionando nuevamente los metales generando DAM.

En Cuenca Porcón:

En esta cuenca, de la misma manera que las dos restantes, se han realizado los muestreos únicamente 3 veces, por lo que no se puede realizar un buen análisis.

Existe una posible contaminación de Plomo, Arsénico y Aluminio.

En Cuenca Honda:

Presenta una cantidad elevada de Plomo y Arsénico, además de Calcio, que es considerado un gran indicativo de la actividad minera, en referencia a la práctica realizada en las pilas de lixiviación y en las plantas de tratamiento con esta sustancia.

En Cuenca del Chonta:

Por ser Maqui-maqui y Carachugo las explotaciones de mayor antigüedad en MYSRL presentan medidas medioambientales peores. Además existen una gran variedad de vertederos que no se encuentran bien diseñados o que su implementación no lo está. Estas podrían ser las causas por que la cuenca de mayor contaminación sea la del Chonta.



8. Análisis de recomendaciones en la gestión ambiental de operaciones mineras. Implicación en MYSRL.

8.1. Conceptos básicos

Previo a la exposición de la normativa existente en el marco de la Unión Europea, cabe resaltar la novedad de la misma. Las directivas han sido aprobadas durante el año 2006, modificando (y creando cuando ha sido preciso), las normativas ya existentes.

El motivo principal de estas modificaciones de las directivas ha surgido a partir de la experiencia de los accidentes mineros que han tenido lugar en Europa en los últimos años, así como los recientes estudios sobre carcinógenos y sustancias peligrosas para el medio ambiente, poniendo en evidencia la política medioambiental de la Comunidad.*

Los puntos clave de estas modificaciones se resumen en:

- Búsqueda de la prevención de accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas y la limitación de sus consecuencias para las personas y el medio ambiente.
- Conocimiento, a partir de la experiencia, de que algunas actividades de almacenamiento y tratamiento de la minería, en especial las instalaciones de evacuación de residuos, incluidos los diques o balsas de residuos, pueden tener consecuencias muy graves.
- La gestión de los residuos de las industrias extractivas en las medidas relativas a las instalaciones de gestión de residuos que presenten un riesgo de accidente pero que no estén cubiertas por la Directiva anterior.
- Medidas para el almacenamiento y la fabricación de sustancias pirotécnicas y explosivas, puesto que conlleva riesgos graves de accidentes.
- Introducción de plazos mínimos para las notificaciones y elaboración de las políticas de prevención de accidentes graves, informes sobre seguridad y planes de emergencia.

* En concreto cabe destacar los accidentes de Aznalcóllar y Bahía de Azules a nivel Europeo; y centrándonos en minería de extracción de oro por lixiviación de cianuro a nivel mundial, se podría añadir Kumtor Gold Mine (1998 Kirguistán) y Homestake Gold Mine (USA 1998).



- La consideración de la experiencia y los conocimientos del personal especializado del establecimiento para elaborar los planes de emergencia.
- Concepción de la necesidad de todo el personal del establecimiento, así como las personas que puedan resultar afectadas, de ser convenientemente informados de las medidas e iniciativas en materia de seguridad.
- La conciencia de que los Estados Miembros deben estar obligados a facilitar a la Comisión una información mínima sobre los establecimientos contemplados en las Directivas.

Para la realización de las nuevas normativas, la comunidad se ha basado en diversos estudios técnicos. En este marco, cabe destacar la creación de ERMITE, *Enviromental Regulation of Mine Waters in the European Union*, por la relevancia que ha tenido su trabajo dentro de la normativa referente a la regulación ambiental de la actividad minera.

ERMITE es un proyecto de investigación y desarrollo implementado entre Febrero de 2001 y Enero de 2004, cuyo objetivo era proporcionar pautas para políticas integradas para el desarrollo de la legislación y prácticas europeas en relación con el tratamiento de agua en el sector minero, considerando el enfoque cuenca.

El análisis de otros actores, dentro del estudio de Confirmación del Rol Internacional de la Comunidad Europea investigando el riesgo del cianuro en la lixiviación de oro en la salud y el medioambiente en Asia Central y Europa Central, determinó la necesidad de rehacer la normativa existente en este aspecto a partir de los desastres sucedidos en este tipo de minería, según se muestra en la tabla siguiente:



Region	Year(s)	Company	Spill characteristics
Colorado U.S.A	1986-1992	Summitville gold mine Galactic Resources Ltd.	Repeated spills contributed to the pollution of the Alamosa river
Montana U. S. A.	1979- 2000	Zoortman-Landusky mine Pegasus Corporation	Repeated leaks and discharges of cyanide
Nevada U.S.A.	1990	McCoy/Cove mine Echo Bay Company	Repeated spills of a total of 900 pounds of cyanide
Guyana	1995	Omai Gold mine Cambior Mining Company	Dam collapse: Spill of 860 million gallons of cyanide-laden tailings into river
Ghana	1996	Ashanti mine (Goldfields)	Dam rupture
Nevada U.S.A.	1997	Gold Quarry Nevada	Failure of a leach pad structure: Spill of 245,000 gallons of cyanide-contaminated waste into two local creeks
Kyrgyz- stan	1998	Kumtor mine (Cameco)	Spill of 2000 kg cyanide into Barskaun river (traffic accident)
South Dakota U. S.A.	1998	Homestake Mine	Spill of 6-7 tons of cyanide-laced tailings into Whitewood Creek
Spain	1998	Los Frailes zinc mine	Dam rupture: Spill of 1.3 billion gallons of polluted tailings into major river
Baia Mare Romania	2000	Aurul mine (Esmeralda)	Dam overflow/leakage Spill of 100,000 m3 tailings with 100 t cyanide in river system

Fuente: European Community. Development of environmentally benign and sustainable industrial technologies to the metal sector and chemical sector.

Figura 35: Compañías mineras causantes de desastres medioambientales en el mundo.

8.2. Normativa estudiada

La Normativa Europea más relevante para el caso de estudio es:

- COM(2006) 398 final- Propuesta de Directiva relativa a las normas de calidad ambiental en el ámbito de la política de aguas y por la que se modifica la Directiva 2000/60/CE (o directiva Directiva Marco de Aguas, DMA)

a 17 de Julio de 2006

La presente propuesta tiene por objeto garantizar un nivel elevado de protección contra los riesgos para el medio acuático o a través de él derivados de 33 sustancias prioritarias (Decisión 2455/ 2001/ CE) y otros contaminantes mediante el establecimiento de normas de



calidad ambiental (NCA). Se presentan los Anexos de dicha directiva, por considerarlos relevantes, en el Anexo D.

- DIRECTIVA 2006/ 11/ CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO
a 15 de febrero de 2006
relativa a la contaminación causada por determinadas sustancias peligrosas vertidas en el medio acuático de la Comunidad.

En el Anexo D se puede contemplar el Anexo I de dicha directiva por estimarse de interés.

- DIRECTIVA 166/2006 DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO
a 18 de Enero de 2006
concerniente al establecimiento del Protocolo Europeo de Vertidos de Contaminantes y Registros de Transferencia (PRTR por sus siglas en ingles) y a las enmiendas del Consejo, Directivas 91/ 689/ EEC y 96/ 61/ EC. También conocida como *Integrated Pollution Prevention And Control*, IPPC.

A partir de ésta directiva existe el arriba mencionado protocolo PRTR, que ha sido anexado en su totalidad en el presente documento, por su relevancia.

La Comisión consideró, a partir de la implementación de la Directiva IPPC en el sector de minería de metales no férricos, la realización de un documento de referencia (BREF) dentro del ámbito de Mejores Técnicas Disponibles promovido por la UE (BAT en inglés), en referencia al tratamiento de relaves y desmontes en la actividad minera.

- DIRECTIVA 2003/ 105/ CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO
de 16 de diciembre de 2003
por la que se modifica la Directiva 96/ 82/ CE del Consejo relativa al control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas. También es conocida como Seveso II.
- DIRECTIVA 2006/ 12/ EC DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO
a 5 de Abril de 2006
sobre residuos



8.3. Aspectos recomendados destacables

Podemos clasificar, en los tres bloques considerados (sistemas acuáticos, gestión de residuos y practicas internacionales), las recomendaciones de mayor relevancia realizadas por las directivas, así como las técnicas a aplicar.

❖ Impactos en sistemas acuáticos

La minimización del agua de entrada no resulta a menudo dentro de las prioridades de la minería a cielo abierto, por la sencillez de realizar la afluencia deliberada de agua en los cortes abiertos, por ejemplo mediante gravedad del drenaje utilizando galerías o perforaciones horizontales perforadas a través de la pared. Y mediante bombas de agua se puede remover el agua extraída.

Técnicas para minimizar los impactos en sistemas acuáticos en la minería de corte abierto:

- *Diseño defensivo de mina:* suele incluir típicamente el diseño de las paredes del corte y el estacionamiento de las operaciones de corte y relleno, de forma que el área del corte abierto que está activa se mantiene al mínimo en todo momento, claramente es esencial evitar los cortes abiertos que pueden interceptar algún camino de flujos de agua subterráneas.
- *Protección Pasiva:* Es llevada a cabo mediante barreras de rocas entre la zona minada y los acuíferos. Las dimensiones apropiadas para estas barreras deben ser diseñadas basándose en cada caso específico, pero raramente son menores de unos 50 m de ancho y pueden alcanzar fácilmente los 100 m o más.
- *Protección Activa:* por medio de la despresurización estratégica de los estratos acuíferos circundantes, usando galerías del drenaje o desecándolas con perforaciones.
- *Combinación de protección activa y pasiva:* la suma de técnicas para usar la despresurización y barreras de protección.

Por otra parte, debe tenerse muy en cuenta a las sustancias peligrosas y la limitación de sus consecuencias para las personas y el medio ambiente, dando especial énfasis al recurso hídrico. En el caso de estudio se destaca el código del cianuro, y la afectación causada por los metales pesados – explicada para el caso de MYSRL en el Capítulo 6.



❖ Gestión de residuos:

Los residuos de mina hacen referencia a todos los materiales de la tierra y a los residuos asociados de los agentes del procesado, los cuales el operador de la mina y/o el de la planta de procesado desecha o intenta desechar.

Los residuos considerados medioambientalmente más peligrosos son los relaves y desmontes.

Un buen tratamiento de los relaves y los desmontes debe evaluar:

- La minimización del volumen de relaves y rocas de desecho generadas (escogiendo el método de extracción de mineral más adecuado, etc.)
- La maximización del uso alternativo de los relaves y desmontes
 - Utilizándolo como agregado o para la restauración de otros emplazamientos mineros.
 - Rellenando
- Condicionando los relaves y desmontes en el proceso de forma que se minimice el riesgo medioambiental y de seguridad:
 - Despiritización
 - Adición de material aislante

Aquellos relaves o materiales de desecho que no permiten su reutilización o que no son indicados para un uso alternativo, requieren una estrategia de tratamiento de forma que el objetivo sea:

- La seguridad, estabilidad y tratamiento efectivo de los desmontes y relaves, minimizando el riesgo de descargas accidentales a corto, medio y largo plazo.
- La minimización de la calidad y de la toxicidad de algunos filtros liberados contaminantes desde las instalaciones de tratamiento.
- Reducción de riesgos estimando una progresión en el tiempo.

❖ Aplicación de practicas internacionales en procesos de minería

Como medida principal, se deben elaborar una serie de informes básicos para establecer prácticas internacionales dentro de los procesos mineros. Estos son:

Estudios de línea base: Se realizan estudios de línea base establecidos como una parte de una evaluación de impacto ambiental. Dicho estudio debe informar a todas las partes implicadas



en la decisión de avalar el proyecto en que condiciones se encontraba el emplazamiento antes de llegar a ser parte del proceso extractivo.

La línea base describe el rango de recursos que se encuentran en un riesgo potencial y muestra datos que describen estos recursos. Además provee de datos valiosos para un posterior diseño, distribución y planificación del emplazamiento, por lo que resulta una medida previa básica.

Evaluación del riesgo: es aplicada para decidir la utilización de las técnicas más apropiadas para las específicas circunstancias en términos medioambientales, de seguridad, técnicos y de ingeniería. [Euromines 2002]. Ésta va dirigida a posibles riesgos o fallas con una instalación asociada a planes y procedimientos de contingencia, cuales son las probabilidades de falla y cuales son las consecuencias. Las evaluaciones de riesgo generan la base para el desarrollo de actuaciones en caso de riesgo, incluyendo planes de comunicación, contingencia, mitigación y emergencia.

Informes de seguridad: incluyendo la necesidad de todo el personal del establecimiento, así como las personas que puedan resultar afectadas, de ser convenientemente informados de las medidas e iniciativas en materia de seguridad.

Planes de emergencia: incluyen la preparación en caso de incidentes dentro del emplazamiento e incidentes que tengan implicaciones fuera del emplazamiento, incluyendo la rotura de presa.

Los planes de emergencia y contingencia deberían ser revisados periódicamente, testados y distribuidos dentro de la organización y a los actores externos potenciales de afectación.

8.4. Comparativa con MYSRL

En el aspecto del tratamiento del agua y la tecnología en el cual se ha centrado este estudio, por la necesidad especificada por la normativa, se ha evaluado la práctica de la empresa:

La Coordinación en el tratamiento del agua y los programas de remediación para el territorio minero. En especial en las fuentes de agua del distrito minero.

- ✘ Yanacocha tiene un plan de gestión de agua, pero no resulta suficientemente claro puesto que no especifica ni la calidad ni la cantidad de sus aguas. Tampoco esclarece



con exactitud cuales son los usos del agua, las fuentes de este recurso ni la cantidad y calidad de agua tratada y vertida.

Sistemas de información de las aguas accesibles para todos, coordinadas, transparentes y reproducibles.

- ✘ No existen sistemas de información de este estilo. Únicamente existen publicados los datos de mejoras en el tratamiento de las aguas realizados por la empresa minera, peor no un conocimiento integral del tratamiento y gestión de sus aguas, que resultan más una práctica publicitaria que social o medioambiental.

Medidas hidrológicamente defensivas durante todo el ciclo de vida de las operaciones.

- Ha empezado a implementar un sistema de remediación en el Corte Maquimaqui, en fase de cierre.
- ✘ Estudios realizados [6], concluyen que presumiblemente consume agua de las fuentes naturales en mayor medida de la necesaria.

Sistemas de mina hidrológicos y balances de masa de solutos como medidas operativas clave

- ✘ No existen evidencias de que existan este tipo de medidas. Se indica, no obstante que tienen sistemas recientes de simulación hidrográfica (programa HELP) con el que empiezan a simular los colchones acuíferos de la zona.
- ✘ No se conoce una estimación del agua subterránea contaminada con cianuro y/o metales pesados. Consecuencia obvia de la carencia de una línea base y de la consideración de sistemas de mina hidrológicos como claves en el proceso.
- ✘ Debería específicamente resaltarse el tratamiento y tratamiento de las embalses de los relaves mediante balances de entre sólidos y el agua en las embalses , y como ello es afectado por las lluvias.

Cumplimiento de los límites máximos permisibles, LMP, y estándares de metales y sus combinaciones. Los nuevos LMP de la UE, son los presentados en el Anexo D.

- Según el estudio que se realizó el 2003 en Ingetec, y como se ha descrito en el capítulo 5, la descarga de aguas se realiza dentro del rango establecido aunque existen evidencias de que ha habido casos aislados de vertidos. Aunque se utilizan los LMP de el Perú, de la Organización Mundial de la Salud y de la Agencia de Protección del Medio Ambiente de los EEUU, que resultan más antiguos y permisivos.



- ✘ Se considera un problema el verter agua por encima del LMP y aprovechar el efecto de dilución de las aguas para que, en el punto de descarga lo cumpla. (detallado en Pág. 55)

Monitoreo de medidas estándar de cianuro y metales pesados, incluyendo los complejos de cianuro específicos y valorar las normas de exposición individual de los agentes estudiados mediante informes basados en cuestionarios y bioindicadores.

- Existe un programa de monitoreo interno de dichas sustancias.
- Cumplen la normativa de El Código de Cianuro (estándar internacional para la manufactura, transporte y uso de cianuro); adoptada en el año 2005.
- ✘ No existe una exposición histórica de la variedad de contaminantes realizada de forma independiente. Tampoco existen evidencias de la realización de un inventario de accidentes, no al menos de forma pública.

En referencia a los desmontes y relaves, se indica que Minera Yanacocha, cumple varias de las recomendaciones de los BAT (*Best Available Techniques*) descritas en el apartado anterior.

No obstante se quiere señalar que en cuanto a los desechos inertes, como por ejemplo los lodos compuestos de minerales, la práctica para que no afecten a aguas naturales es depositarlas en las pilas de lixiviación. Como se describe en el Capítulo 4 apartado 2.2, la pila no esta diseñada para ello por lo que resulta un riesgo medioambiental nada menospreciable a largo plazo.

Además, deberían existir capacidades de almacenaje adicionales, por ejemplo mediante presas adicionales, para recoger cualquier vertido de agua que se escape. Si bien es cierto que existen diversas medidas al respecto (descritas en el capítulo 4.2.12), no resultan suficientes. [6, 9]

En cuanto a informes básicos establecidos como necesarios, a excepción de la línea base, cumple con los demás requisitos de la normativa. Con una excepción de gran relevancia: el establecimiento de comunicaciones con todos los actores implicados. Esto resulta un



aspecto considerado como fundamental por la normativa, específicamente en los planes de emergencia y seguridad.

9. Análisis de los aspectos sociales, económicos y políticos de la implantación de medidas correctoras en la gestión ambiental de MYSRL

Para poder tener una comprensión mayor de la afectación medioambiental en la zona, no se puede dejar de realizar un análisis de la situación social, económica y política de la zona.

El análisis de estos factores y de sus impactos resulta *per se* muy extenso, pero se ha querido mencionar algunos aspectos básicos interrelacionados, considerados generadores de conflictos.

Aspectos económicos:

Muchos países que han empezado recientemente la transición a economías de mercado (o que han abandonado la intervención del Estado en la actividad económica), ven el desarrollo del sector minero como un factor clave para la reactivación de su economía.

En particular, las ganancias del sector minero son frecuentemente la fuente más importante tanto de divisas como de ingreso fiscales. Tanto es así en el Perú, que debido a este efecto se autodenomina *País Minero*. En concreto, y por el tamaño de producción de Minera Yanacocha, ésta resulta un ingreso nada desestimable para el Estado Peruano.

Algunas cifras para la comprensión del impacto económico generado por la empresa, son presentadas a continuación:

	Inversión*	Ingreso neto*	Impuesto de la Renta*	Canon Minero*	Producción**
Año 2005	230,1	771,6	230,1	115,8	3.333
Acumulados a Dic. 2005	1.870,2	2.882	864,61	354,3	20.978,8

* En miles de dólares americanos

** En onzas de Oro



Fuente: Balance Social Yanacocha 2005

Figura 36: Economía de la Empresa Minera Yanacocha en el 2005.

Impactos socio-económicos generados:

La desigual distribución de los costos y beneficios de la mina han alterado las jerarquías locales y ha tenido consecuencias culturales.

La distribución de los beneficios y los costos sociales resulta desigual entre pobladores. La empresa ha actuado como gobierno sustituto, proveyendo infraestructura, colegios y cuidados médicos. No obstante, esta política de MYSRL parece que esta siendo redirigida a raíz de los conflictos ocurridos este último año, según se observa en algunos comunicados de la empresa (balance social 2005)

Existen serias repercusiones sociales y culturales del establecimiento de una mina. Es un caso constatado [13], que la llegada de nuevos trabajadores condujo a problemas sociales por la falta de alojamiento e infraestructura, aumento de bares y crecimiento de la prostitución, fácil acceso al área gracias a nuevas carreteras, y deficiencia de los servicios educativos y médicos ante el aumento de población.

Aspectos socio-políticos:

Dentro del contexto latinoamericano, donde Minera Yanacocha no es una excepción, es usual que la empresa negocie con el gobierno central por un lado y de otro con las comunidades locales separadamente. Hay muy poca comunicación entre el gobierno central y las comunidades locales.

Hasta el momento, el principal rol que ha jugado el gobierno central ha sido el de establecer previamente el régimen legal y fiscal, las regulaciones ambientales y los principales proyectos de infraestructura, para luego otorgar la licencia para la explotación minera.

El efecto de la débil comunicación entre el gobierno y las comunidades locales es que casi todos los ingresos fiscales se destinan al nivel central y que muy pocas comunidades se benefician de estos recursos. Existiendo así, muy pocas provisiones con respecto a los



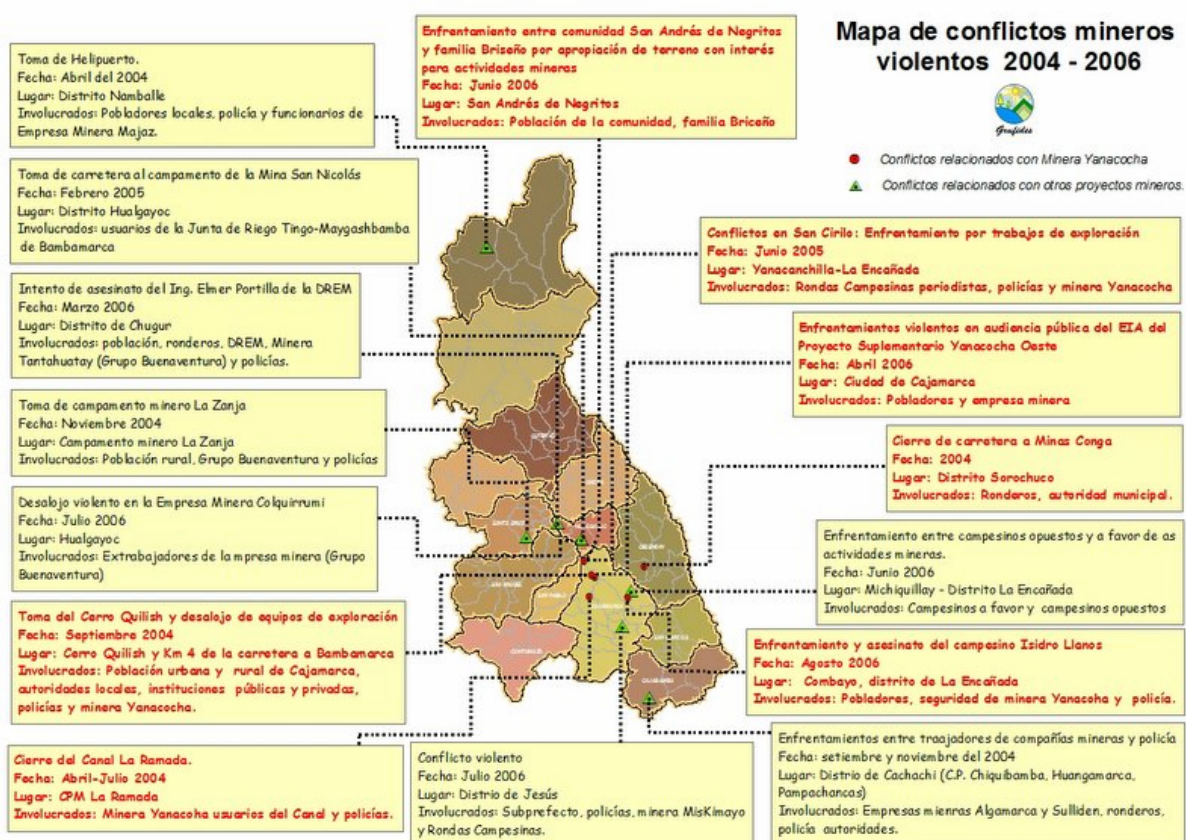
beneficios económicos locales o a temas sociales y culturales. Incluso siendo clara la existencia de regalías a organismos no centrales, las comunidades pueden llegar a no ver materializado ningún tipo de beneficio.

En general, el gobierno local no juega un papel significativo, mientras que por otro lado, el gobierno central ha abdicado su responsabilidad respecto a las comunidades locales, y las ha “cedido” a las empresas.

No obstante, la creciente presión que las comunidades y los otros actores ponen sobre las empresas mineras, incluyendo las ONG y los accionistas de las empresas mineras internacionales, han generado un reciente cambio en el gobierno central.

A raíz de diversos conflictos de actualidad en la zona, el gobierno central ha mostrado un primer acercamiento a la población regional y rural, y ha promovido nuevas vías de diálogo entre las partes.

Algunos de los conflictos más recientes son presentados en la siguiente figura:



Fuente: GRUFIDES (Grupo para la Formación e Intervención para el Desarrollo Sostenible)

Figura 37: Mapa de conflictos mineros violentos en Cajamarca.



Aspectos ambientales:

Existe una relación directa entre los conflictos generados, mostrados en la figura 33, con los aspectos socio-económicos y políticos presentados anteriormente. Teniendo esto en cuenta, se puede decir que los reclamos por daños ambientales son consecuencia:

- Una pobre comunicación con las comunidades y los insatisfactorios esfuerzos de relaciones públicas de la empresa minera [13,14] (por resultar insuficientes, en ocasiones falsas y por no tener en cuenta las necesidades reales de las comunidades).
- Los impactos en la salud generados a partir de la conexión ambiental (detallado en el siguiente punto de impactos en la salud).
- Los políticos locales y los miembros de la comunidad en general utilizaron el tema ambiental como una herramienta política, fomentando la desconfianza hacia las empresas en los temas ambientales para extraer de ello mayores concesiones. [13]

Impactos en la salud:

Existe una conexión inequívoca entre los importantes impactos sanitarios a través de la conexión ambiental, (como se detalla en Anexo A y el capítulo 5). Es decir, entre el riesgo ambiental que genera la minería y la preocupación de la población por verse afectada principalmente en la salud, y la economía rural (que es tradicionalmente agrícola y ganadera, compitiendo así por el agua y la tierra con la minería).

Ésta resulta la causa más evidente de la generación de conflictos.

A modo de ejemplo, se presenta el hecho de que ahora las poblaciones aledañas al recinto minero se encuentran sus animales muertos, que en algunos lugares el caudal disminuye y/o desaparece, como se muestra en estas fotos, y por ello entienden estas circunstancias como consecuencias del proceso minero.





Fuente: GRUFIDES (Grupo para la Formación e Intervención para el Desarrollo Sostenible)
Figura 38: Fotos de canales secos y de animales muertos en la zona aledaña a la mina.

10. Propuesta de actuación ambiental en MYSRL

Se considera que es necesario un nuevo enfoque dentro de las políticas de empresa. La aplicación de un enfoque multidisciplinario incluyendo tecnologías ambientales y de tratamiento de aguas de mina, estructuras institucionales y políticas y legislaciones de acuerdo con prácticas internacionales, representaría un cambio a todos los niveles que permitiría la evolución de la empresa de manera más sostenible con la sociedad y el medioambiente.

Como hemos visto en el capítulo 8, los aspectos sociales y medioambientales se encuentran íntimamente relacionados, así como los económicos y políticos. Es por ello que resulta imprescindible este nuevo enfoque integrador; más aún después de conocer el fracaso del asistencialismo y de las practicas corporativas de la empresa, y la creciente situación de conflictos entre la población.

En referencia al **aspecto medioambiental**, el presente estudio muestra diversas carencias a modificar por la presente empresa minera. Se propone implementar medidas para:

- o Minimizar los sucesos identificados como generadores de impactos ambientales en el recurso hídrico, capítulo 5.



- Realizar las prácticas recomendadas por la comunidad europea que no han sido establecidas por MYSRL, capítulo 7, apartado 4.
- La realización de una campaña de monitoreo de la *calidad del agua* superficial de que permita obtener conclusiones relevantes del problema estudiado, de forma constante y precisa, defendible y reproducible.

De esta manera se puede conocer detalladamente el estado de las aguas superficiales, la afectación de éstas y por tanto, las medidas a realizar para su tratamiento y minimizar los impactos generados desde su origen.

Resulta una mejora destacable si se utilizan los Límites Máximos Permisibles de la normativa Europea, por ser los más estrictos y establecidos a partir de la experiencia minera de la Comunidad Europea.

- La elaboración de una monitorización de los *sedimentos* de los ríos. Los sedimentos de metales pesados en los ríos pueden ser susceptibles a cambios y convertirse en contaminantes; por tanto, ésta es una medida de protección de futuros escenarios de contaminación. Dicho monitoreo debe realizarse de igual manera que la descrita sobre la calidad del agua.
- El establecimiento de un inventario de efectos medioambientales en los ecosistemas expuestos y la implicación de las pautas y de la legislación medioambiental en el uso de cianuro en la minería aurífera.

Este inventario resulta una medida más de control del cianuro como sustancia de riesgo en la salud y en los ecosistemas, que de ser implementada al código de cianuro permite tener un mayor conocimiento de la afectación real y de la vulnerabilidad de los ecosistemas.

- La ejecución de un estudio de riesgo en la salud humana y en los ecosistemas, de igual manera como se han realizado en la UE después de desastres medioambientales como el de Bahía Mare [14].

Con ello se pretende conocer las afectaciones generadas en un escenario de vertidos contaminantes tanto en la salud humana como en los ecosistemas para así tener un mayor conocimiento de la realidad y conocer de antemano las actuaciones a llevar a cabo en caso de posibles intoxicaciones y muertes en las personas y la biota.



- La realización de un sistema de alarma ante escenarios de vertidos contaminantes. Con esta medida se busca la minimización de riesgo y de los daños en caso de vertidos, que no se cree una alarma en la población y se sepa como actuar, incluyendo un plan de evacuaciones si éste es necesario.

En cuanto a escenarios de vertidos contaminantes, se entiende por ello a incidentes dentro del emplazamiento e incidentes que tengan implicaciones fuera del emplazamiento minero, incluyendo la rotura de presa.

Hay un aspecto básico destacable dentro de las recomendaciones de actuación de la empresa. Se trata de generar y disponer informes sobre la implementación de los diseños de las instalaciones y su posterior tratamiento.

La importancia de ello reside en el hecho de que la mayoría de los grandes desastres ambientales sucedidos en las últimas décadas han estado relacionados con una mala implementación y tratamiento de las instalaciones en referencia a su diseño.

La normativa Europea no cesa de insistir en otro gran punto: la importancia de la información y transparencia sobre todos los aspectos de la actividad minera, incluidas las propuestas presentadas en referencia aspectos medio ambientales de este apartado, para todos los actores implicados (trabajadores, población aledaña, sociedad civil y Estado).

Si bien es cierto que Minera Yanacocha tiene diferentes vías de comunicación (boletines, revistas, visitas guiadas, un centro de documentación, etc.), es evidente que no es suficiente. Se ha de incidir que es el resultado de mostrar únicamente las medidas tomadas por la minera. Por el contrario, se encuentra muy lejos de describir la situación real, y mucho menos mantener a la población informada y formada en caso de desastre.



11. Presupuesto

Este proyecto se ha realizado dentro del Programa Zona Andina, que se lleva a cabo por el grupo de Energía de ESF (*Enginyeria Sense Fronteres*). El trabajo de campo y parte del proyecto se realizó en Cajamarca conjuntamente con el grupo para la formación e intervención para un desarrollo sostenible, GRUFIDES, y en calidad de voluntaria.

Dicho proyecto ha sido subvencionado por el CCD, centro de cooperación para el desarrollo de la UPC, y por el Programa Zona Andina de ESF.

La planificación temporal de la realización de las diversas fases del proyecto se presenta en los siguientes cronogramas.

Los meses comprendidos entre Julio y principios de Diciembre se realizaron en la ciudad de Cajamarca, en Perú. Por motivos de seguridad el regreso tuvo que efectuarse a principios de diciembre –Anexo E-, por lo cual el trabajo se concluyó en Barcelona.

Actividad	Julio				Agosto				Setiembre				Octubre			
	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
Revisión del Estado de Arte de la Minería Aurífera	■	■	■	■												
Descripción del proceso y de sus etapas					■	■	■	■								
Ubicación de las etapas dentro del recinto minero			■			■	■									
Conocimiento de la gestión de recursos hídricos de MYSRL									■	■	■					
Identificación de sucesos generadores de impactos ambientales en el agua														■		■
Análisis de los aspectos sociales, económicos y políticos				■				■	■							
Análisis de la afectación a aguas sup. causada por la act. Minera						■										
Naturaleza eco-toxicológica de Metales Pesados y CN									■	■	■					
Análisis de recomendaciones en la gestión ambiental de operaciones mineras																
Propuesta de Actuación Ambiental en MYSRL																

Figura 39: Planificación temporal del proyecto I.



Actividad	Noviembre				Diciembre				Enero				Febrero			
	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
Revisión del Estado de Arte de la Minería Aurífera																
Descripción del proceso y de sus etapas																
Ubicación de las etapas dentro del recinto minero																
Conocimiento de la gestión de recursos hídricos de MYSRL																
Identificación de sucesos generadores de impactos ambientales en el agua																
Análisis de los aspectos sociales, económicos y políticos																
Análisis de la afectación a aguas sup. causada por la act. Minera																
Naturaleza eco-toxicológica de Metales Pesados y CN																
Análisis de recomendaciones en la gestión ambiental de operaciones mineras																
Propuesta de Actuación Ambiental en MYSRL																

Figura 39: Planificación temporal del proyecto II.

El presupuesto total del proyecto se presenta a continuación:

Gastos	Coste Total	
	Nuevos Soles	Euros
Billetes de avión	4742,08	1185,52
Alojamiento	2106,58	450,15
Dietas	2880	720
Material de oficina	125	33,04
Transporte interno	1170	282,4
Cambio del billete de avión	338	84,5
Vacunas	20	5
TOTAL	11381,66	2760,61

*Conversión monetaria: 1 euro = 4 Nuevos Soles

Figura 41: Presupuesto total del proyecto.



A continuación se desglosan los diferentes tipos de gasto realizados detallando su procedencia, en relación al capítulo 3 de .

TRANSPORTE INTERNO	Coste Total	
	Nuevos Soles	Euros
Causa del viaje:		
Llegada a Cajamarca	95	25
Foro: agua, minería y cuencas	170	25,3
Salida del país	140	36,84
Foro internacional: DDHH, petróleo y remediación integral	555	140
Búsqueda de información en las Universidades	120	31,58
Viaje de regreso	90	23,68
TOTAL	1170	282,4

*Conversión monetaria: 1 euro = 4 Nuevos Soles

Figura 42: Presupuesto del transporte interno realizado.

FUNGIBLES	Coste Total	
	Nuevos Soles	Euros
Compact Discs	17	4,25
Lápices/Bolígrafos	14	3,68
Ratón y Audífonos	70	18,92
Libretas	9	2,24
Fotocopias	15	3,95
TOTAL	125	33,04

*Conversión monetaria: 1 euro = 4 Nuevos Soles

Figura 43: Gastos realizados por material de oficina.

ALOJAMIENTO	Coste Mensual	Coste Total	
	Coste x mes	Nuevos Soles	Euros
Alojamiento en Cajamarca	286 x 6 (Soles)	1717	429,25
Alojamiento en Orellana (Ecuador)	-	83,5	20,9
TOTAL		2106,58	450,15

*Conversión monetaria: 1 euro = 4 Nuevos Soles

Figura 44: Presupuesto del alojamiento durante la estancia en Perú.

DIETAS	Coste Mensual	Coste Total	
	Coste x mes	Nuevos Soles	Euros
Dietas	120 x 6 (Soles)	2880	720

*Conversión monetaria: 1 euro = 4 Nuevos Soles

Figura 45: Presupuesto de las dietas durante la estancia en Perú.



CONCLUSIONES

Se han detectado cinco zonas de gran vulnerabilidad medioambiental, principalmente hacia el recurso agua, en el distrito minero.

Éstas son la pila de lixiviación, el tratamiento que se realiza a las aguas ácidas, el dimensionado de los embalses de control, la utilización de fuentes de aguas naturales y el uso y tratamiento de las plantas de tratamiento de aguas en exceso.

El riesgo causado por los drenajes ácidos de mina sigue constituyendo un aspecto de vulnerabilidad a tener en cuenta, aunque existan numerosas medidas al respecto, principalmente por la acidez natural de algunas aguas de la zona y por la climatología local, especialmente en época de lluvias.

En el capítulo 6, que trata del análisis y afectación de las aguas, se examina el estado de las aguas en cuanto a sulfatos, metales pesados y otros compuestos tóxicos. Se concluye que las aguas han tenido un impacto medioambiental y que la cantidad de estas sustancias ha sido incrementada, llegando en momentos puntuales a superar los límites máximos permisibles, LMP, establecidos por la Organización Mundial de la Salud y por la Agencia de Protección del Medioambiente de los EEUU. Al comparar los datos obtenidos con los LMP de la normativa Europea, se constata que éstos se superan con cierta frecuencia para sustancias como el arsénico, cadmio, mercurio y plomo.

Además, esto parece constatar que la utilización de las plantas de tratamiento no es la adecuada, puesto que aprovechan el gran caudal de época de lluvias como medio diluyente como se menciona en el capítulo 5.

Concretamente la Cuenca del Chonta resulta la más afectada, quizás por ubicarse en el emplazamiento de las actividades de mayor antigüedad del distrito minero. La Cuenca Honda también se considera afectada; esto resulta relevante por ser la cuenca de descarga de las aguas utilizadas por Minera Yanacocha.

A partir del estudio de la normativa europea y de la comparación que se hace con las medidas de prevención de riesgos y de seguridad llevadas a cabo con MYSRL, se observa los esfuerzos realizados en cuanto a los desechos y relaves; aunque se justifica que no es



suficiente principalmente debido a la orientación tomada, que resulta errónea por no buscar un enfoque de cuenca y una cierta integridad en todo el proceso.

También se perciben carencias en cuanto a transparencia, la gestión de la comunicación y planes de emergencia en caso de situaciones de alarma para la sociedad.

Teniendo en cuenta las conclusiones del estudio se han considerado algunas medidas y practicas empresariales como mejoras para la actividad minera actual, detalladas en la propuesta de actuación descrita en el capítulo 9.

En conjunto, y con relación a lo arriba mencionado, el estudio realizado resulta una base a partir de la cual es posible emprender procesos divulgativos y de desarrollo de capacidades por parte de la población afectada, confiriendo de un mayor énfasis al conocimiento de los riesgos existentes generados directamente por el proceso minero y por las sustancias tóxicas determinadas a partir del análisis de la afectación de las aguas en el distrito minero.

Finalmente podemos decir que con el presente estudio se constata que la empresa Minera Yanacocha genera una gran vulnerabilidad en el medio ambiente y por ello debe mejorar las acciones de protección medio ambiental. Si bien es cierto que la empresa minera ejerce esfuerzos sobre sus prácticas medioambientales, resulta indiscutible que todavía existan medidas a implementar debido esencialmente al tamaño y ubicación de la minera.



AGRADECIMIENTOS

Me gustaría agradecer a *Enginyeria Sense Fronteres* la oportunidad de viajar a Cajamarca sin la cual no hubiera sido posible la realización de este proyecto. Especialmente al Grupo de Energía que ha mostrado su apoyo y preocupación tanto en el trabajo que estábamos realizando como por nuestras personas; por ser además, amigos.

A todos los *Grufos* no sólo por el apoyo incondicional hacia nosotros y a cualquier ayuda que necesitésemos, sino por lo mucho que he aprendido de ellos tanto a nivel personal como profesional. Y por aprender a seguir luchando por aquello en lo que crees, puesto que siempre vale la pena. Muchas gracias.

A mi familia por soportarme en la distancia y por apoyarme siempre, aunque no estén de acuerdo. Y porque sin ellos nada hubiera sido posible.

A mis amigos por darme siempre ánimos y esperanzas.

A mi tutor, Jose Luis Cortina, por ayudarme y conocer el mejor camino a seguir.



BIBLIOGRAFÍA

Referencias Bibliográficas

- [1] Datos extraídos de la pagina Web de Yanacocha: www.yanacocha.com.pe
- [2] Superficie calculada en base a planos Autocad del año 2000
- [3] Datos calculados en base a planos Autocad del año 2000
- [4] Datos extraídos de la página Web de Yanacocha.
- [5] Charlas sobre minería efectuadas en el Centro de Documentación de Yanacocha.
- [6] INGETEC S.A. Informe de Auditoria y Evaluación Ambiental. Volumen 1 de 1. Noviembre 2003.
- [7] Todos los datos de la pila de lixiviación han sido extraídos de INGETEC y de las charlas ofrecidas en el centro de documentación de Yanacocha.
- [8] EIA Proyecto Suplementario Yanacocha Oeste. Componente Técnico Ambiental. Febrero 2006.
- [9] Reporte de Evaluación Independiente de la Calidad y la Cantidad del Agua en la Cercanía del Distrito Minero Yanacocha, Cajamarca, Perú. Preparado por Stratus Consulting Inc. para IFC/ MIGA Compliance Advisor/Ombudsman. Octubre 2003
- [10] Visitas a Minera Yanacocha S.R.L.
- [11] Luis Campos Aboado. Gestión del agua en Yanacocha. Foro: agua, minería y cuenca para un desarrollo social. Setiembre 2006.
- [12] Yanacocha Responsabilidad Social y Ambiental 2005
- [13] Caroline Pestieau y James Bond. Efectos socio-económicos y medioambientales de las minas en la comunidad a largo plazo: Casos de estudio de Latino América, Canadá y España. Publicaciones IDRC.
- [14] Development of environmentally benign and sustainable industrial technologies to the metal sector and chemical sector. Investigation of the Risk of Cyanide in Gold Leaching on Health and environment in Central Asia and Central Europe. Annex II.



Bibliografía complementaria

8th International Congress on Mine Water and the Environment. International Mine Water Association. South Africa 19-20 October 2003

7th International Congress on Mine Water and the Environment. International Mine Water Association. Ustrón, Poland 11-15 September 2000

Colin Baird. Química ambiental. Editorial Reverté S.A. 2001

Shepherd Millar, Inc. Estudio del Impacto ambiental de Yanacocha-Carachugo Sur. Preparado por Buenaventura Ingenieros S.A. para CIA Minera Yanacocha S.A. Lima 1992

EIA. Proyecto Cerro Yanacocha. Volumen I, II y III. Elaborado por MWH Americas Inc. para Minera Yanacocha S.R.L. Noviembre 2002.

EIA. Proyecto Cerro Negro. Volumen I, II y III. Elaborado por MWH Americas Inc. para Minera Yanacocha S.R.L. Diciembre 2002.

EIA. Proyecto Suplementario Yanacocha Oeste. Componente ambiental. Elaborado por MWH Perú S.A. para Minera Yanacocha S.R.L. Informe Febrero 2006.

Werner Stumm. Aquatic Chemistry. Chemical Equilibria and Rates in Natural Waters. 3th Edition. Editorial Wiley –Interscience

John Marsden. The Chemistry of Gold Extraction. Editorial Ellis Horwood Limited 1992.

R.E. Hester. Mining and its Environmental Impact. Royal Society of Chemistry 1994

COM(2006) 398 final- Propuesta de Directiva relativa a las normas de calidad ambiental en el ámbito de la política de aguas y por la que se modifica la Directiva 2000/60/CE (o directiva Directiva Marco de Aguas, DMA). Julio de 2006



Directiva 2006/ 11/ CE del Parlamento Europeo y del Consejo relativa a la contaminación causada por determinadas sustancias peligrosas vertidas en el medio acuático de la Comunidad. Febrero de 2006

Directiva 166/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo concerniente al establecimiento del Protocolo Europeo de Vertidos de Contaminantes y Registros de Transferencia (PRTR por sus siglas en ingles) y a las enmiendas del Consejo, Directivas 91/ 689/ EEC y 96/ 61/ EC. También conocida como *Integrated Pollution Prevention And Control*, IPPC. Enero de 2006

Directiva 2003/ 105/ CE del Parlamento Europeo y del Consejo por la que se modifica la Directiva 96/ 82/ CE del Consejo relativa al control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas. También es conocida como Seveso II. Diciembre de 2003

Directiva 2006/ 12/ EC del Parlamento Europeo y del Consejo sobre residuos. Abril de 2006

Ermite. Impactos mineros en sistemas de agua dulce: Guías de gestión y de tratamiento para la gestión a nivel de cuenca. Esmisa Agosto 2006.

Ermite. Resultados del proyecto ERMITE. Informes. Ermisa Setiembre 2006

European Commission. Draft Reference Document on Best Available Techniques for Management of Tailings and Waste Rock in Mining Activities. Draft September 2002.

European Commission. Protocol on Pollutant Release and Transfer Registers. May 2002

WWF. Position Paper on the European Commission proposal for a Directive on the management of waste from the extractive industries. COM (2003) 319. November 2003.

WWF. "Mining safety" in Europe:Preliminary remarks A preliminary response to the EC Communication on "Safe operation of mining activities: a follow-up to recent mining accidents". COM(2000) 664 final. March 2001.



Development of environmentally benign and sustainable industrial technologies to the metal sector and chemical sector. Investigation of the Risk of Cyanide in Gold Leaching on Health and environment in Central Asia and Central Europe. Annex II.

Ministerio de Energía y Minas del Perú. Guía de tratamiento ambiental de reactivos y productos químicos. Sub-sector Minería. Volumen XIV.

Ministerio de Energía y Minas del Perú. Guía ambiental para el tratamiento de Cianuro.1995

Caroline Pestieau y James Bond. Efectos socio-económicos y medioambientales de las minas en la comunidad a largo plazo: Casos de estudio de Latino América, Canadá y España. Publicaciones IDRC.

Gunther F. Craun. La calidad del agua potable en América Latina. Ed. ILSI Press.

Generalitat de Catalunya. Catàleg de residus de Catalunya del 1999.

Deza, Nilton. Oro, Cianuro y otras Crónicas Ambientales. Ed Universitaria UNC.2002.

Ramos Arroyo, Yan René. Características Geológicas y mineralógicas e historia de extracción del distrito de Guanajuato. México. Posibles escenarios geoquímicas para los residuos mineros. Revista mejicana de publicaciones geológicas, ISSN 1026-8774, Vol. 21, N°. 2, 2004 , Págs. 268-284.

Montana. Estudio de evaluación de impacto ambiental y social plan de acción ambiental “proyecto minero marlin”. Guatemala. Montana exploradora de Guatemala, S.A. 2003.

Moran, R.E. Nuevo País, la Misma Historia: Revisión del EIA del Proyecto Glamis Gold Marlin Guatemala. Golden, Colorado, Estados Unidos de Norte América 2004.

Australia Medioambiente, 1998, Gestión del Cianuro: serie sobre las Mejores Prácticas de Gestión Ambiental en Minería, Commonwealth de Australia.



Flynn, C. M. and S. M. Haslem, 1995, Química del Cianuro: Procesamiento de Metales Preciosos y Tratamiento de Desechos: Circular Informativa 9429 de la Dirección Estadounidense de Minas.

Johnson, C.A., et al., 2000, "Importancia Crítica de los Cianocomplejos Fuertes Para Remediar y Contrarrestar Operaciones de Lixiviación por Amontonamiento Mediante Cianuración": en Cianuro: Aspectos Sociales, Industriales y Económicos, Sociedad de Minerales, Metales y Materiales, pp. 35-49.

Korte, Friedhelm, et. al., 2000, El Proceso de Recuperación de Oro por Lixiviación de Cianuro: Una Tecnología no Sustentable de Impactos Inaceptables Para los Ecosistemas y los Seres Humanos : Ecotoxicología y Seguridad Ambiental 46, Academic Press.

Manuel A. Glave y Juana Kuramoto. Minería, Minerales y Desarrollo Sustentable en Perú. Grupo de Análisis para el Desarrollo (GRADE) 2002.

Asociación Ecologista Costarricense - Amigos de la Tierra (AECO-AT). Minería De Oro A Cielo Abierto Y Sus Impactos Ambientales. Costa Rica 2006.

Rio Narcea Gold Mines LTD. Annual Report 2005

