UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS, METALURGIA, GEOLOGÍA Y CIENCIAS GEOGRÁFICAS

E.A.P. DE INGENIERÍA METALÚRGICA

MANEJO AMBIENTAL RELAVES – DISPOSICIÓN SUBACUÁTICA

TESIS

para optar el Titulo Profesional de Ingeniero mMetalurgico

Autor

Atilio Jesús Rojas Villanueva

Lima-Perú

2007

Con profundo agradecimiento dedico esta tesis a mis señores padres Sr. Ariel Rojas Ll. y Sra. Maximina Villanueva R., que con su esfuerzo y abnegación hicieron de mi un profesional.

Agradezco a los profesores de la EAP de Metalurgia por darme las herramientas del conocimiento, especialmente al Ing. Ángel Azañero por sus consejos y el liderazgo que trasmite a sus alumnos.

ÍNDICE **Pág.**

PRESENTACION

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN **3**

RESUMEN **6**

CAPITULO II

ANTECEDENTES **17**

2.1 ASPECTOS GENERALES 17

2.2 RELAVES MINEROS 18

2.3 TRANSPORTE DE RELAVES 19

2.3.1 CONSIDERACIONES BÁSICAS PARA TENER EN CUENTA 20

2.3.2 PUNTOS DE DESCARGA EN CANCHA DE RELAVES 20

2.3.3 CARACTERÍSTICAS DE LAS DESCARGAS 21

2.4 TIPOS Y CARACTERÍSTICAS DE LOS RELAVES 21

2.5 NATURALEZA DE LOS EFLUENTES LÍQUIDOS DE RELAVES 23

2.5.1 CLASES DE EFLUENTES 24

CAPITULO III

MARCO LEGAL **26**

3.1 NORMAS GENERALES 27

3.2 LA POLÍTICA AMBIENTAL DEL SECTOR MINERO 33

3.2.1 SECTOR ENERGÍA Y MINAS 34

3.3 INSTRUMENTOS DE GESTIÓN AMBIENTAL 36

3.3.1 GUÍAS TÉCNICAS DE MANEJO AMBIENTAL 38

3.3.2 REGISTRO DE FISCALIZADORES EXTERNOS 39

3.4 NORMATIVIDAD AMBIENTAL SECTORIAL 40

3.4.1 NORMAS AMBIENTALES SECTORIALES 42

CAPITULO IV

OPERACIONES MINERAS **46**

4.1 UBICACIÓN DE LA UNIDAD MINERA. 46

4.2 VÍAS DE ACCESO 47

4.3 HISTORIA DE LOS PROYECTOS 47

4.4 MANEJO DE RELAVES 48

4.5 FORMACIONES GEOLÓGICAS 53

4.6 GEOLOGÍA 54
4.6.1 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL 54
4.6.2 GEOLOGÍA ECONÓMICA 54
4.6.3 MINERALIZACIÓN EN VETAS 55
4.6.4 MINERALIZACIÓN EN CUERPOS 55
4.6.5 MINERALIZACIÓN TIPO Stock Works 56
4.6.6 INVENTARIOS DE RESERVAS 56
4.6.7 CLASIFICACIÓN DEL MINERAL 56
4.7 PRINCIPALES LABORES DE EXPLORACIÓN Y DESARROLLO 58
4.7.1 ESTRATEGIA 58

CAPITULO V

DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN PLANTA CONCENTRADORA 62
5.1. SECCIÓN CHANCADO 63
5.2. SECCIÓN MOLIENDA 65
5.2.1 ACEROS 66
5.3 SECCIÓN FLOTACIÓN 70
5.3.1 CIRCUITO BULK 70
5.3.2 CIRCUITO DE SEPARACIÓN 71
5.3.3 CIRCUITO DE ZINC 72
5.4 SECCIÓN ESPESAMIENTO Y FILTRADO 78
5.5 MANEJO DE RELAVES 80

CAPITULO VI

DESCRIPCIÓN DE LAS ÁREAS DE LA UNIDAD 85
6.1 MEDIO AMBIENTE BIOLOGICO 85
6.1.1 DESCRIPCIÓN DEL ECOSISTEMA Y DETERMINACIÓN DE ZONA DE VIDA 85
6.1.2 ECOSISTEMA TERRESTRE 85
6.1.3 ECOSISTEMA ACUÁTICO 88
6.2 MEDIO AMBIENTE SOCIO-ECONÓMICO 91
6.3 TOPOGRAFÍA 92
6.4 FISIOGRAFÍA 94
6.5 GEOLOGÍA 94
6.6 SISMICIDAD 95
6.7 CLIMA Y METE REOLOGÍA 96

6.8 HIDROLOGÍA 97
6.8.1 AGUA SUBTERRÁNEA 100
6.9 CALIDAD DE AGUA 101
6.9.1 TRATAMIENTO DEL EXCESO DEL CROMO (VI) 104
6.9.2 AGUA SUPERFICIAL 108
6.9.3 AGUAS SUBTERRÁNEAS 111
6.10 SUELOS 111

CAPÍTULO VII

DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS DEPOSITOS 114

7.1 CARACTERÍSTICAS DE LOS DEPÓSITOS DE RELAVES 114
7.2 ALMACENAMIENTO DE RELAVES 114
7.3 DISPOSICIÓN DE RELAVES: NIEVE UCRO 116
7.4 PRODUCCIÓN Y MANEJO DE RELAVES 120
7.5 CONDUCCIÓN DE RELAVES DE FLOTACIÓN 121
7.5.1 CONDUCCIÓN DE RELAVES GRUESOS DE FLOTACIÓN 121
7.5.2 CONDUCCIÓN DE RELAVES FINOS DE FLOTACIÓN 122
7.6 CAUDAL DEL FLUJO 123
7.7 LÍNEA DE BOMBEO 124
7.8 POTENCIA DE LA BOMBA 124
7.9 DRENAJE 125
7.9.1 AGUAS DE ESCORRENTIA DE LA RELAVERA NIEVEUCRO. 125
7.9.2 DRENAJE DE LA CANCHA DE RELAVES 126
7.10 DISPOSICIÓN DE RELAVES EN CABALLOCOCHA 127
7.11 PARÁMETROS DE APLICACIÓN 129
7.12 DISEÑO DEL DEPOSITO DE RELAVES CABALLOCOCHA 129
7.13 ALMACENAMIENTO DE RELAVES DISPOSICIÓN - SUB ACUATICA 131
7.14 SISTEMA DE TRANSPORTE DE RELAVES 135
7.15 OBRAS DE DESCARGA 137
7.16 DEPÓSITOS DE EMERGENCIA DE RELAVES 138
7.17 PLAN DE MONITOREO AMBIENTAL 138
7.17.1 RED DE MONITOREO DE LOS CUERPOS HÍDRICOS 139
7.17.2 RED DE MONITOREO DE LOS EFLUENTES 145

7.17.3 RED DE MONITOREO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS 147
7.17.4 RED DE MONITOREO HIDROBIOLÓGICO 149
7.18 COMPARACION ENTRE DISPOSICION SUBACUATICA Y DISPOSICIÓN SUPERFICIAL 156
7.18.1 RECUPERACION DE LA LAGUNA LUEGO DE LA DISPOSICIÓN SUBACUATICA DE RELAVES 159

CAPITULO VIII

EVALUACIÓN DE ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTALES 162

8.1 AMBIENTE FÍSICO 162
8.1.1 TOPOGRAFIA 162
8.2 CALIDAD DE AIRE 163
8.3 SUELOS 164
8.4 AGUAS SUPERFICIALES 164
8.5 AGUAS SUBTERRÁNEAS 165
8.6 IMPACTOS EN LOS ECOSISTEMAS TERRESTRES 165
8.6.1 VEGETACIÓN Y FLORA 165
8.6.2 FAUNA TERRESTRE 166
8.7 IMPACTO EN LOS ECOSISTEMAS ACUÁTICOS 167
8.8 REVEGETACION DE ÁREAS IMPACTADAS 167
8.8.1 GENERALIDADES 167
8.8.2 OBJETIVOS DE LA REVEGETACIÓN 168
8.8.3 DISEÑO DE COBERTURA A UTILIZAR EN LAS ZONAS DE REHABILITACIÓN 168

CAPITULO IX

DESCRIPCIÓN DEL ÁRE DE INFLUENCIA DE LA UNIDAD MINERA 173

9.1 MEDIO AMBIENTE FÍSICO 173
9.1.1 SUELOS 173
9.1.2 CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS DE ACUERDO A SU CAPACIDAD DE USO MAYOR 174
9.1.3 RIESGOS NATURALES 178
9.1.4 CLIMA Y METEOROLOGÍA 181
9.1.4.1 HIDROLOGÍA 181
9.1.4.2 CALIDAD DE AGUA SUPERFICIAL 183
9.1.4.3 CALIDAD DE AGUA SUBTERRÁNEA 186
9.1.4.4 CALIDAD DE AIRE 187

9.2 MEDIO AMBIENTE BIOLÓGICO 187
9.2.1 DESCRIPCIÓN DEL ESCOSISTEMA Y ZONAS DE VIDA 187
9.2.2 ECOSISTEMA TERRESTRE 188
9.2.3 ECOSISTEMA ACUÁTICO 191
9.2.4 AVIFAUNA 196
9.3 MEDIO AMBIENTE SOCIO – ECONÓMICO 201

CAPITULO X

PLAN DE CIERRE 203

10.1 OJETIVOS DEL PLAN DE CIERRE 203
10.1.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 203
10.1.2 CRITERIOS GENERALES PARA EL CIERRE DE OPERACIONES 204
10.1.3 CRITERIOS NORMATIVOS 206
10.2 ANTECEDENTES 215
10.2.1 IDENTIFICACIÓN DEL TITULAR 215
10.2.2 MARCO LEGAL 216
10.2.2.1 NORMAS GENERALES 216
10.2.2.2 NORMAS AMBIENTALES SECTORIALES 217
10.2.2.3 NORMAS LEGALES SOBRE PRESERVACIÓN SOBRE EL PATRIMOIO CULTURAL 219
10.2.2.4 NORMAS LEGALES SOBRE BIODIVERSIDAD 219
10.2.2.5 OTRAS NORMAS 219
10.2.3 COMPROMISOS AMBIENTALES 222
10.3 PROGRAMA DE MONITOREO Y CONTROL 224
10.3.1 GENERALIDADES 224
10.3.2 OBJETIVOS DE MONITOREO AMBIENTAL 225
10.3.3 FRECUENCIA Y PERIODO DEL MKONITOREO 225
10.3.4 VARIABLES A MONITOREAR 226
10.3.5 ZONAS DE MONITOREO 227
10.3.6 TIPOS DE MONITOREO 227
10.4 MANTENIMIENTO POST – CIERRE 228
10.4.1 MANTENIMIENTO FÍSICO 228
10.4.2 MANTENIMIENTO GEOQUÍMICO 228
10.4.3 MANTENIMIENTO BIOLÓGIVO 228
10.5 PROGRAMA DE CIERRE Y HABILITACIÓN 229
10.5.1 ALCANCES 229
10.5.2 ESCENARIOS Y DEFINICIÓN DE CONDICIONES PARA INICIO Y FIN DEL PROGRAMA 229

10.5.3 IDENTIFICACIÓN DE EVENTOS RELEVANTES 230
10.5.4 METAS CALENDARIZADAS DEL PLAN 231

CONCLUSIONES 232

RECOMENDACIONES 234

BIBLIOGRAFIA 236

PRESENTACIÓN

Durante los últimos doce años el sector minero, en gran medida la mediana y gran minería vienen invirtiendo en tecnología de punta, modernizando sus instalaciones e implementando nuevos sistemas de operación, de tal manera hacer de sus operaciones altamente competitivas y rentables que vayan de la mano con un manejo ambiental adecuado. En el presente trabajo se desarrollan dos temas específicos, la "Disposición de Relaves" y el "Manejo Ambiental de los Relaves", las que puedan servir de referencia a todo profesional que este interesado en el sector minero, y a todo aquel profesional que tenga interés en conocer algunas herramientas de gestión, que comprenden aspectos legales referidos a cualquier alteración que se pueda producir en un medio físico.

Uno de los motivos de este trabajo es dar a conocer una nueva modalidad de disposición de relaves que difiere mucho de las ya conocidas y es función de todo profesional estar a la vanguardia de los nuevos procesos que se aplican en su sector, ya que es competencia de este investigar, elaborar y desarrollar trabajos técnicos de acuerdo a la magnitud y la política de la empresa, adecuándolo al mismo y asimismo cumplir con los dispositivos legales vigentes.

En cuanto al tema del marco legal, el motivo que me animo a incluir este tema en el presente trabajo es la necesidad de involucrar responsablemente a todo profesional minero en este tema y así pueda desempeñar sus funciones teniendo al menos un mínimo de conocimiento sobre estos aspectos legales vigentes en el país; es de suma importancia que todo profesional del sector minero-metalúrgico deba conocer la terminología ambiental con definiciones precisas, interpretar las normas, reglamentos y disponer acciones para desarrollar las mejores prácticas de operación y manejo ambiental de la empresa, participando en la mejora continua de los sistemas de gestión, programas de mitigación, planes de contingencia y otros aspectos inherentes.

La preservación del medio ambiente, responsabilidad social de la empresa y el manejo responsable de los recursos naturales han dejado de ser una preocupación exclusiva de los foros internacionales, los gobiernos y se convierte en una obligación en el ámbito de todo profesional y ser humano que se siente involucrado con ella. El sector minero

es el que mejor desarrolla su legislación ambiental adecuándose a las exigencias internacionales al haber adoptado conceptos de actualidad, conductas de preservación y asumir el compromiso para desarrollar la explotación minera manteniendo el equilibrio entre el desarrollo económico social y la conservación del medio. Nuestra legislación ha previsto plazos aceptables de adecuación para las empresas que venían operando con estándares ambientales por encima de los reglamentados, en tanto que las nuevas inversiones deben hacerlo en los términos establecidos en el reglamento desde el inicio de sus operaciones, en muchos casos compatibles con los estándares internacionales.

Estoy convencido que la presente tesis logrará despertar el interés por la política ambiental peruana en algunos metalurgistas y espero que haya respuesta de estos y que se plasmen en otros trabajos que incidan en el medio ambiente perfeccionando y uniformizando los instrumentos de gestión ambiental.

RESUMEN

La Unidad de Producción de la Compañía Minera Raura S.A. (CMRSA) se encuentra ubicada en el distrito de San Miguel de Cauri, provincia de Lauricocha del departamento de Huánuco, con una elevación entre 4300 y 4800msnm. El área de la Unidad Minera se sitúa en la vertiente oriental de la Cordillera Occidental de los Andes, próxima al Nudo de Pasco.

CMRSA opera una Planta Concentradora con una capacidad instalada de 2600TMSD, la cual produce concentrados de cobre (Cu), plomo (Pb) y zinc (Zn) con bajos contenidos de plata.

La laguna Caballococha ubicada al pie de la Planta Concentradora fue utilizada como depósito de relaves desde 1960 hasta 1996. Desde Diciembre de 1996 hasta el 25 de Agosto del 2005 se estuvo disponiendo relaves en el Depósito Nieve Ucro No 2, ubicado en una subcuenca de la Laguna Nieve Ucro aproximadamente a 1.6km de la Planta Concentradora, a partir del 25 de Agosto se inicia la Disposición Subacuatica de Relaves en la laguna Caballococha.

El manejo de relaves requiere el cumplimiento de ciertas consideraciones legales y ambientales, en vista que los depósitos de relaves tienen determinada vida útil es necesario evaluar los depósitos de relaves, en el caso de CMRSA se evaluó seis (6) áreas para la disposición de relaves, tres de las cuales son lagunas de origen glaciar y tres son áreas secas. De acuerdo a esta evaluación se concluyo que la laguna Caballococha es la mejor opción de descarga de relaves, considerando criterios ambientales, técnicos y económicos.

La presente tesis evalúa la disposición de relaves en la relavera Nieve Ucro Nro.2 (superficie) y la disposición de relaves en la laguna Caballococha (subacuatico). La laguna de Caballococha se encuentra dentro de la concesión

de beneficio y ha sido usada en el pasado para disposición de relaves. Por lo tanto, el área de estudio ha sido fijada teniendo en cuenta, que el mayor impacto que debe considerarse es la calidad de agua de la laguna.

DISPOSICION SUBACUATICA DE RELAVES EN LA LAGUNA CABALLOCOCHA

Caballococha es una laguna ya impactada por relaves dispuestos, así como por efluentes de la Planta Concentradora. Actualmente la laguna Caballococha no tiene vida.

La laguna Caballococha tiene la capacidad de almacenamiento requerida (2.32Mm^3) y sólo se necesitaba un desarrollo mínimo de infraestructura. El vaso de la laguna está conformado por lecho rocoso siendo estable respecto a su estabilidad física. No muestra influencia importante de drenaje kárstico, por lo que el nivel del agua actual mantiene parte del relave inundado. Al ser utilizado como depósito de relaves, se podrá mantener naturalmente un espejo de agua que cubra los relaves depositados. No existe ninguna indicación de presencia de hielo glaciar dentro del vaso en tiempos recientes.

Ambientalmente presenta las menores desventajas considerando el aspecto de la calidad de agua y las mejores ventajas si se considera los aspectos de estabilidad física y química.

El depósito de relaves está constituido por un vaso natural de roca caliza de 22m de profundidad máxima. Se dispondrá de aproximadamente 3m de cobertura de agua sobre la superficie final del relave, al término de la operación (5.6 años). La disposición de los relaves en la laguna será subacuática.

El sistema de transportes de relaves está conformado por tuberías de HDPE de 8” que trabajan a gravedad y presión. Está formada por dos líneas de tuberías en paralelo, estando una de ellas en “stand by”, como una medida de seguridad ante eventuales interrupciones del sistema por mantenimiento y/o rotura. A

continuación se describe brevemente la disposición de las tuberías que básicamente comprende tres tramos.

El primer tramo está constituido por dos líneas de tuberías en paralelo, de aproximadamente 150m cada una; se inicia en la Planta de Flotación y llega al Depósito de Regulación. El segundo tramo, también está constituido por dos líneas de tuberías, de aproximadamente 265m cada una; se inicia en el Depósito de Regulación y termina en la Caseta de Válvulas de Control. El último tramo se inicia en la Caseta de Válvulas de Control, allí la línea de descarga principal tendrá una longitud variable de acuerdo a esquema de disposición de los relaves en la laguna; la línea paralela se utilizará para la descarga de emergencia y tendrá una longitud de aproximadamente 130m. Los tramos de tuberías que estarán sobre la superficie del agua de la laguna, tendrán un recubrimiento de poliuretano con la finalidad de mantenerlo a flote.

Es importante recalcar el hecho que esta tesis considera los impactos generados solamente por el proyecto de disposición subacuática de relaves en la Laguna Caballococha. La laguna ya ha sido impactada, la situación de la laguna antes de la disposición subacuatica de relaves se considera como línea base para la evaluación de impactos.

El recurso suelo no sufre mayor impacto debido a la muy pequeña porción de terreno que se utiliza para las instalaciones, es más, el impacto al suelo si consideramos el área que no se utilizará para un nuevo depósito es positivo.

El aire no sufre impacto alguno durante la operación, debido a que la disposición subacuática posee como ventaja la supresión de partículas suspendidas, ya que la totalidad del relave se encuentra sumergido. Los impactos durante la construcción son insignificantes debido a que la construcción no habrá gran movimiento de tierras. Durante la operación este tipo de disposición de relaves no impacta el aire.

La disposición subacuatica posee un impacto positivo bajo para la flora y fauna, ya que la disposición subacuática no afecta suelos, por lo que se evita la pérdida de suelos y con esto los hábitat terrestres.

El impacto para los hábitats acuáticos se considera bajo negativo, debido a que los impactos negativos en la calidad de agua son bajos o insignificantes para la laguna Tinquicocha y las lagunas aguas abajo. El hábitat de la laguna Caballococha está actualmente muy afectado y no hay vida en ella.

Los impactos en las actividades socio-económicas son insignificantes a bajos, debido a que no se espera el cambio significativo de la calidad de agua en las lagunas aguas abajo. Además, el agua de las lagunas no es utilizada para agricultura. Es más, la agricultura es escasa en la zona y no utiliza el agua de las lagunas, se trata de agricultura estacional desarrollada sobre los terrenos escarpados aprovechando el agua de las lluvias.

La pesca juega un rol minoritario en las actividades de las poblaciones más cercanas al proyecto. La zona no está densamente poblada. Las poblaciones se encuentran muy alejadas de las operaciones a excepción del Centro Poblado Menor Raura Chica que se encuentra dentro de los límites de la propiedad de Raura.

El componente ambiental que la disposición subacuática de relaves en Caballococha podría afectar es el recurso de aguas superficiales. Es importante que se mantenga un control de la cantidad y calidad de agua de las diferentes lagunas de la zona, así como de las quebradas que las unen. Se propone implementar dos redes de monitoreo, una de efluentes y otra de cuerpos de agua; cada uno con parámetros a controlar diferentes.

Raura posee un plan de contingencia para la operación del depósito de relaves.

Dentro de las contingencias que se han considerado durante la operación están:

- Ruptura de Tubería
- Gran Avenida
- Bloqueo del Túnel de Salida
- Decrecimiento de la Calidad de Agua sobre Niveles no Aceptables

Como medida de contingencia para el caso de ruptura de tuberías, se ha diseñado la instalación con dos sistemas independientes de transporte de relaves. Cuando se detecte una fuga, se hará funcionar el sistema que se encuentra en by-pass, se limpiará la zona afectada, el suelo contaminado será dispuesto en un depósito de desmonte y el área se revegetará.

De darse el caso que el monitoreo muestre que el agua de las lagunas o de las descargas alcancen niveles no aceptables, Raura deberá tomar las medidas para reducir el nivel de los parámetros que generen el problema. Existen dos opciones, la primera sería tratar el agua descargada de Caballococha, lo cual significaría el tratamiento de una gran cantidad de agua y por lo tanto una alternativa más difícil de llevar a cabo. La mejor opción la constituye el tratamiento del flujo que ingrese a la laguna de Caballococha que posea la carga del parámetro que debe ser tratado. De esta manera el volumen de agua a tratar se disminuye en gran medida, lo que hace viable este sistema.

DEPOSITO DE RELAVES Nº 2 NIEVE UCRO

El Depósito de Relaves No. 2 – Nieve Ucro, se ha diseñado y construido de acuerdo a las Normas Ambientales vigentes de la Dirección General de Asuntos Ambientales del Ministerio de Energía y Minas y del Reglamento Nacional de Construcciones. El depósito está constituido por una depresión natural que no requirió de presa y una presa de tierra de material morrénico con su respectivo sistema de filtro y el sistema de decantación – drenaje del

agua sobrenadante del espejo del relave – y el sistema de canales de coronación.

El Depósito de relaves No. 2 se construyó en tres etapas:

- ◊ Primera Etapa: Depresión Natural del terreno, vaso cerrado, de la cota 4529 a la cota 4549 m.s.n.m.
- ◊ Segunda Etapa: Dique de material de préstamo, de la cota 4549 a la cota 4567 m.s.n.m.
- ◊ Tercera Etapa: Dique de material de préstamo, de la cota 4567 a la cota 4570 m.s.n.m.; y,
- ◊ Etapa del Dique Secundario de Relaves Gruesos Cicloneados, de la cota 4569 a la cota 4575 m.s.n.m.

ETAPAS DE LA CONSTRUCCION DEL DEPOSITO DE RELAVES Nº 2 NIEVE UCRO

PRIMERA ETAPA DE CONSTRUCCION DEL DIQUE – COTA FINAL 4562 m.s.n.m.

El dique se construyó con material de préstamo en tres etapas:

Primera Etapa: De la cota 4549 a la cota 4562 m.s.n.m.

Segunda Etapa: De la cota 4562 a la cota 4567 m.s.n.m.

Tercera Etapa: De la cota 4567 a la cota 4570 m.s.n.m.

El diseño del dique lo efectuó la Consultora Geoservice Ingeniería S.R.L., en febrero de 1998, e incluía la construcción de un dique de arranque de 5.30 m; y la construcción de un dique de material de préstamo, con crecimiento de acuerdo al método de la línea central, hasta una altura máxima de 26.30 m, cota 4,575. El diseño incluía además el sistema de drenaje del agua decantada por medio de quenas.

Mediante el Informe No. 130-98-EM-DGM/DPDM, de fecha 25 de marzo de 1998, el Ministerio de Energía y Minas aprobó el diseño del depósito de relaves denominado “Relavera No. 2” en su Segunda Etapa (De la cota 4549 a la cota 4567) y su acondicionamiento respectivo.

Al iniciarse la ejecución de las obras y en vista de que parte de la cimentación de la presa, se desplantaría en parte de un antiguo depósito de relaves (Depósito de Relaves No. 1), se solicitó a la Consultora INEPRO S.A.-INGENIERIA Y EJECUCION DE PROYECTOS – CONTRATISTAS GENERALES, el Estudio de Análisis del Espaldón Aguas Abajo, hasta la cota 4560 m.s.n.m., y posteriormente la revisión del diseño de la presa hasta la cota 4570.

De acuerdo al Estudio se modificó el diseño del depósito de relaves, cambiándose el método anterior de eje central al método de crecimiento aguas abajo. Además se consideró la preconsolidación del sector del antiguo depósito de relaves Nieve Ucro 1, colocando desmonte de mina.

Mediante el Informe No. 348-2000-DGM/DPDM de fecha 10 de noviembre del 2000, el Ministerio de Energía y Minas aprobó la modificación del diseño del recrecimiento del dique de contención del depósito de relaves, y nombró a la Empresa EIA "Tecnología XXI S.A.", para que realice la inspección de verificación de la construcción.

La EAI "Tecnología XXI" S.A. verificó el 7 de enero del 2001 las condiciones de

la construcción del dique entre las cotas 4549 hasta la cota 4567 m.s.n.m. – altura máxima 18 m- correspondientes a la segunda etapa del depósito (primera y segunda etapa del dique).

Mediante Informe No. 029-2001-EM-DGM/DPDM, de fecha 15 de febrero de 2001 otorgó la conformidad de las obras ejecutadas en la construcción del depósito de relaves "Relavera No. 2" en su segunda etapa, de la cota 4,549 a la 4,562 m.s.n.m. (primera y segunda etapas del dique), por encontrarse conforme con el diseño presentado.

SEGUNDA ETAPA DE CONSTRUCCION DEL DIQUE – COTA FINAL 4567 M.S.N.M.

La construcción de la segunda etapa del dique se inició en mayo del 2000, de acuerdo con el diseño de la Consultora INEPRO S.A., culminándose en septiembre del 2000.

Mediante Informe No. 130-98-EM-DGM/DPDM de fecha 23 de marzo de 1998, el Ministerio de Energía y Minas, aprobó el diseño del depósito de relaves en su segunda etapa y autorizó la construcción del dique de contención y su acondicionamiento respectivo.

El dique fue construido con material de préstamo con una longitud aproximada de 350 m, ancho de corona de 6 m. En el talud aguas abajo se distinguen dos sectores: uno donde la pendiente es 1:2.8 (V:H) cimentados en morrenas y en relaves antiguos; y el otro con una pendiente 1:20 (V:H) cimentado en roca. El talud aguas arriba tiene una pendiente 1:20 y está cubierto con geomembranas de la cota 4562 a la cota 4567 (segunda etapa del depósito).

Al pie del talud se construyó un canal trapezoidal abierto para captar el drenaje del dique. La evacuación de las aguas decantadas se realiza por medio de quenas de 8 pulgadas de diámetro.

Los canales de coronación son de concreto, de sección rectangular de 0.60 x 0.60 m con pendientes que llegan hasta 5%.

La Empresa EIA "Tecnología XXI" verificó el 7 de enero del 2001 las condiciones de la construcción del Depósito desde la cota 4549 a la cota 4567 m.s.n.m. – altura máxima 18 m (correspondientes a la primera y segunda etapa del dique).

Mediante el Informe No. 029-2001-EM-DGM/DPDM, de fecha 15 de febrero del 2001, el Ministerio de Energía y Minas otorgó la conformidad de las obras ejecutadas en la construcción del Depósito de Relaves, en su segunda etapa, de la cota 4549 a la cota 4567 (primera y segunda etapa del dique), por encontrarse conforme con el diseño presentado.

TERCERA ETAPA DE CONSTRUCCION DEL DIQUE – COTA FINAL 4570 M.S.N.M.

La elevación proyectada de la Tercera Etapa del Dique, de la cota 4567 a la cota 4570 (3 m), se construyó con material morrénico, siguiendo el método de crecimiento del talud aguas abajo, y el sistema de filtros y protección con geomembranas aguas arriba.

La construcción se inició el 16 de julio del 2001 y se concluyó el 30 de octubre del 2001.

Mediante Informe No. 209-2003-EM-DGM/DPM de fecha 21 de marzo del 2003, el Ministerio de Energía y Minas otorgó la conformidad de obra ejecutada por la Cia. Minera Raura S.A. en la construcción del depósito de relaves denominado "Relavera No. 2", hasta la cota 4570 m.s.n.m., de acuerdo con el proyecto aprobado.

CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS DEL DEPÓSITO DE RELAVES Nº 2 NIEVE UCRO

La zona norte del área de Nieve Ucro está constituida por morrena glaciar y el entorno está constituido por roca caliza. Nieve Ucro es un vaso superficial que está ubicado aguas abajo de la laguna Caballococha. El glaciar se ha retirado aproximadamente 1km desde la actual ubicación de la morrena.

En el pasado el lugar donde se encuentra la relavera, recibía agua proveniente del deshielo de los glaciares cercanos. Actualmente se efectúa a través de la zona de contacto entre las rocas aflorantes con los depósitos cuaternarios.

El depósito de relave se presenta estable. La carga de agua subterránea en la masa del relave, representa una carga adicional a la masa depositada, que es

menor a las fuerzas de rozamiento y cohesión que se oponen a su movimiento, dándole estabilidad.

La baja permeabilidad de la caliza y la profundidad del nivel del agua subterránea, respecto a la superficie del terreno donde esta depositado el relave, no permite una conexión directa de los efluvios contaminantes con el agua subterránea. Las posibles filtraciones del drenaje ácido generado que pudieran presentarse a través de las probables fallas, serían atenuadas por la acción neutralizadora de la caliza.

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

La humanidad encara actualmente una serie de problemas ambientales causados por el calentamiento terrestre, la alteración de la capa de ozono, la precipitación ácida, la contaminación general del planeta y un ambiente epidemiológico deteriorado, fenómenos estrechamente relacionados, juntos con una gradual sobrepoblación. Todos estos factores contribuyen a una crisis de habitabilidad, dado que amenaza la capacidad del planeta para mantener una civilización a gran escala.

La industria genera productos que se convierten rápidamente en materiales de desecho, los cuales se acumulan en le medio y constituyen material contaminante; es decir, aunque es importante agente de progreso, la innovación conlleva muchas veces efectos colaterales indeseables.

En los últimos veinticinco años, y sobre todo durante los últimos años, se ha suscitado un conjunto de presiones nacionales e internacionales para combatir la degradación ambiental. Por ello resulta que las cuestiones ambientales se traten cada vez más en el contexto general del proceso y las políticas de desarrollo.

En el ámbito internacional, se destacan como hitos la primera Conferencia de Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente Humano, realizada en Estocolmo, que marca el inicio de una larga y creciente sucesión de convenios multilaterales en este campo. Este proceso se acelera con los preparativos para la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Ambiente y Desarrollo celebrada en Río de Janeiro veinte años después (conocida como “Cumbre de Río”), que condujeron al establecimiento de foros para examinar cuestiones ambientales y de recursos ambientales y de recursos naturales, y a un nuevo enfoque sobre las diferencias Norte-Sur. Por otro lado, una gradual y cada vez más profunda globalización económica ha generado nuevas prácticas comerciales internacionales con importante implicaciones ambientales.

En el ámbito nacional, este proceso ha repercutido en la adopción de diversos instrumentos jurídicos internacionales. En este marco, el gobierno ha buscado

fortalecer sus políticas ambientales mediante transformaciones institucionales e iniciativas jurídicas, técnicas y económicas y en algunos casos de alcance regional. Un factor importante en este contexto ha sido la apertura a las inversiones internacionales que conllevo a sistemas de planificación ambientales.

En la actual constitución y el desarrollo de las leyes, ha generado un importante conjunto de normas y regulaciones tanto de tipo preventivo como restrictivo, así como nuevas instituciones encargadas de implementar esta legislación.

Entre las normas y regulaciones directas de tipo preventivo se encuentran disposiciones sobre ordenamiento del territorio, normativas sobre conservación de los recursos naturales o normas técnicas sobre impacto ambiental, estándares, auditorias ambientales y el sistema de otorgamiento de licencias ambientales.

Las normas y regulaciones de tipo restrictivo incluyen las que imponen sanciones administrativas, civiles e incluso penales.

Todo proceso metalúrgico en la concentración de minerales se obtiene aparte de los concentrados y los relaves, que son resultados de diferentes procesos de beneficio de minerales, este subproducto generalmente se maneja en la forma de pulpa (lodo).

Por lo que los relaves se definen como partículas de rocas trituradas que son producidas o depositadas en forma de pulpa (Pasta con agua). Esta definición alcanza a la gran mayoría de desechos provenientes del procesamiento mineral, después de la recuperación de los valores minerales.

En la minería y en la metalurgia extractiva especialmente, el principal énfasis está en la extracción de los valores minerales; considerando que los relaves son simplemente un producto de desecho con características físicas y químicas propias. De otro lado la disposición de relaves es comúnmente identificado como el más importante de los impactos ambientales en muchos proyectos mineros. En ese sentido el presente estudio incidirá tanto como sea posible sobre la naturaleza de los relaves y sus formas de disposición final. Considerando al iniciar la exploración como la explotación del asiento minero se necesita permiso por parte del estado, así mismo el manejo de

relaves requiere autorización del estado, para iniciar su funcionamiento, así como para realizar la rehabilitación del mismo. Estos relaves provenientes de las plantas concentradoras u otras operaciones requieren para su deposición de grandes superficies de terreno adyacentes a las plantas de tratamiento de los minerales, por lo que generalmente se requiere de grandes extensiones de terreno y que sean suficientemente seguras para una disposición sostenible en el tiempo.

CAPITULO II

ANTECEDENTES

2.1 ASPECTOS GENERALES

La Compañía Minera Raura S.A. (CMRSA), es una empresa dedicada a la ejecución de actividades mineras con RUC: N° 20100163552. Está inscrita en el asiento 6, Fojas 221, Tomo 103 del Registro Mercantil de Lima, y el Asiento 5, Fojas 5, Tomo 2 del Registro Público de Minería. Su representante legal es el Ing. Fortunato Brescia, conforme al poder inscrito en el Asiento 107 de la Ficha 001043 del Libro de Sociedades Contractuales y otras Personas Jurídicas del Registro Publico de Minería, con domicilio en la Calle Las Begonias N° 441, Oficina 251, del distrito de San Isidro, Provincia y Departamento de Lima. El Gerente General de Raura, es el Ing. Heraclio Ríos Quinteros.

La Compañía Minera Raura desarrolla sus operaciones en el marco jurídico establecido en la Ley General de Minería, por el Decreto Legislativo N° 109 y su Reglamento aprobado por Decreto Supremo N° 025–82–EM/VM, el texto único ordenado de la Ley General de Minería aprobado por Decreto Supremo N° 014-92-EM y la Ley de Promoción Minera aprobada por Decreto Legislativo 708 del 11 de Noviembre de 1991.

El distrito minero de Raura abarca un área de 28 km^2 (7km. x 4 Km) esta se ubica en la cumbre de montañas de la Cordillera Occidental Andina, en el límite entre los departamentos de Lima y Huanuco, por parte de la provincia de Cajatambo y la provincia de Dos de Mayo-Departamento de Huanuco, respectivamente.

Explota los yacimientos de la zona y opera una Planta de Beneficio con una capacidad instalada de aproximadamente 2500 TMS/día, produciendo concentrados de Cu-Ag, Pb-Ag, y Zn.

La ampliación de la capacidad de tratamiento de la Concesión de Beneficio denominada Concentradora Raura de 1200 t/d a 2500 t/d ha sido autorizada por la Dirección General de Minería del Ministerio de Energía y Minas mediante aprobación del Informe N° 046 –94-EM-DGM/CEPB. La autorización para el uso de aguas esta

contenida en el Oficio N° 005-94-UAD.LC/AAH/ATDRH de fecha 12 de Enero de 1994 del Ministerio de Agricultura.

Hidrográficamente se ubica en la vertiente del río Amazonas, en la cabecera de la cuenca de la laguna Lauricocha, que a su vez constituye las nacientes del río Marañón.

El acceso es desde la carretera Panamericana Norte, por el desvío en Río Seco que conduce a Sayán, de donde se prosigue por una carretera afirmada que pasa por Churín y la central hidroeléctrica Cashaucro finalizando en la mina Raura. El tiempo que demanda movilizarse desde Lima a la mina es de 6 horas.

La unidad minera Raura, de propiedad del Grupo BRESCIA, se fundó hace unos cuarenta y cinco años, iniciándose su explotación mediante labores subterráneas a inicios de la década del 60 con la extracción de minerales de zinc, plomo, cobre y plata.

La Planta Concentradora descargaba hasta Julio del 2005 sus relaves en una hoyada

ubicada al norte de la laguna Nieve Ucro, aproximadamente a 2 Km de la planta concentradora. En la actualidad deposita sus relaves en el fondo de la laguna Caballococha (Disposición Subacuatica) ambas sistemas de disposición evaluaremos en este estudio así como el manejo de relaves que se efectúan en ambos casos.

2.2 RELAVES MINEROS

Toda planta de concentración de minerales, produce o genera un volumen de relaves que es por lo general, en dos terceras partes superior al volumen original de mineral extraído de las galerías mineras o de las superficies, por lo que para el tratamiento de este relave y su posterior disposición se debe contar con un área suficientemente grande para su almacenamiento.

Estos relaves que son en definitiva sólidos finos con escaso contenido de mineral valioso, se desechan mezclados con agua con una determinada densidad de pulpa.

Uno de los inconvenientes que hace que el manejo de relaves sea difícil, es que los asientos mineros están ubicadas en geografías de difícil acceso y complicadas. Ya que estas se ubican por lo general en partes altas, como es el caso de la mayoría de los asientos mineros, en el caso de la Compañía minera Raura, esta se ubica en la cumbre

de las montañas de la Cordillera Occidental Andina, así como esta muchas otras se encuentran en similar situación por lo que no es fácil encontrar un área apropiada para almacenar grandes volúmenes de este relave, usándose en la mayoría de los casos depresiones naturales.

Dentro de los principales problemas que generan los relaves están:

- Sólidos en suspensión y metales disueltos
- Reactivos que provienen de planta concentradora.
- Generación de aguas ácidas y lixiviación de metales a largo plazo.
- Requerimiento de grandes áreas de superficie para su almacenamiento.

2.3 TRANSPORTE DE RELAVES

Los relaves provienen del circuito de flotación, pasan el 50% del total a la Planta de Relleno Hidráulico con 60% malla -200 y la otra directamente a la cancha de relaves en forma de pulpa ya que son resultados o producto de las operaciones que se llevan a cabo en la planta concentradora. Estos relaves colectados son transportados en forma de pulpa hacia el almacenamiento de los relaves por medio de tuberías HDPE de 6"; esta práctica resulta más de conveniencia que de diseño, dado que los relaves en la planta ya están mezclados con agua.

Los relaves son transportados a la Planta de Relleno Hidráulico o a su disposición final por tuberías con bombeo o sin bombeo dependiendo de las alturas de la planta versus el depósito final, así como la longitud de la tubería que transporta esta y las pérdidas por fricción. En el caso de Raura esta se realiza actualmente por gravedad a la laguna Caballococha ya que hay un diferencial de cotas de 3.5 metros.

Los sistemas de bombeo y el tendido de tuberías así como el diseño de disposición son de por sí complicadas y difíciles constituyendo para los responsables todo un reto para implementar el mismo.

2.3.1 CONSIDERACIONES BÁSICAS PARA TENER EN CUENTA

- Una de las características básicas de los relaves es su densidad que varía de 1 350 gr/l a 1 720 gr/l, siendo en ambos casos altamente abrasivos.
- Los relaves deben tener una velocidad mínima de flujo por debajo de la cual los sólidos se sedimentan, evitando estos efectos ya que estos producen atoros que tiene consecuencias negativas en la operación de la misma.
- Las velocidades altas, ocasionan desgastes muy rápidos de las tuberías y canaletas por su carácter abrasivo.
- En la actualidad se usan las tuberías HDPE que son de polietileno de alta densidad que son flexibles, resistentes a la abrasión y mejoran la operación en el manejo de relaves.
- La velocidad promedio de los relaves se encuentran entre los 5 a 10 pies/seg. Dependiendo del grosor y la distribución granulométrica del material, la densidad de pulpa y otros factores.
- En paradas de planta es conveniente circular agua previamente, para evitar el atoro.

2.3.2 PUNTOS DE DESCARGA EN CANCHA DE RELAVES

- Un solo punto, cuando se realiza la descarga simple.
- Varios puntos, se da por ciclones, descargas múltiples y estos ciclones están ubicados cada 50 a 150 m., donde estos ciclones trabajan con unas válvulas pinch que se encargan de distribuir y controlar las descargas.

Ambas maneras de descarga son flexibles, ya que el punto de descarga principal es de fácil reubicación en diversas áreas de la disposición, esto permite el manejo de la pulpa teniendo el control del nivel y ubicación del mismo dentro de la presa de relaves, ya que se puede estabilizar donde se cree más conveniente.

Al momento de la descarga, sucede que gran parte de las partículas gruesas, se sedimentan cerca al punto de descarga, y parte de los gruesos y finos se trasladan hasta la zona del estanque de decantación donde se sedimentan, el agua decantada si es posible se bombea a la planta concentradora, en muchos casos ocurre así,

reutilizando esta en los procesos, en otros casos no sucede así ya que causan problemas en la recuperación.

2.3.3 CARACTERÍSTICAS DE LAS DESCARGAS

La descarga puede ser en forma directa, al menos anteriormente era así, o puede darse a través de grifos o por un ciclón que va colocado al final de la tubería de conducción.

Se da también un grado de segregación de las partículas y esta varia según el tratamiento de mineral que le da determinada planta así como por los factores de molienda, contenido de sólidos, caudal, pH de la pulpa descargada entre otros.

2.4 TIPOS Y CARACTERISTICAS DE LOS RELAVES

Los relaves son generalmente los desechos provenientes del tratamiento metalúrgico que se da a los minerales con contenido metálico, y estos pueden ser (los minerales) con contenido de metales preciosos como Au, Ag. Y metales básicos como Cu, Pb, Zn entre otros, ya que son estos lo que predominan en el sector minero peruano.

Los relaves generalmente son producto de:

- Flotación
- Cianuración
- Carbón de pulpa
- Desmonte de mina
- Residuos de pilas de lixiviación
- Escorias
- Placeres o lavaderos de oro
- JIG, pre-concentración, concentración gravimetrica, entre otros.

La naturaleza de los relaves varía de acuerdo con el mineral tratado en planta y las operaciones de procesamiento de las partículas, en este caso particular tenemos que trata mayormente relaves de Plomo-Zinc, y en menor medida de Cobre, comúnmente

estos se encuentran asociados y con frecuencia son extraídos conjuntamente algunas veces en combinación con la Plata. La concentración se efectúa por el método de flotación diferencial de espuma y con frecuencia con un pH ligeramente alcalino. Los minerales de Plomo y Zinc se encuentran asociados con rocas cuarciticas o dolomíticas produciendo partículas de relaves angulares y duras, típicas de operaciones de mina de roca dura.

Los tipos de relaves cubren una variedad ancha de características físicas de manera que su generalización es difícil. Dicha situación se complica si se considera que los relaves de cualquier tipo de mineral pueden diferir sustancialmente, de acuerdo con el proceso de la planta y la naturaleza de la roca mineralizada, sin embargo trataremos de efectuar algunas generalizaciones para prever un resumen útil.

Es necesario un comentario relacionado con un problema químico que afecta los depósitos de relaves de la minería poli metálica, la oxidación de sulfuros especialmente la pirita cuando estas están presentes en la roca mineralizada. La pirita se oxida con la presencia de oxigeno libre, (Guía Ambiental del MEM para el Manejo de Drenaje Ácido

de Mina) produciendo condiciones de acidez, el mecanismo básico de esta reacción es la combinación de metal sulfuroso con agua y oxigeno para producir un hidróxido de metal y ácido sulfúrico.

La siguiente tabla divide varios tipos de relaves en cuatro categorías generales de acuerdo con la granulometría y la plasticidad.

TABLA # 2.1

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE RELAVES

CATEGORÍA		CARACTERÍSTICA GENERAL
I	Relave de roca blanda -Desecho de carbón fino -Potasa	Contiene fracciones de arena y lama, pero las lamas pueden dominar todas las propiedades por la presencia de arcilla.
II	Relave de roca dura	Pueden contener fracciones de arena y lama;

	-Plomo -Cobre -Oro y Plata -Molibdeno -Níquel	pero las lamas son usualmente de baja plasticidad. Las arenas usualmente controlan las propiedades totales para propósitos de ingeniería.
III	Relave finos -Arcillas fosfáticas -Limos rojos de bauxita -Taconita fina -Lamas de arena	La fracción de arena es pequeña o nula. La respuesta del material, particularmente las características de sedimentación-consolidación son dominadas por las partículas de tamaño de limo o arcilla y pueden dar problemas de volumen de disposición.
IV	Relaves gruesos -Arenas alquitranosas -Relaves de uranio -Relaves de taconita gsa. -Arenas fosfatadas	Contienen principalmente partículas de arenas o tamaños de limos no plásticos, exhibiendo comportamientos como la arena y generalmente características favorables de ingeniería.

Como consecuencia de que los relaves en cualquier categoría comparten las mismas características físicas, los problemas de disposición son algo similares. Adicionalmente los cambios en la molienda en una particular planta pueden por ejemplo producir considerablemente material más fino, lo cual puede cambiar la categoría en el cual los relaves están clasificados, e introducir nuevos y diferentes problemas de disposición.

2.5 NATURALEZA DE LOS EFLUENTES LIQUIDOS DE RELAVES

La naturaleza líquida de los relaves no puede ser considerada separadamente de las características químicas del efluente líquido asociado a la planta. El diseño de los depósitos de relave no solamente es influenciado por la naturaleza de los sólidos, sino también de los efluentes; dado que el grado de conservadorismo empleado en el diseño de los depósitos de relaves, depende del riesgo que significa la deposición de los materiales, se requiere un conocimiento general de los constituyentes químicos del efluente de la planta.

2.5.1 CLASES DE EFLUENTES

Como se indica líneas arriba, los procesos en la planta concentradora involucran alteraciones químicas del mineral que incluyen flotación. Durante la flotación puede ser agregado una variedad de químicos orgánicos que pocas veces son de mayor preocupación en el efluente de la planta, porque generalmente tienen bajas concentraciones y comparativamente baja toxicidad, la presencia de cromo en los efluentes era la preocupación de la Compañía Minera Raura. Como se vera más adelante es un problema ya solucionado mediante el manejo eficiente de un proceso en la concentradora, sin embargo el ajuste del pH durante la flotación puede tener efectos significativos sobre los constituyentes inorgánicos del efluente de la planta, y su efecto es acentuado si se utiliza una lechada alcalina o ácida. Los constituyentes químicos mineralógicos presentes en la roca mineralizada son los factores más importantes en la determinación de la naturaleza química del efluente de la planta, y el ajuste del pH durante el tratamiento puede liberar un número de esos constituyentes de la roca madre. Como resultado, el pH es con frecuencia un indicador útil de los tipos generales de constituyentes en el efluente de la planta. En tal sentido pueden ser definidas varias categorías de efluentes sobre dicha base.

1.- **NEUTRAL:** Esta condición es producida por operaciones de simple lavado o separación por gravedad, donde el pH no es sustancialmente alterado. Los constituyentes químicos en el efluente serán primariamente limitados a aquellos en la roca madre que son solubles en un pH neutral. Los niveles de sulfatos, cloros, sodio y calcio pueden ser algo elevados para efluentes de esta clase.

2.- **ALCALINA:** Incrementando el pH del efluente puede traer como resultado en concentraciones elevadas de constituyentes tales como sulfatos, cloruros, sodio y calcio entre otros.

3.- **ACIDA:** Disminuyendo el pH se levantan los niveles de equilibrio de muchos contaminantes metálicos y los efluentes ácidos pueden mostrar

niveles altos de constituyentes catiónicos como hierro, manganeso, cadmio, selenio, cobre, plomo, zinc y mercurio, si esta presente en la roca madre. Los efluentes ácidos también exhiben concentraciones elevadas de tales aniones como sulfatos y/o cloruros. Los efluentes de bajo pH son los que ocasionan los mayores problemas de los desechos líquidos de planta.

CAPITULO III

MARCO LEGAL

El Ministerio de Energía y Minas (MEM) ha orientado su política ambiental hacia el desarrollo sostenible de la industria minera, en el marco de un proceso gradual de adecuación ambiental, el manejo ambiental de las empresas mineras era incipiente o simplemente no existía, de tal forma que esta requirió a la par con las normas legales un proceso pausado con programas que requerían objetivos, plazos e inversión y hacerlos sostenibles en el tiempo.

Esto se puso de manifiesto en el Perú en la década de los noventa, como parte del proceso de modernización del Estado y de captación de inversiones, se empezó a construir un nuevo modelo de gestión ambiental a partir de normas con un enfoque integral. El primer logro en ese sentido fue la aprobación del Código del Medio Ambiente y los Recursos Naturales en el año 1990, que incorporó lineamientos de gestión ambiental modernos en la normatividad ambiental del país. Luego se aprobaron los reglamentos de protección ambiental sectoriales y normas generales para el aprovechamiento sostenible y conservación de recursos naturales.

Un instrumento medular para la gestión ambiental del sector es el Reglamento para la Protección Ambiental en la Actividad Minero-Metalúrgica creado mediante el D.S. N° 016-93-EM. Este reglamento define los lineamientos que deben observarse para lograr un desempeño eficiente y sostenible, estableciendo pautas y obligaciones orientadas hacia la prevención y control de los impactos ambientales dañinos derivados del desarrollo de las operaciones y de la competitividad del sector.

Pero en los momentos actuales aparte de ver el tema ambiental en las operaciones mineras, también es bueno contemplar la dimensión social, por eso, así como tratamos de ser responsables en el tema ambiental, tenemos que serlo en lo social, ya que este último es más complejo, porque involucra a las necesidades de la población.

3.1 NORMAS GENERALES

- ***D. Leg. No. 613, Código del Medio Ambiente y los Recursos Naturales, modificado por D. S. No. 014-92-EM, Texto Único Ordenado de la Ley General de Minería.***

  Establece los requisitos que debe contener un EIA (Art. 9°), la obligación de que los EIA sean elaborados por instituciones debidamente calificadas y registradas ante la Autoridad (Art. 10°) y el derecho de libre acceso del público a los EIA (Art. 11°).

  También regula lo referente a la descarga de sustancias contaminantes al ambiente, estableciendo la obligación de adoptar precauciones para la depuración, medidas de control y monitoreos (Art. 14°), y prohíbe el vertimiento de sustancias a los cuerpos de agua de modo que hagan peligrosa su utilización (Art. 15°).

  Por otro lado, en el Capítulo XII, modificado por el D. S. No. 014-92-EM, se establece que el ejercicio de las actividades minero metalúrgicas requiere de la aprobación por parte de la Autoridad Competente, la cual debe comprender lo concerniente a la protección del ambiente, y se establece expresamente la obligatoriedad de presentar un EIA para los proyectos nuevos (Art. 62°). Se establecen las condiciones ambientales que debe reunir un proyecto de depósito de relaves (Art. 63°); las cuales son :

  i) que las condiciones técnicas garanticen la estabilidad del sistema,
  ii) que se especifique técnicamente la operación del sistema, y
  iii) que se precisen las medidas técnicas de abandono del depósito.

  También se establece que las aguas utilizadas en las operaciones minero-metalúrgicas deben ser reutilizadas cuando ello sea técnica y económicamente factible (Art. 66°, núm. 1). Por último, se establece que las instalaciones de procesamiento de minerales deben contar con procedimientos de seguridad, tratamiento de desechos y sistemas de control de descargas.

- ***D. Leg. 757, Ley Marco para el Crecimiento de la Inversión Privada.***

  Establece que la Autoridades Competentes para conocer sobre los asuntos relacionados con el Código del Medio Ambiente y los Recursos Naturales

son los Ministerios o los Organismos Fiscalizadores de los sectores correspondientes a las actividades que desarrollan las empresas (Art. 50°).

- ***Ley No. 27314, Ley General de Residuos Sólidos.***

  Esta ley comprende a los relaves dentro de la categoría general de residuos industriales (Definición de Términos No. 24) y establece que su manejo es regulado por el Ministerio correspondiente (Art. 6°).

- ***D. Ley No. 17752, Ley General de Aguas***

  Establece la prohibición de modificar el régimen, naturaleza y calidad de las aguas y sus cauces sin la correspondiente autorización y prohíbe tales modificaciones si ello afecta a la salud pública, la colectividad, los recursos naturales, la seguridad o la soberanía nacional (Art. 14°). Además consagra el derecho al uso legítimo de las aguas (Art. 15°). Este derecho se encuentra regulado, entre otras, por la obligación de no perjudicar los otros usos Art. 20°, inc. d.).

  La disposición de residuos en las aguas requiere de su tratamiento previo y que se garantice que no se afectará la capacidad de autopurificación del receptor (Art. 22°). En particular, se establece que los relaves deben ser dispuestos en depósitos apropiados o evacuados de manera que se evite la contaminación de aguas y suelos (Art. 54°). Se prohibe la alteración del curso normal de las aguas, así como su composición física, química o biológica que afecte otros usos (Art. 56°).

- ***D. S. No. 261-96-AP, Reglamento de los Títulos I, II y III de la Ley General de Aguas, modificado por D. S. No. 007-83-SA.***

  Establece la competencia de la Autoridad de Salud (i.e. la Dirección General de Salud Ambiental del Ministerio de Salud – DIGESA, según el Art. 68°) para autorizar los vertimientos de sustancias residuales a los cuerpos de aguas (Art. 57°). Asimismo, todo vertimiento deberá efectuarse previo tratamiento (Art. 61°).

  Este reglamento también establece la clasificación de los cuerpos de agua superficial continentales de acuerdo a su uso, considerando las siguientes clases Art. 81°, modificado por D.S. No. 007-83-SA):

Clase I: Aguas de abastecimiento doméstico con simple desinfección.

Clase II: Aguas de abastecimiento doméstico con tratamiento equivalente a procesos combinados de mezcla y coagulación, sedimentación, filtración y cloración, aprobados por el Ministerio de Salud.

Clase III: Aguas para riego de vegetales de consumo crudo y bebida de animales.

Clase IV: Aguas de zonas recreativas de contacto primario (baños y similares).

Clase V: Aguas de zonas de pesca de mariscos bivalvos.

Clase VI: Aguas de zonas de preservación de fauna acuática y pesca recreativa o comercial.

Para cada una de estas clases se establecen los criterios de calidad para los siguientes parámetros (Art. 82°, modificado por D. S. No. 007-83-SA): Coliformes totales, Coliformes fecales, Demanda bioquímica de oxígeno, oxígeno disuelto, selenio, mercurio, PCB (bifenilos policlorados), ésteres estalatos (ftalatos?), cadmio, cromo, níquel, cobre, plomo, zinc, cianuro total, fenoles, sulfuro, arsénico, nitrato, material extractable en hexano, sustancias activas en azul de metileno, extracto de columna de carbón activado por alcohol (según método de flujo lento), extracto de columna de carbón activado por cloroformo (según método de flujo lento)

- ***D. S. No. 41-70-A, Complementación al Reglamento de los Títulos I, II y III de la Ley General de Aguas.***

  Establece que la descarga de sustancias residuales a los cuerpos requiere de la aprobación de la autoridad sanitaria y sólo será permitida si no supera los objetivos de calidad del cuerpo receptor (Art. 173°).

- ***D. S. No. 016-93-EM, Reglamento para la Protección Ambiental en la Actividad Minero-Metalúrgica, modificado por D. S. No. 059-93-EM.***

  Este reglamento constituye la norma principal que regula los aspectos ambientales de las actividades minero-metalúrgicas. Establece la obligación de presentar un EIA para los proyectos de plantas de beneficio y las

ampliaciones mayores al 50% de capacidad instalada (Art. 20°). El EIA debe ser realizado por una entidad autorizada por la autoridad ambiental sectorial y registrada ante la Dirección General de Asuntos Ambientales (Art. 21°). Las instalaciones de beneficio deberán contar con sistemas adecuados para el tratamiento de sus residuos y en lo posible las aguas serán reutilizadas (Art. 31°).

Este reglamento considera expresamente la posibilidad de depositar relaves en el fondo de cuerpos lacustres o del mar, bajo condiciones técnicamente manejables, para los casos en los que la topografía no permite su disposición en superficie o cuando su disposición en superficie representa un mayor riesgo a la población o al ambiente (Art. 38°). Además, se establece la obligación de garantizar la estabilidad física y química del material depositado en la etapa de abandono (Art. 39°).

- ***D. S. No. 056-97-PCM, Norma que Establece los Casos en los que la Aprobación de los Estudios de Impacto Ambiental y Programas de Adecuación y Manejo Ambiental Requerirán de la Opinión Técnica del INRENA, modificado por D. S. No. 061-97-PCM.***

  Establece que INRENA debe opinar obligatoriamente en los EIA de todos los sectores siempre que se cumpla alguna de las siguientes condiciones:

  - Alteración del flujo y/o calidad de las aguas superficiales y subterráneas,
  - Represamientos y canalización de cursos de agua,
  - Remoción del suelo y de la vegetación,
  - Alteración de hábitats de fauna silvestre,
  - Uso del suelo para el depósito de materiales no utilizables (relaves, desechos industriales, desechos peligrosos o tóxicos),
  - Desestabilización de taludes,
  - Alteración de fajas marginales (ribereñas),
  - Deposición de desechos en el ambiente léntico (lagos y lagunas)

La modificación a la norma limita el plazo para el pronunciamiento de INRENA a 20 días calendario, luego de lo cual se asume que no tiene observaciones.

Debe notarse que la opinión a la que hace referencia esta norma es una opinión técnica (i.e., no se especifica que deba ser una opinión favorable). Sin embargo, en caso de tratarse de áreas naturales protegidas, los Art. 27° y 28° de la Ley No. 26834, Ley de Áreas Naturales Protegidas, establece que el aprovechamiento de recursos naturales en áreas naturales protegidas debe ser compatible con la categoría, zonificación y plan maestro del área natural protegida y requiere de la opinión favorable del SINANPE, el cual está presidido por INRENA.

- ***D. S. No. 053-99-EM, Normas Destinadas a Uniformizar Procedimientos Administrativos ante la Dirección General de Asuntos Ambientales.***
  Establece que la instancia competente para resolver asuntos ambientales del sector Energía y Minas es la Dirección General de Asuntos Ambientales (DGAA). En consecuencia los EIA de los proyectos del sector se tramitan ante esta Dirección.

- ***D. S. No. 055-99-EM, Texto Único de Procedimientos Administrativos del Ministerio de Energía y Minas.***
  Sistematiza los requisitos para todos los trámites que se realizan ante el MEM. Existe un trámite específico sobre aprobación de EIA, el cual contempla la presentación de un ejemplar al INRENA y un ejemplar a la Dirección Regional de Energía y Minas (DREM) del departamento en el que se realiza el proyecto; luego se presentan dos ejemplares del EIA a la DGAA acompañando los cargos de entrega a INRENA y la DREM y el pago de derecho de trámite de una UIT (S/. 2900,00 para el año 2000).
  El TUPA también establece los plazos de evaluación, los cuales son de 90 días calendario posteriores a su presentación para que el MEM se pronuncie, en caso contrario se aplica el silencio administrativo positivo, es decir que se considera aprobado.

- ***R. M. No. 011-96-EM/VMM, Niveles Máximos Permisibles para Efluentes Líquidos Minero-Metalúrgicos.***

  Establece los valores límite que deben cumplir los parámetros regulados en los vertimientos de efluentes líquidos procedentes de las operaciones minero-metalúrgicas. Los valores están dados como concentración máxima permisible para los metales, los sólidos suspendidos totales y el cianuro total; y como valores máximo y mínimo para el pH. La concentración de metales se refiere a la fracción disuelta. Se establece límites para el valor en cualquier momento y límites para el promedio anual de muestras mensuales. Los parámetros regulados incluyen pH, sólidos suspendidos, plomo, cobre, zinc, hierro, arsénico y cianuro total.

- ***R. M. No. 315-96-EM/VMM, Niveles Máximos Permisibles de Elementos y Compuestos Presentes en Emisiones Gaseosas Provenientes de las Unidades Minero-Metalúrgicas.***

  Establece los valores límite que deben cumplir las emisiones a la atmósfera procedentes de las operaciones minero-metalúrgicas y los criterios de calidad tentativos, exigibles a las operaciones del sector. Los parámetros para emisiones incluyen partículas suspendidas totales, plomo y arsénico en las partículas y anhídrido sulfuroso. Por su parte, los parámetros de calidad de aire incluyen PM10 (partículas suspendidas de tamaño menor a 10 μm), plomo y arsénico en las partículas y anhídrido sulfuroso. Los límites para partículas y para metales en las partículas están dados en términos de concentración ($\mu g/m^3$).

- ***R. M. No. 728-99-EM/VMM, Reglamento de Participación Ciudadana en el Procedimiento de Aprobación de los Estudios Ambientales Presentados al Ministerio.***

  Establece las condiciones en las que se hace efectiva la participación ciudadana en los trámites de aprobación de EIA del sector. Se realiza una audiencia pública, de preferencia en la zona del proyecto, en la cual se presenta el proyecto y se recogen las opiniones de la colectividad. Se regula el plazo para recibir opiniones para adjuntar a la evaluación del EIA,

el cual es de hasta 15 días calendario posteriores a la realización de la audiencia.

- ***R. M. No. 580-98-EM/VMM, Normas Referidas al Registro de Entidades Autorizadas a Realizar Estudios de Impacto Ambiental en el Sector Energía y Minas.***

  Establece los requisitos que deben cumplir las entidades (i.e. empresas consultoras) que desean presentar EIA de proyectos del sector ante el MEM. La vigencia de la autorización es de dos años y la empresa consultora está obligada a mantener permanentemente actualizados sus datos societarios y de su personal. Se establecen sanciones de inhabilitación temporal (por períodos de tres meses) y separación definitiva del registro.

3.2 LA POLÍTICA AMBIENTAL DEL SECTOR MINERO

El sector industrial minero ha definido una política ambiental sustentada en principios modernos de gestión ambiental que busca orientarse hacia una gestión más eficiente y competitiva. Uno de los principales rectores de la política ambiental es la prevención, que esta directamente vinculada con la tan buscada competitividad empresarial, pues contribuye a reducir costos en las diversas operaciones de una empresa; asimismo puede contribuir significativamente a mejorar la eficiencia productiva y la calidad del producto y, en general, a reducir los riesgos e impactos ambientales asociados a la actividad minera.

El principio de prevención se ha plasmado en diversos instrumentos del Reglamento de Protección Ambiental del Sector Minero y se complementa con lineamiento de política sectorial ambiental basado en importantes principios vinculados a criterios de sostenibilidad, como los siguientes:

- Acciones de minimización en la fuente, lo que implica reducir el volumen y peligrosidad de los residuos generados a través de cambios en los procesos de producción, operación y uso de energía y de materias primas.
- Manejo industrial de los residuos, lo que implica desarrollar acciones de protección ambiental desde que se generen los residuos hasta que son objeto

de disposición final, pasando en una etapa intermedia por acciones complementarias de reutilización.

- Gradualismo y flexibilidad en la aplicación de normas.
- Participación ciudadana, concertación y coordinación con el sector privado en la definición y ejecución de la política ambiental del sector.
- Desarrollo y sistematización de información técnica especializada relacionada con el control de la contaminación.
- Desconcentración de competencias ambientales.
- Promoción de instrumentos económicos.

La política ambiental del Sector Minero está orientada a impulsar decididamente el crecimiento sostenible de las actividades industriales mineras, siendo un factor esencial la integración de los objetivos económicos, ambientales y sociales. Por ello, priorizar el enfoque preventivo y la captación de tecnologías limpias, optimizando los procesos productivos y logrando una reducción de costos.

De esta manera, se propicia el fortalecimiento de la competitividad de la empresa y por ende un mejor posicionamiento en el mercado.

3.2.1 SECTOR ENERGÍA Y MINAS

a.- Dirección General de Electricidad

Es la encargada de proponer y/o expedir, según sea el caso, la normatividad del subsector electricidad en las actividades de generación, transmisión, distribución y comercialización de energía eléctrica y de promover su desarrollo.

b.- Dirección General de Hidrocarburos

Es la encargada de proponer y/o expedir, según sea el caso, la normatividad del subsector hidrocarburos en las actividades de instalaciones y operaciones de exploración y explotación de superficie y de subsuelo, de almacenamiento, procesamiento, transporte por ductos y comercialización de hidrocarburos, así como de seguridad y de medio ambiente, promoviendo su desarrollo, fiscalizando la aplicación de la política y normatividad del subsector.

c.- Dirección General de Minería

Es la encargada de proponer y/o expedir, según sea el caso la normatividad del subsector minería en las actividades de cateo, exploración, desarrollo, explotación, concentración, fundición y refinación, promoviendo su desarrollo, así como fiscalizando la aplicación de la política y normatividad del subsector. Cabe señalar que las funciones de supervisión y sanción fueron transferidas del Ministerio de Energía y Minas hacia el Organismo Supervisor de la Inversión en Energía (OSINERG), el cual es un organismo público descentralizado adscrito a la Presidencia del Consejo de Ministros, encargado de fiscalizar a nivel nacional, el cumplimiento de las disposiciones legales y técnicas relacionadas con las actividades que desarrollan las empresas de los sub. sectores de electricidad e hidrocarburos, así como el cumplimiento de las normas legales y técnicas referidas a la conservación y protección del medio ambiente en el desarrollo de dichas actividades.

d.- Dirección General de Asuntos Ambientales

Tiene atribuciones para normar, promover y asesorar a la Alta Dirección en materia de asuntos ambientales relacionados con el Sector Energía y Minas.

Como se ha indicado, la Dirección General de Asuntos Ambientales (DGAA) tiene por objeto normar, promover y asesorar a la Alta Dirección en asuntos ambientales y en asuntos referidos a las relaciones de las empresas del Sector Energía y Minas con la sociedad civil. Para ello, cuenta con las siguientes funciones y atribuciones:

- Proponer la política y normas legales para la conservación y protección del ambiente; para la promoción y fortalecimiento de las relaciones armoniosas de las empresas del Sector de Energía y Minas con la sociedad civil.
- Aprobar las normas técnicas para la adecuada aplicación de las regulaciones referidas a la conservación y protección del ambiente y al fortalecimiento de las relaciones armoniosas de las empresas con la sociedad

civil que resulte involucrada en las actividades del Sector en coordinación con las Direcciones Generales de Minería, Hidrocarburos y Electricidad.

- Normar la evaluación de impactos ambientales y sociales derivados de las actividades del Sector estableciendo las medidas preventivas y correctivas, necesarias para el control de dichos impactos.

Elaborar y promover programas de protección ambiental y de desarrollo auto sostenible de la sociedad civil, en coordinación con las Direcciones Generales de Minería, Hidrocarburos y Electricidad y las instituciones que corresponda a fin que las empresas del Sector contribuyan con estos programas.

3.3 INSTRUMENTOS DE GESTION AMBIENTAL

Los principales instrumentos de gestión ambiental utilizados por este Sector son:

- Estudios de Impacto Ambiental
- Evaluación Ambiental
- Estudio de Impacto Ambiental Preliminar
- Programa de Adecuación y Manejo Ambiental
- Programa Especial de Manejo Ambiental
- Plan de Cese de Proceso/Instalación por incumplimiento del PAMA
- Proyectos Integrales
- Informe anual/Declaración Anual consolidada
- Límites máximos permisibles
- Guías técnicas de manejo ambiental
- Registro de entidades autorizadas a realizar un EIA
- Registro de Fiscalizadores Externo/Registro de Fiscalizadores

El sub sector minero cuenta con los siguientes instrumentos de gestión ambiental:

- *EIA*

El Reglamento para la Protección Ambiental en la Actividad Minero – Metalúrgica dispone que el EIA es exigible a los titulares de actividades en concesiones mineras, de beneficio, de labor general y de transporte minero.

- *Evaluación ambiental*

Para efectos de la calificación y aprobación de los proyectos de exploración, la norma los clasifica en categorías en función a la intensidad de la actividad y al área directamente afectadas por su ejecución.

- *Programa de Adecuación y Manejo Ambiental - PAMA*

Mediante el Decreto Supremo Nº 053-99-EM se dispuso que las modificaciones de los PAMA deban ser representadas ante la DGAA, la cual cuenta con un plazo de 30 días hábiles, para su evaluación y aprobación, aprobación condicionada o desaprobación, según corresponda.

- *Plan de Cese de Proceso/Instalación por Incumplimiento del PAMA*

El Plan de Cese de Proceso/Instalación por incumplimiento del PAMA es el documento que contiene las medidas que adoptará el titular de operaciones minera para, en primer lugar, eliminar, paralizar o cerrar definitivamente uno o varios procesos y/o una o varias instalaciones a fin de eliminar o neutralizar sus efectos sobre el medio ambiente; el Plan de Cese debe contener, en detalle, los trabajos de revalorización de las áreas alteradas o su remediación o revegetación si ha de abandonarse.

- *Proyectos Integrales*

Son aquellos constituidos por acciones e inversiones que corresponden simultáneamente a 2 o más titulares de PAMA y/o Cierre de Operaciones mineras, que deben ser realizadas conjuntamente por los titulares involucrados,

respecto de una o varias medidas de mitigación o adecuación ambiental que por sus especiales características, dependen de la acción concertada, coordinada y conjunta de los titulares involucrados.

- *Límites Máximos Permisibles*

Respecto de límites máximo permisibles para efluentes líquidos minero metalúrgicos, se han tomado en cuenta los siguientes parámetros: PH, sólidos suspendidos, plomo, cobre, zinc, fierro, arsénico y cianuro. En cuanto a los límites máximos permisibles de elementos y compuestos presentes de emisiones gaseosas provenientes de las unidades minero metalúrgicas se ha tomado en cuenta los siguientes parámetros: anhídrido sulfuroso, partículas en suspensión, plomo y arsénico.

Conforme a lo señalado en el Decreto Supremo Nº 044-98-PCM dichos niveles máximos permisibles deben entenderse como límites máximos permisibles y pueden ser revisados en cualquier momento, dado que esté reglamento dispone que los LMP y ECA deban ser revisados cada 5 años. Sin embargo, en la Resolución Presidencial Nº 032-2002-CONAM/PCD que aprueba el Programa Anual de Estándares de Calidad Ambiental y Límites Máximos Permisibles 2002 no se ha previsto la aprobación, ni la revisión de límites máximos permisibles de emisiones, ni efluentes para el subsector minero.

3.3.1 GUÍAS TÉCNICAS DE MANEJO AMBIENTAL

De acuerdo a lo establecido por el Decreto Supremo Nº 053-99-EM, las guías de manejo ambiental minero son documentos expedidos por la autoridad competente, sobre lineamientos aceptables a nivel nacional en la actividad minero–metalúrgica para llegar a un desarrollo sostenible conforme a ello, el subsector minero ha aprobado las siguientes guías técnicas:

- Guía ambiental para el manejo de drenado ácido de minas.

- Guía ambiental para el manejo de agua en operaciones minero – metalúrgicas.
- Guía para elaborar estudios de impacto ambiental.
- Guía para elaborar Programas de Adecuación y Manejo Ambiental.
- Guía para el manejo de relaves mineros.
- Guía ambiental para vegetación de áreas disturbadas por alta industria minero metalúrgica.
- Guía ambiental para el cierre y abandono de minas.
- Guía ambiental para proyectos de lixiviación en pilas.
- Guía ambiental para actividades de exploración de yacimientos minerales en el Perú.
- Guía ambiental para la perforación y voladuras en operaciones mineras.
- Guía ambiental para el manejo de cianuro.
- Guía para el manejo de reactivos y productos químicos.
- Guía ambiental para el manejo de problemas de ruido en la industria minera.
- Guía ambiental para la estabilidad de taludes de depósitos de residuos sólidos provenientes de actividades mineras.
- Guía de manejo ambiental para minería no metálica.
- Guía ambiental de manejo y transporte de concentrados minerales.
- Guía de fiscalización minera.
- Guía de Plan de Cierre.

3.3.2 REGISTRO DE FISCALIZADORES EXTERNOS

El 6 de junio del 2001 se aprobó la Ley Nº 27474, Ley de Fiscalización de las Actividades Mineras, que derogó la Ley de Fiscalización por Terceros y su reglamento, y que establece que dichas obligaciones pueden ser encargadas a personas naturales o jurídicas denominados “fiscalizadores externos”, debidamente calificados por el MEM y que dependan de OSINERGMIN.

3.4 NORMATIVIDAD AMBIENTAL SECTORIAL

En el caso objeto de este estudio, el Sector competente es el Ministerio de Energía y Minas, conforme a lo que establece el Articulo 4° del D.S. N° 016-93-EM, Reglamento para la Protección Ambiental de la Actividad Minero Metalúrgica, el que además señala que este Ministerio será el único ente gubernamental encargado de, entre otras funciones "fiscalizar el efecto ambiental producido por las actividades minero metalúrgicas, en los centros operativos y áreas de influencia, determinando la responsabilidad del titular, en caso de producirse una violación a las disposiciones de este reglamento e imponiendo las sanciones previstas en él".

El mismo Reglamento para la Protección Ambiental en la Actividad Minero Metalúrgica establece que, en caso de disposición de relaves, éstos deben ser depositados en canchas ubicadas preferentemente cerca de las plantas de beneficio (Art.36). Pero cuando no sea factible hacerlo por cuestiones topográficas, geológicas los relaves pueden ser conducidos y depositados en cuerpos lacustre o el mar, mediante la tecnología adecuada que garantice la estabilidad física y química de los relaves, de tal manera que no constituya riesgo para la flora, fauna marina y/o lacustre (Art. 38).

De otro lado, el D.S. N° 261-69-AP, Reglamento de los Títulos I, II Y III del Decreto Ley N° 17752 de la Ley General de Aguas, establece que ningún vertimiento de residuos sólidos, líquidos o gaseosos podrán ser efectuados en las aguas marítimas o terrestres sin la previa aprobación de la autoridad sanitaria, es decir, la Dirección General de Salud Ambiental – DIGESA, del Ministerio de Salud.

Asimismo, la misma norma establece que los estudios y obras que deban realizarse para el almacenamiento, derivación, captación conducción y evacuación de las aguas

destinadas a la generación de energía así como las explotaciones industriales y mineras, requieren de la previa aprobación de la Dirección General de Aguas e Irrigación del Ministerio de Agricultura y Pesquería.

La Ley General de Aguas señala que queda terminantemente prohibido que, como consecuencias de las explotaciones mineras, se contaminen los recursos de agua y las tierras agrícolas o potencialmente cultivables, así como los cultivos que pudieran existir dentro de la zona de influencia de estas explotaciones, mediante la eliminación o evacuación de sustancias sólidas, líquidas o gaseosas. También señala que el

Ministerio de Energía y Minas debe exigir que los residuos minerales sean depositados en lugares especiales o canchas de relaves para evitar la contaminación o polución de las aguas o tierras agrícolas de actual, futura o factible explotación.

El D.S. N° 261-69-AP, establece la clasificación de los cuerpos de agua respecto de sus usos y los estándares de calidad aplicables a cada una de las clases en lo relativo a los límites bacteriológicos, demanda bioquímica de oxígeno, sustancias potencialmente peligrosas y sustancias potencialmente perjudiciales.

Sin embargo, es importante destacar que, al respecto de los cuerpos de agua, el D.S. N° 261-69-AP, establece que todo vertimiento de residuos a las aguas marítimas o terrestres del país debe efectuarse previo tratamiento, lanzamiento submarino o alejamiento adecuado, de acuerdo a lo dispuesto por la autoridad sanitaria y contando previamente con la licencia respectiva.

La empresa minera Raura cuenta con la aprobación del Ministerio de Energía y Minas para depositar sus relaves en la laguna Caballococha, según Resolución Directoral Nro. 175-2005-MEM-DGM del 6 de junio del 2005, previo levantamiento de varias observaciones ya que se considera a la laguna Caballococha como muerta (2). Por este mismo motivo y por que no hay recursos hidrobiológicos que conservar, el Ministerio de Pesquería no es competente en el caso.

El INRENA cuando era la Oficina de Evaluación de los Recursos Naturales –ONERN- elaboró en el año 1980 un inventario respecto a las lagunas existentes en el país y la condición en que se encontraban (Inventario Nacional de Lagunas y Represamientos). En dicho inventario se reconoce a la laguna de Caballococha como tal, es decir, como recurso natural.

En consecuencia, como la laguna de Caballococha no posee recursos hidrobiológicos, no puede ser considerada como zona de pesca y mariscos bivalvos o como zona de preservación de fauna acuática y pesca recreativa o comercial, de acuerdo a la propia clasificación de la Ley de Aguas. Existe incompatibilidad de usos, es decir, que uno excluye al otro.

El Reglamento para la Protección Ambiental en la Actividad Minero Metalúrgica reconoce la responsabilidad del titular de la actividad minero-metalúrgica de las emisiones, vertimientos y disposición de desechos al medio ambiente que se produzca

como resultado de las operaciones efectuadas en sus instalaciones. Es decir, es su obligación evitar e impedir elementos y/o sustancias que sobrepasen los niveles máximos permisibles establecidos. Por ello, es su obligación poner en marcha y mantener programas de previsión y control contenidos en su EIA y/o PAMA.

Para llevar a cabo lo manifestado líneas arriba, se dispone a través primero del Ministerio de Agricultura, mediante la ley de Aguas para Estándares de Calidad Ambiental unos límites que a continuación se detallan y que clasifican al agua de acuerdo al uso, y para determinados usos hay diferentes limites que tienen que cumplirse e inclusive para el agua domestica hay una disposición de la Organización Mundial de Salud (OMS) que señala diversos parámetros. (Cuadro 3.3).

A continuación también se detalla dos anexos dados a través de una Resolución Ministerial por el Ministerio de Energía y Minas para el sector Minero Metalúrgico respecto a Límites Máximos Permisibles para efluentes. Esta R.M. N° 011-96-EM/VMM del 13/01/96, en el Anexo 1 señala los Niveles Máximos Permisibles para Operaciones Nuevas y el Anexo 2 señala los Valores Máximos de Emisión para operaciones en actividad al año 1996 (Cuadro 3.1) y (Cuadro 3.2).

3.4.1 NORMAS AMBIENTALES SECTORIALES

- Ministerio de Energía y Minas, Prohibición de vertimientos en aguas, Decreto Ley N°17752 del 24 de julio de 1969
- Texto Único Ordenado de la Ley General de Minería sobre Medio Ambiente, Decreto Supremo N° 016- 93-EM del 01.MAY.93
- Reglamento de participación ciudadana, R.M. N°335-96-EM/SG, y R.M. N° 278-99-EM/VMM
- Ley Del Cierre de Minas, Ley N° 28090: Regula las obligaciones y procedimientos para la elaboración, presentación e implementación del Plan de Cierre de Minas.
- Decreto Supremo Nº 016-93-EM. Reglamento para la Protección Ambiental en la actividad Minero Metalúrgica, pub. 01/05/1993; modificado por el

Decreto Supremo Nº 059-93-EM, pub. 13/12/1993; Decreto Supremo Nº 029-99-EM, pub. 12/07/1999; Decreto Supremo Nº 058-99-EM, pub. 24/11/1999, Decreto Supremo Nº 022-2002-EM, pub. 04/07/2002 y Decreto Supremo Nº 047-2002-EM, pub 07/11/2002.

- Decreto Supremo Nº 046-93-EM, Reglamento para la Protección Ambiental en las actividades de Hidrocarburos, pub. 12/11/1993; modificado por el Decreto Supremo Nº 09-95-EM, pub. 13/05/1995 y el Decreto Supremo Nº 011-99-EM, pub. 24/04/1999.
- Decreto Supremo Nº 029-94-EM, Reglamento de protección ambiental en las actividades eléctricas, pub. 08/06/94.
- Decreto Supremo Nº 038-98-EM, Reglamento Ambiental para las Actividades de Exploración Minera, pub. 30/11/1998
- Resolución Ministerial Nº 011-96-EM/VMM, aprueban los niveles máximos permitidos para efluentes líquidos minero – metalúrgicos, pub. 13/01/1996.
- Resolución Ministerial Nº 315-96-EM/VMM, aprueban niveles máximos permisibles de elementos y compuestos presentes en emisiones gaseosas provenientes de las unidades minero metalúrgica, pub. 19/07/1996.
- Resolución Ministerial Nº 728-99-EM/VMM, Aprueba el Reglamento de Participación Ciudadana en el procedimiento de aprobación de los estudios de impacto ambiental presentados al Ministerio de Energía y Minas, pub. 09/01/2000.
- Resolución Directoral Nº 030-96-EM/DGGA, aprueban los niveles máximos permisibles para efluentes líquidos producto de actividades de exploración, explotación, transporte, refinación, procesamiento, almacenamiento y comercialización de hidrocarburos líquidos y de sus productos derivados, pub. 07/11/76.
- Resolución Directoral Nº 008-97-EM/DGGAA, aprueban niveles máximos permisibles para efluentes líquidos producto de las actividades de generación, transmisión y distribución de energía eléctrica, pub. 17/03/97.

TABLA Nº 3.1

R.M. N° 011 – 96 – EM/VMM

13-01-96 - ANEXO 1

Parámetro	Valor en cualquier Momento	Valor Promedio Anual
Ph	6 – 9	6 – 9
TSS (mg/l)	50	25
Pb (mg/l)	0,4	0,2
Cu (mg/l)	1,0	0,3
Zn (mg/l)	3,0	1,0
Fe (mg/l)	2,0	1,0
As (mg/l)	1,0	0,5
CN total (mg/l)	1,0	1,0

TABLA Nº 3-2

R.M. N°011 – 96 – EM/VMM

13-01-96 - ANEXO 2

Parámetro	Valor en Cualquier Momento	Valor Promedio Anual
PH	5,5-10,5	5,5-10,5
TSS (mg/l)	100	50
Pb (mg/l)	1	0,5
Cu (mg/l)	2	1
Zn (mg/l)	6	3
Fe (mg/l)	5	2
As (mg/l)	1	0,5
CN total (mg/l)	2	1

Se debe tener en cuenta que a partir del año 2006 solo rige el Anexo 2 que es más exigente.

TABLA Nº 3-3

LEY GENERAL DE AGUAS

Parámetro	Unidad	Uso I	Uso II	Uso III	Uso IV	Uso V	Uso VI
Selenio	Mg/l	0.010	0.010	0.050		0.005	0.010
Mercurio	Mg/l	0.002	0.002	0.010		0.0001	0.0002
Cadmio	Mg/l	0.010	0.010	0.050		0.0002	0.004
Cromo	Mg/l	0.050	0.050	1.000		0.050	0.05
Níquel	Mg/l	0.002	0.002	0.002		0.002	**
Cobre	Mg/l	1.000	1.000	0.500		0.010	*
Plomo	Mg/l	0.050	0.050	0.100		0.010	0.03
Zinc	Mg/l	5.000	5.000	25.000		0.020	**
Cianuro	Mg/l	0.200	0.200	0.005		0.005	0.005
Sulfuros	Mg/l	0.001	0.002	0.002		0.002	0.002
Arsénico	Mg/l	0.100	0.100	0.200		0.010	0.05
Nitratos(N)	Mg/l	0.010	0.010	0.100		N.A.	N.A.
PCB	Mg/l	0.001	0.001	0.002		0.002	0.002
Ésteres	Mg/l	0.0003	0.0003	0.0003		0.0003	0.0003
Fenoles	Mg/l	0.0005	0.001	0.001		0.001	0.100
MEH	Mg/l	1.500	1.500	0.500	0.200		
SAAM	Mg/l	0.500	0.500	1.000	0.500		
CAE	Mg/l	1.500	1.500	5.000	5.000		
CCE	Mg/l	0.300	0.300	1.000	1.000		
DBO	Mg/l	5	5	15	10	10	10
OD	Mg/l	3	3	3	3	5	5
Col. Fec.	NMP/100	8.8	20000	5000	5000	1000	20000
Col. Tot.		0	4000	1000	1000	200	4000

- USO I : Aguas de abastecimiento doméstico con simple desinfección.
- USO II : Aguas de abastecimiento doméstico con tratamiento equivalente a procesos combinados de mezcla y coagulación, sedimentación, filtración y cloración, aprobados por el Ministerio de Salud.
- USO III : Aguas para riego de vegetales de consumo crudo y bebidas de animales.
- USO IV : Aguas de zonas recreativas de contacto primario (baños y pesca).
- USO V : Aguas de zona de pesca de mariscos bivalvos.
- USO VI : Aguas de zona de preservación de fauna recreativa o comercial.

CAPITULO IV

OPERACIONES MINERAS

4.1 UBICACIÓN DE LA UNIDAD MINERA

La Unidad Minera Raura, perteneciente a la Compañía Minera Raura S.A., se encuentra ubicada geográficamente en Distrito de San Miguel de Cauri, Provincia de Lauricocha, Departamento de Huánuco, y en el Distrito y Provincia de Oyón, Departamento de Lima.

Las instalaciones mineras se ubican en la localidad de Raura, en las coordenadas 10°26´ de Latitud Sur y 76°44´de Longitud Oeste, a una altitud de 4300 a 4800 m.s.n.m.

El área de la mina está comprendida entre las siguientes coordenadas UTM:

CUADRO N° 4.1 : Coordenadas UTM

ESTE	NORTE
309 200 E	8 844 400 N
310 800 E	8 845 900 N

El área de las instalaciones mineras se ubica sobre las laderas que delimitan el vaso de la laguna Caballococha, mientras que los depósitos de relaves se extienden hasta los parajes de la Laguna Nieve Ucro. La Central Hidroeléctrica de Raura se encuentra a 6 Km. del poblado de Oyón, en el paraje de Cashaucro, a una altitud de 3 400 m.s.n.m.

Raura, se sitúa en la Vertiente Oriental de la Cordillera Occidental de los Andes, próxima al Nudo de Pasco. Sin embargo, los poblados cercanos más importantes que tienen relación con la unidad minera se encuentran ubicados al otro lado de la cordillera, destacando la capital del distrito y provincia de Oyón, así como la localidad de Churín.

4.2 VIAS DE ACCESO

El acceso principal por vía terrestre, desde Lima es por la carretera Panamericana Norte hasta el desvío a Sayán en Río Seco (102 Km), luego por una carretera afirmada pasando por Sayán (49 Km) se continúa en dirección Este, siguiendo el curso del Río Huaura hasta Churín (59 Km). En este punto se vira en dirección norte, pasando por Oyón (29 Km) hasta la mina Raura (34 Km). En total la longitud de la vía desde Lima es de 273 Km.

Un acceso alternativo a Raura es por la carretera afirmada desde Cerro de Pasco pasando por la mina Uchucchacua y Oyón, con un recorrido de 100 Km.

4.3 HISTORIA DE LOS PROYECTOS

La Unidad minera Raura, de propiedad de la Compañía Minera Raura (CMR), inicio sus operaciones en 1960 mediante labores subterráneas, con la producción de minerales de zinc, plomo, cobre y plata. Se sabe, que parte de la mina ya había sido explotada a comienzos del siglo por Simeón Dunstan, incluso desde 1890, transportando el mineral a lomo de mula hasta la planta de lixiviación y fundición ubicada cerca de Quichuas a 20 Km al Sur de Raura. La producción no excedió probablemente de 100 t por mes (3).

La mina fue comprada en 1928 por la Vanadium Corportation of America en Asociación con la Sociedad Minera de Puquio Cocha, realizándose hasta 1929 aproximadamente 500 m de trabajos de exploración. Las minas permanecieron inactivas hasta 1942, año en la cual la Cerro de Pasco Corporation las tomo en opción, adquiriéndolas mas tarde en 1945. A mediados de los años 70, la Cerro vendió su parte al Grupo Marmon. Actualmente alrededor del 95% de la mina pertenece al Grupo Brescia, que compro las acciones de Marmon en la Great Yellowstone Corporation de Panamá, que a su vez es accionista mayoritario de Raura con 60% de las acciones comunes. Además, el Grupo Brescia compró también casi toda la participación de Puquio Cocha.

Las operaciones subterráneas se siguen desarrollando, habiéndose paralizado la explotación a cielo abierto de los Tajos Niño Perdido y Primavera debido a sus leyes marginales.

La Unidad de Producción Raura comprende labores subterráneas y una planta concentradora con una capacidad instalada de 2 500 t/d, la cual produce concentrados de cobre (Cu), plomo (Pb) y zinc (Zn), con contenidos de plata.

Los materiales de relaves se almacenan actualmente en la laguna Caballococha y eventualmente en el depósito de Nieve Ucro II.

La Laguna Caballococha ubicada al pie de la planta concentradora, fue utilizada como deposito de relaves entre 1960 y 1996. Desde Diciembre de 1996, se viene disponiendo relaves en el Deposito Nieve Ucro N° II, ubicado en una subcuenca de la laguna Nieve Ucro (aproximadamente a 1.6 Km de la planta concentradora). Durante la década del 60, se depositó relaves en el pequeño depósito Nieve Ucro N°1, ubicado a 300 m de distancia al Oeste del depósito Nieve Ucro N° 2.

4.4 MANEJO DE RELAVES

La Compañía Minera Raura S.A. con la finalidad de no afectar el medio ambiente debe disponer sus relaves, de forma tal que estas cuenten con condiciones de seguridad estructural, ya que cualquier falla en la disposición de estas, podría ocasionar daños o alterar la calidad de las aguas, aire y su entorno ambiental en general. Por tal motivo esta Compañía Minera ha proyectado la disposición de relaves en un lugar clave para este fin, el cual es la laguna de Caballococha adyacente a la Planta Concentradora ya que el otro lugar, la hoyada de Nieve Ucro II a una distancia de 1 860 m de la Planta Concentradora en el que deposita sus relaves, llegó a su cota máxima 4,575 m.s.n.m. autorizada por el MEM.

El manejo de relaves en el primer caso, como es el de Caballococha se refiere a disponer subacuaticamente los relaves en la mencionada laguna, ya que de las diversas opciones que se manejaron esta es una de las más viables y que fue aprobado en el mes de Junio por el Ministerio de Energía y Minas (MEM). Pero previamente hubo que levantar ciertas observaciones que índico el MEM, INRENA y DIGESA para que esto sea factible.

- *MAPA DE UBICACIÓN DE UNIDAD MINERA.*

En cuanto al proyecto Nieve Ucro II comprendió cuatro etapas, las que se desarrollaron de acuerdo a las toneladas de relaves depositadas en esta; a continuación se hará una descripción sucinta de las áreas donde se maneja los relaves tanto de la zona de emplazamiento, como el área de influencia de ambos que comprende 5 km a la redonda, en ambos casos se analizará e interpretará la naturaleza y magnitud de los impactos operativos y ambientales que podrían resultar de las actividades de ambos proyectos y posteriormente se describe y evalúan las medidas de mitigación que comprende ambos proyectos en el manejo de relaves.

La laguna Caballococha ubicada al pie de la Planta Concentradora fue utilizada como depósito de relaves desde 1960 hasta 1996. Desde el 23 Octubre 1996 hasta mediados de Julio del 2005, se dispuso relaves en el Depósito Nieve Ucro II, ubicado en una subcuenca de la Laguna Nieve Ucro (aproximadamente a 1.7km de la Planta Concentradora). Durante la década del 60 se depositó relaves en el pequeño Depósito Nieve Ucro I ubicado a 300m de distancia al oeste del Depósito Nieve Ucro II.

Como consecuencia de la anterior disposición de relaves en la laguna, se formó una playa de relaves en la orilla de Caballococha (Foto 4-1). Desde el 14 de Diciembre de 1997 hasta la fecha, este relave esta siendo repulpado y siendo utilizado como relleno hidráulico, con el propósito de dar cumplimiento al Programa de Adecuación y Manejo Ambiental PAMA que se presento al Ministerio de Energía y Minas (MEM) (4).

Foto 4-2: PRESENCIA DE RELAVES EN LA LAGUNA CAALLOCOCHA

El compromiso asumido es repulpar los relaves hasta dejar 2m de tirante de agua, es decir un volumen aproximado de relaves depositado de 425,000m^3, del cual se ha repulpado el 94 % hasta el 30 de Setiembre del 2 004.

Hacia el lado Este de la laguna se ubica la descarga natural del agua; en dirección de la laguna Nieve Ucro, se ubica un muro de mampostería de aproximadamente 1.20 de altura, construido con el fin de regular el agua de la laguna.

Además existe un desagüe artificial constituido por un túnel de 1.90x2.00m seguido de un canal de concreto de 1.20x0.60m que conduce el agua de rebose de la laguna Caballococha hacia la laguna Tinquicocha, actualmente este canal ha sido ensanchado para conducir un mayor volumen de agua.

El Depósito Nieve Ucro N° II, actualmente se encuentra en operación y a la fecha (Octubre del 2004), se ha completando la cuarta plataforma de la presa hasta la cota 4 567 m.s.n.m. Esta cuarta plataforma y última ha incrementado el volumen del vaso del deposito dando un margen de tiempo para la implementación del deposito de Caballococha.

Las áreas impactadas directamente por la disposición de relaves, son aquellas donde se ubica la presa de Nieve Ucro II y la disposición en Caballococha, así como en la franja de terreno donde esta tendido y esta trabajando la tubería de conducción de relaves con aproximadamente 3 Km de longitud.

Foto 4-3: DEPOSITO DE RELAVES NIEVE UCRO II

También han sido o serán impactadas en mayor o menor grado las áreas ubicadas aguas abajo de la presa de relaves y de la laguna de Caballococha, porque ellas recepcionan los efluentes de esta estructura.

En el caso de accidentes como roturas de tuberías de relaves el área susceptible de ser impactada es aquella ubicada agua abajo de esta línea. Para ello se ha previsto planes de contingencia que minimizan estos riesgos y la magnitud de estos impactos.

En la disposición de relaves de Nieve Ucro II se consideraron diques de captación y canales de derivación de cursos de agua y escorrentías, cuya construcción afecto también extensiones moderadas de terreno y puede afectar el régimen hidrológico de cultivos y áreas ecológicas aguas abajo en la cuenca de Lauricocha.

4.5 FORMACIONES GEOLOGICAS

En la región donde está ubicada la unidad minera están presentes algunas rocas sedimentarias que pertenecen a la secuencia estratigráfica del Cretáceo inferior, grupo Goyllarisquizga, representadas por las formaciones Chimú y Carhuaz (5).

a) FORMACIÓN CHIMÚ

De edad Neoconiano a Vlanginiano inferior. Son cuarcitas blancas y gris blanquecinas de grano fino a medio, presentándose en capas delgadas intercaladas con lutitas grises o negras y lechos de carbón, regionalmente son importantes por ser parte de la Cuenca Carbonífera de Oyón.

b) FORMACIÓN CARHUAZ

De edad Valanginiano superior a Aptiano. Es una fase continental compuesta de areniscas, lutitas y cuarcitas que sobreyacen a la formación Chimú. Están en contacto con las calizas Jumasha por sobreescurrimiento.

c) FORMACIÓN JUMASHA

En los alrededores de la mina afloran calizas de edad Cretáceo medio a superior, representados por la formación Jumasha. Están debajo de las rocas anteriormente descritas en contacto por sobrescurrimiento, que tiene el rumbo regional del plegamiento andino N 30º W. Son calizas en capas medianas a gruesas de color gris que cambian a un gris claro por intemperismo, su edad es albiano superior a Turoniano.

Por efecto de intrusiones, de preferencia granodioríticas, las calizas Jumasha presentan diferentes grados de alteración que va desde la caliza fresca a una granatización (Skaru), pasando por marmolización, silicificación, epidotización.

Es importante la zona de Skarn por haber permitido la formación de los principales cuerpos mineralizados.

4.6 GEOLOGIA

El distrito minero de Raura conforma con otros distritos mineros el cinturón polimetálico más importante del Mioceno Superior, el cual coincide con la Divisoria Continental Andina. Estos distritos están asociados a intrusivos calco-alcalinos intermedios de alto nivel y controlados por una zona de fallas longitudinales regionales subverticales de dirección andina (NW-SE). Esta tendencia andina a su vez fue rotada por un fallamiento transversal regional sinestral y tensional que aloja los pórfidos cuarcíferos con su respectiva alteración y mineralización en sus rocas encajonantes.

4.6.1 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

Teniendo como patrón estructural los Andes Centrales del Perú, el anticlinal Santa Ana y el sinclinal Caballococha son los plegamientos más importantes del área con rumbo N 20º - 30º W. El sobrescurrimiento al suroeste pone en contacto areniscas y cuarcitas del grupo Goyllarizquizga con las calizas Jumasha.

Debido a fuerzas compresionales E-W se han producido varios sistemas de fracturamiento Nº 65º - 80º W (vetas Gianinna, Abundancia, Roxana, Torres de Cristal, Flor de Loto). Fallamiento local en bloques es un patrón estructural importante en Catuva.

Ultimas etapas de actividad tectónica por acción de estas mismas fuerzas, originan fallas regionales que atraviesan el Distrito Minero de Raura, representando una reactivación del sistema NE, desplazando a los sistemas NW y Norte.

4.6.2 GEOLOGÍA ECONOMICA

El período de mineralización en el Distrito Minero de Raura, se produjo probablemente entre los 8 a 10 millones de años con formación de minerales de Cobre, Zinc, Plomo y Plata. La mineralización se presenta principalmente como

relleno de fracturas pre existentes (vetas), reemplazamientos metasomáticos de contacto (bolsonadas en Skarn) y depósitos tipo Stock Work.

4.6.3 MINERALIZACIÓN EN VETAS

Dos sistemas de fracturamiento son los que contienen toda la mineralización en vetas en Raura. El sistema más importante tienen rumbo N 60º W a E-W.

El otro sistema tiene rumbo N 65º - 80ºE. Existe un zonamiento marcado en la mineralización de Raura, al norte las vetas tienen minerales de Cobre y Plata, al sur se mineralizaron los valores de Plomo y Zinc.

4.6.4 MINERALIZACIÓN EN CUERPOS

En la zona de contacto metasomático en las calizas Jumasha y los intrusivos granodioríticos se presentan cuerpos o bolsonadas con minerales de Zinc, Plomo y Plata. Existen posibilidades muy favorables de la presencia de otros cuerpos mineralizados en todas las zonas de contacto no conocidas aún en Raura. El cuerpo mineralizado principal está formado por las bolsonadas Betsheva – Aracelli de forma elongada en dirección N 30º W.

Hacia el norte continúan las bolsonadas Catuva Niño Perdido y en dirección sur, Primavera y Cobriza completan una franja de mineralización económica de aproximadamente 900 m., pequeños cuerpos satélites en las proximidades y con mineralización similar como las bolsonadas Ofelia y Balilla, responden a este concepto. Los minerales principales son Esfalerita (Marmatita), Galena, Calcopirita y diseminación de Pirita dentro del Skarn, hasta el contacto se observa fuerte piritización. La mineralización dentro de los cuerpos se presenta en forma masiva, en brechas, en parches y diseminada, predominando al norte minerales como Galena y Esfalerita (la Plata está relacionada principalmente con Galena), al sur existe un aumento significativo de Cobre (Calcopirita) relacionado con un considerable aumento de Pirita sacaroide de grano grueso en una franja de contacto entre el Skarn y el intrusivo.

4.6.5 MINERALIZACION TIPO Stock Works

Áreas que encierran mineralización como relleno de fracturas menores irregulares, con diseminación y reemplazamientos masivos; han producido cuerpos de importancia relacionadas a estructuras mayores. Se exponen con mayor actividad en la sección Hada asociadas a la veta Sofía, zonas de Mármol entre bolsonadas de la Sección Catuva y también el área de afloramientos mineralizados del proyecto Gayco.

4.6.6 INVENTARIOS DE RESERVAS

Inventario de Reservas de mineral de la Mina Raura, vigente para el año 2 005.

El total cubicado asciende a 4 927 110 TMS, con leyes promedio de 3.61% Cu, 2.10% Pb, 5.18% Zn y 3.61 Oz-Ag; que equivale a un valor de US $ 56.93 por tonelada.

El mineral económico probado probable de mina subterránea que es accesible y eventualmente accesible, suma 3 702 820 TMS con leyes de 0.79% Cu, 2.98% Pb, 766% Zn y 5.16 Oz-Ag que equivale a US $ 66.02 por tonelada. Como mineral marginal tenemos 1 062 400 TMS, con leyes de 0.28% Cu, 1.19% Pb, 3.65% Zn y 1.59 Oz-Ag con un equivalente de US $ 43.41 por tonelada. Consideramos al tonelaje marginal porque al combinarse con el mineral económico, puede explotarse generando utilidad a la Compañía.

4.6.7 CLASIFICACIÓN DEL MINERAL

Las reservas de mineral corresponden al tonelaje total de mineral existente en la Mina y calculado al 31 de diciembre de 2 004. Este mineral constituye la suma del mineral económico y marginal de la mina Raura.

Por Cut Off

Se ha dividido en mineral económico y mineral marginal

a) Mineral Económico.- Es aquel cuyo valor excede a todos los gastos directos e indirectos de operación, amortizaciones y gastos financieros entre otros y genera utilidades.

b) Mineral Marginal.- Es aquel mineral que está ligeramente por debajo de la ley mínima explotable, generalmente paga costos directos de explotación más no los gastos financieros, no genera utilidades y se suma a las reservas. Este mineral en condiciones favorables de subida de precios de los metales en el mercado mundial o por disminución de costos puede llegar a ser económico, es explotable.

Accesibilidad

Las reservas se clasifican en mineral accesible y mineral eventualmente accesibles.

a) Accesible.- Es aquel mineral que se encuentra en explotación, preparación o puede ser desarrollado y preparado para su explotación a corto plazo.

b) Eventualmente Accesible.- Es aquel que no puede ser desarrollado, preparado y explotado a corto plazo. Este mineral consiste de bloques que comúnmente se hallan en la parte inferior de un nivel más bajo, alejado de las labores de desarrollo o con acceso truncado por derrumbes; por tanto, requiere la apertura de labores mineras nuevas o la rehabilitación de las existentes antes de iniciar su explotación.

Por Certeza

El mineral se clasifica en probado y probable.

a) Probado.- Es aquel mineral que ha sido reconocido por una o más labores de exploración, desarrollo y/o explotación y donde no existen virtualmente riesgos de continuidad. Los bloques de este tipo de mineral han sido numerados de 1 al 99.

b) Probable.- Es aquel mineral en que el factor de riesgo es mayor que el indicado para el mineral probado, pero se tiene suficientes indicaciones para suponer su continuidad.

Se encuentra adyacente a un bloque probado, asumiendo sus mismas leyes y tonelaje igual o menor. Los bloques de este mineral han sido numerados del 100 para adelante.

4.7 PRINCIPALES LABORES DE EXPLORACION Y DESARROLLO

Los avances en labores de Exploración y Desarrollo durante el año 2,005 tuvieron un cumplimiento de 212 % (3,243.20 m.) con respecto al metraje total programado (1,528.00 m.), sin embargo solo el 100 % fueron avances en labores programados y el 112 % en labores fuera del programa.

4.7.1 ESTRATEGIA

Nuestras exploraciones con avances lineales tuvieron objetivos de buscar y encontrar nuevas reservas en zonas circundantes a nuestras operaciones y en zonas aledañas a las operaciones.

Dentro de las zonas circundantes a nuestras operaciones se exploró en las zonas de Catuva (Cuerpo Aracely, Bolsonada Balilla, Cuerpo Ofelia), Hadas (Veta Hada 4, Veta Bolsonada Brunilda y Veta Melina) Esperanza (veta Esperanza Nv.530 y 480) y El Abra, (Cuerpo Blanquita y Delfercha). Para esta zona se cubicaron reservas asociadas a cuerpos pequeños y vetas; no se pudo dar reemplazo de reservas en cuerpos de mayor área y volumen que puedan reemplazar a los cuerpos grandes como fueron Betsheva, Aracely y Primavera. Se realizo un trabajo de reinterpretación en la zona sur y sur este del Complejo Catuva, donde se potencializó 300,000 TMS para los cuerpos satélites de Catuva y Hadas.

En cuanto a las zonas aledañas en este año se exploró con taladros diamantinos la zona de las Vetas Torominas por mineralización polimetalica tipo Veta Esperanza Ag-Zn-Pb-Cu.

Lo más destacado de las labores de exploración y desarrollo fue:

SECCION CATUVA : El avance en labores de exploración y desarrollo fue de 1,403 m., en reservas se ubicó 337,767 TMS con leyes de 1.93% Cu, 0.86% Pb, 2.40% Zn y 3.61Oz/Ag con un valor de 37.75US$

En el nivel 630 se exploró el cuerpo de Cu Ofelia 118 con resultados positivos así como el Cuerpo Primavera Sur y Primavera Norte con mineral de Cu – Zn y el cuerpo Aracelly franja de Cu.

En el nivel 590 se exploró el propio Cuerpo Catuva, complementando lo ya realizado en año anterior para ingresar a fase de explotación.

Se reinició la Rampa Negativa 945W desde el nivel 360 al nivel 300, para desarrollar y preparar el Cuerpo Halley y los cuerpos de Cu reconocidos con perforación diamantina.

El grueso de la exploración se desarrolló en el nivel 630.

SECCION HADAS : El avance en labores de Exploración y Desarrollo fue 844 m. En reservas se cubicó 73,016 TMS con leyes 0.21% Cu, 4.05% Pb, 4.97% Zn y 3.84 Oz/Ag con un valor de 42.45 US$.

En el nivel 490 se exploró Bolsonada Balilla, Veta Brunilda con la galería 650 E así como las estructuras Pilar, Sofía Techo Central, Sofía Piso, destacando la exploración realizada del Cuerpo Balilla 204 que entró a fase de explotación.

En el nivel 590 se continuó con la exploración de Bolsonada Balilla con el s/n 945 SE, así como Cuerpo Balilla con el subnivel 162 N-S.

En el nivel 540 con el subnivel 925 - S se desarrolló la Veta Balilla, así como la Veta Brunilda hacia el W con la galería 702 W y se exploró la continuidad al W de la Veta Hada y con la galería 700W.

En el nivel 630 se exploró y determinó con el crucero 090 – W la continuidad en altura de la Veta Melina y su proyección hacia el nivel 700.

En el nivel 380 con el subnivel 430 W se exploró la Veta Matapaloma.

SECCION ESPERANZA : El avance de labores de Exploración – Desarrollo en esta zona fue de 721 m., cubicándose 48,351 TMS con leyes de 0.57% Cu, 1.56% Pb, 4.27% Zn y 6.34 Oz/Ag con un valor de mineral de 46.11 US$.

En el nivel 580 se realizó el desarrollo de los Split de Veta Esperanza con los subniveles 980, 880SW, 901 SW y 934 E-W y la Veta Torre de Cristal (Gal.970 W).

En el nivel 530 se continuó con la galería 950 -W, el desarrollo de la Veta Esperanza así como el desarrollo de la Veta Torre de Cristal con la galería 990W.

En el nivel 480 con el crucero 970 NE y la galería 950 E se exploró y desarrolló el split de la Veta Torre de Cristal.

SECCION EL ABRA : El avance con labores de exploración fue en total 275 m. Cubicandose 22, 810 TMS con leyes de 0.26 % Cu, 0.69 % Pb, 7.42 % Zn , 3.84 Oz Ag. Con un valor de mineral de 41.25 US$.

En el nivel 660 con el crucero 311N, se exploró el Cuerpo Fortuna-2 interceptándose una Bolsonada polimetálica de reemplazamiento irregular y con la galería 026E se desarrolló la franja Delfercha en su extensión hacia el Este.

CUADRO 4-1

RESUMEN DE LAS RESERVAS LOGRADAS DURANTE EL AÑO 2,005

SECCIÓN	TMS PROG	TMS REAL	%Cu	%Pb	%Zn	Oz/Ag	US$
CATUVA	148,885	337,767	1.93	0.86	2.40	3.61	37.75
HADA SOFIA	75,000	58,216	0.21	2.93	4.87	4.15	38.99
HADA BRUNILDA	30,000	14,800	0.23	8.46	5.38	2.61	56.04
ESPERANZA	60,000	48,351	0.57	1.56	4.27	6.34	46.11
ABRA	65,000	22,810	0.26	0.69	7.42	1.93	41.25
TOTAL	378,885	481,944	1.45	1.41	3.22	3.84	39.46

Fuente: Carta Anual del Area de Mina.

CUADRO 4-2

BALANCES NETOS DE MINERAL

A.	RESERVAS AL 1º DE ENERO DE 2,005	2'168,080	TMS.
B.	RESERVAS AL 1º DE ENERO DE 2,004	2'552,940	TMS.
C.	MINERAL TRATADO EN PLANTA CONCENTRADORA 2,004	567,702	TMS.
	1. DE RESERVAS	420,116	TMS.
	2. FUERA DE RESERVAS	147,586	TMS.
E.	GANANCIA DE TONELAJE (T.M.S.) POR EXPLORACIÓN	481,944	TMS.

Fuente: Carta Anual del Area de Mina.

CUADRO 4-3

TOTAL DE RESERVAS COMPARATIVAS DE LOS ULTIMOS AÑOS

TOTAL CUBICADO 2,001	1'869,850	T.M.S. ECONOMICO
	2'210,440	T.M.S. MARGINAL
TOTAL CUBICADO 2,002	2'795,700	T.M.S. ECONOMICO
	863,650	T.M.S. MARGINAL
TOTAL CUBICADO 2,003	2'071,640	T.M.S. ECONOMICO
	955.490	T.M.S. MARGINAL
TOTAL CUBICADO 2,004	1'323,210	T.M.S. ECONOMICO
	1'229,730	T.M.S. MARGINAL
TOTAL CUBICADO 2,005	1'177,380	T.M.S. ECONOMICO
	990,700	T.M.S. MARGINAL

Fuente: Carta Anual del Area de Mina.

CAPITULO V

DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN PLANTA CONCENTRADORA

La Planta Concentradora beneficia mineral polimctá1ico de cobre plomo y zinc, por el método de flotación, a razón de 2200 TMS por día. El mineral procedente de las labores de las minas Catuva, Esperanza, Gayco y El Abra, es transportado mediante camiones y carros mineros hasta la cancha de gruesos de la Planta Concentradora. La alimentación del mineral a las tolvas de gruesos se hace mediante un cargador frontal CAT. 966-F No. 7, haciendo un blending establecido por el Área en coordinación con geología. Las tolvas de gruesos (1 y 2) tienen una capacidad de 150 TM y disponen de parrillas de 16 pulgadas de abertura. En la parrilla de la tolva de gruesos se tiene un rompebancos marca Kant KIII 386 de 100 lbs. de presión para fragmentar el mineral sobre tamaño que queda sobre las parrillas.

El circuito de la Planta Concentradora consta de las siguientes secciones: Chancado, Molienda, Remolienda, Flotación Espesamiento y Filtrado, cancha de almacenamiento de relaves y despacho de concentrados.

Sección Despacho de Concentrados

Los concentrados producidos por la planta son despachados mediante un cargador frontal CAT 926 a camiones de 5 y 6 ejes de 43 y 48 TM de capacidad. Los camiones previamente pesados en una balanza electrónica Toledo de 80 TM de capacidad se tapan con sus respectivas tolderas y se sellan estas tolderas con precintos de plástico, cuyo número de precinto va anotado en la guía de remisión.

El destino de los concentrados es el siguiente:

- Concentrado de Cobre, se transporta a la Fundición de La Oroya.
- Concentrado de Zinc, se transporta a un depósito del Puerto del Callao para su posterior embarque al exterior y también a la Refinería de Cajamarquilla.

- Concentrado de Plomo, se transporta a un depósito del Callao para su posterior embarque al exterior.

5.1 SECCION CHANCADO

La sección de chancado opera en circuito cerrado, consta de chancado primario, secundario y terciario.El mineral procedente de interior mina y tajo abierto (humedad de 3% a 5%), llega a la Planta en volquetes (capacidad 25 ton) y se deposita en una cancha (capacidad 2 000 ton), con la ayuda de un cargador frontal (CAT 966), se alimenta a la tolva de gruesos, de acuerdo a un blending establecido; la tolva de gruesos tiene una capacidad de 150 ton. El mineral almacenado se alimenta con dos alimentadores de placas (COMESA, 40 placas x 42”), hacia la faja Nº 2, se clasifica en un grizzly. El sobretamaño es triturado en una chancadora de quijadas Pioneer, 35” x 46” (set 3 ½”), los finos que atraviesan el grizzly caen a la faja Nº 3 conjuntamente con el producto de chancadora, este material es conducido por la faja Nº 4 hacia una nueva clasificación, en un cedazo de doble piso Ty Rock Nº 1,5’ x 12’ (abertura 2 ½” x 2 ½” t ½” x 1”), el under es triturado en una chancadora Symons Estándar 5 ½” (set ¾”), el over con el producto de la chancadora es llevado sucesivamente por la faja Nº 5, Nº 6, Nº 7 y Nº 8, a una clasificación, el material se comparte a dos cedazos, la mayor parte va a un cedazo T y Rock Nº 3.5’ x 12’ (abertura 1” x ½”) y el remanente, a un cedazo de 4’ x 5 1/2"’ (abertura 1” x ½”), el under de los cedazos es triturado en chancadoras Symons Short Head 5 100 (set 3/8”). A (Magrigal) y B (Minsur), respectivamente: el over de los cedazos con el producto de las chancadoras es llevado por la faja Nº 9, luego por la faja Nº 11, de esta faja el mineral puede ser depositado en la tolva de finos de 1 000 ton o pasar a la faja Nº 11 – A y después a la faja Nº 11-B para ser almacenado en la tolva de finos de 1 500 ton.

En esta sección se tiene instalado un colector de polvos Rotoclone, con puntos de captación en los shuttes de descarga de las chancadoras secundarias y terciarias y shuttes de finos de los cedazos.

TABLA Nº 5.1

EQUIPOS DE SECCIÓN CHANCADO

Nº	Cant.	Descripción
1	01	Tolva de gruesos, concreto, 150 ton de capacidad
2	02	Alimentadores de placas COMESA, 40 placas x 42" de ancho
3	01	Faja transportadora Nº 2, 48" x 16.40 m
4	01	Grizly de 1.05 m x 2.36 m
5	01	Chancadora de quijadas Pioneer, 35" x 46"
6	01	Faja transportadora Nº 3, 36" x 47.70 m
7	01	Faja transportadora Nº 4, 36" x 52.70 m
8	01	Detector de metales Corrigan Metcorr 117 C
9	01	Zaranda Vibratoria T y Rock Duplex Nº 1, 5' x 12'
10	01	Chancadora Symons Standard, 5 ½"
11	01	Faja transportadora Nº 5, 24" x 21.70 m
12	01	Faja transportadora Nº 6, 24" x 38.00 m
13	01	Faja transportadora Nº 7, 24" x 16.00 m
14	01	Faja transportadora Nº 8, 24" x 28.75 m
15	01	Zaranda vibratoria 4' x 5 ½'
16	01	Zaranda vibratoria T y Rock Nº 2.5' x 12'
17	01	Chancadora Symons 5 100, Short Head, B ó Madrigal
18	01	Chancadora Symons 5 100, Shorte Head, A ó Minsur
19	01	Faja transportadora Nº 9, 30" x 37.70 m
20	01	Faja transportadora Nº 11, 36" x 41.35 m
21	01	Faja transportadora Nº 11-A, 30" x 6.46 m
22	01	Faja transportadora Nº 11-B, 36" x 57.69 m
23	01	Tolva de finos, metálica, 1 500 ton de capacidad
24	01	Tolva de finos, metálica, 1 000 ton de capacidad
25	02	Fajas transportadoras Nº 17, 36" x 16.60 m y Nº 18 36" x 16.80 m
26	02	Fajas transportadoras Nº 12, 36" 19.40 m y Nº 13, 36" x 19.80 m
27	01	Extractor de polvo Rotoclone
28	02	Magnetos

5.2 SECCION MOLIENDA

La sección de molienda cuenta con dos circuitos de molienda primaria independientes, los cuales son abastecidos por las tolvas de finos de 1 000 ton y de 1 500 ton. Se cuenta con molienda secundaria. El producto de la sección es de aproximadamente 55% menos malla 200.

Los finos de la tolva de 1 500 ton se alimentan mediante fajas Nº 12 o Nº 13, hacia la faja Nº 14, en donde se tiene instalada una balanza electrónica, para el control del tonelaje, el mineral ingresa de un molino de bolas COMESA N8' Y 10' A. Los finos de la tolva de 1 000 ton también se alimentan por fajas, Nº 17 ó Nº 18, hacia la faja Nº 19 y luego a la faja Nº 20m en donde se tiene una balanza electrónica para el control del tonelaje, el mineral ingresa a un molino de bolas COMESA 8' X 10' B. La descarga de los dos molinos se juntan y son bombeados (bomba Denver SRL-C, 10" x 8", Nº 1 ó Nº 2) a una hidrociclón (Krebs de 20", 1-B ó 2-B, posición inclinada, apex 2 5/8"), los finos son conducios hacia la flotación y los gruesos retornan a un molino de bolas COMESA 8' X 8' B, cuya descarga se junta con la de los molinos primarios.

La densidad en el over del hidrociclón se controla en 1350 gr/lt, la descarga de los molinos primarios, se establece en 2 000 gr/lt y la del molino secundario en 2 250 gr/lt.

En esta sección se tiene instalado un manómetro para el control del agua de alta presión, para los sellos de las bombas, la presión debe oscilar entre 50 PSI y 60 PSI. El agua para la Planta es suministrada por un tanque de 60 000 galones, el cual capta agua de los reboses de las lagunas de Niñococha y Santa Anta. En caso de faltar agua, se combea agua desde las lagunas de Santa Ana y Caballococha.

Como alternativa, se cuenta con una celda de flotación rápida Skim Air SK-80, Qutokumpu, la cual flota del under del hidrociclón, sus espumas constituyen un concentrado final de plomo y el relave ingresa al molino secundario. Esta celda opera únicamente cuando la cabeza de plomo es muy alta.

La sección cuenta con un operador, el cual se encarga de mantener los parámetros de operación, chequear los equipos, limpieza de la sección y de alimentar bolas, con la ayuda del reactivista.

A los molinos primarios se añaden los siguientes reactivos NACN, ZnSO4 y NaHSO4 y al molino secundario se alimenta únicamente ZnSO4. Al overflow del hidrociclón se añade 7 – 11 y espumante (MBC o ER – 300).

5.2.1 ACEROS

La alimentación de aceros se realiza en forma diaria, en cada guardia (tres veces al día), estos se alimentan en forma manual, a través de la descarga de cada uno de los molinos.

El control de nivel de llenado de bolas en los molinos se realiza los días domingos, (parada de planta), día en que se ingresa a los molinos y se miden

las alturas libres, para luego calcular el porcentaje en volumen de llenado. Se emplea la siguiente fórmula:

$$V = 113 - 126 \times (Q/D)$$

Donde :

V = Porcentaje en volumen de llenado.

Q = Altura libre dentro del molino, entre el nivel de Bolas y la carcaza del mismo.

D = Diámetro interno del molino.

Los porcentajes en volumen óptimos establecidos son:

TABLA Nº 5.2

% VOLUMEN

Molino	% Volumen del Llenado
Primario 8′ x 10′ A	44%
Primario 8′ x 10′ B	44%
Secundario 8′ x 8′ B	40%
Remoliendo 8′ x 8′ A	30%

El molino 8’ x 8’ A, está destinado para realizar la remolienda de relave del rougher primario bulk , con la finalidad de liberar el mineral valioso de cobre, aumentándose de este modo la recuperación y la ley del concentrado de cobre.

Los consumos promedios correspondientes a 2 005 fueron:

TABLA Nº 5.3

CONSUMO DE BOLAS

Tamaño de Bola	Consumo (lb/TMS)
Bola 1″	1-412
Bola 2″	0.015
Bola 3″	0.418
Bola 4″	0.693

Foto 5-1: SECCION MOLIENDA, MOLINOS DE BOLAS

TABLA Nº 5.4

EQUIPOS DE SECCIÓN MOLIENDA

Nº	Cant.	Descripción
29	01	Faja transportadora Nº 12, 36″ x 19.40 m
30	01	Faja transportadora Nº 13, 36″ x 19.80 m.
31	01	Tolva de finos, metálica, 1 500 ton de capacidad
32	01	Faja transportadora Nº 14, 30″ x 21.12 m
33	01	Balanza electrónica 0HMART
34	01	Molino de bolas COMESA, 8′ x 10′ A
35	01	Molino de bolas Allis Chalmers, 8′ x 8′, A
36	01	Molino de bolas COMESA, 8′ x 10′, B
37	01	Molino de bolas COMESA, 8′ x 10′, B
38	02	Bombas Cever SRL-C, 10″ x 8″ Nº 1 y Nº 2
39	01	Faja transportadora Nº 17, 36″ x 16.60 m
40	01	Faja transportadora Nº 18, 36″ x 1.80 m

41	01	Faja transportadora Nº 19, 24" x 20.40 m
42	01	Balanza electrónica OHMART
43	01	Faja transportadora Nº 20, 24" x 39.00 m
44	02	Hidrociclones Krebs, 20", 1-B y 2-B
45	01	Celda de flotación rápida Skim Air, Outokumpu SK-80
46		Muestreador de cabeza
47		Tolva de finos, metálica, 1000 ton de capacidad

5.3 SECCIÓN FLOTACIÓN

La sección de flotación cuenta con tres circuitos:

- Circuito Bulk
- Circuito de Separación (método Bicromato).
- Circuito de Zinc.

Es de destacar en esta sección, para los bancos Outokumpu de rougher y scavenger, tanto para el bulk y zinc que la pulpa se traslada por gravedad únicamente, aprovechando los desniveles existentes entre los bancos anteriormente citados.

El aire de baja presión es suministrado por sopladores y blowers, la presión oscila entre 1.5 PSI y 2.5 PSI.

Los bancos Outokumpu, posee controladores automáticos de nivel. Se cuenta también con un potenciómetro instalado en el acondicionador de Zinc 8' x 8' y un potenciómetro portátil.

La sección cuenta con dos operadores, uno para la flotación bulk y de separación y otro para la flotación de zinc. Se cuenta con un reactivista encargado de preparar los reactivos y controlar la concentración de estos.

5.3.1 CIRCUITO BULK

La pulpa acondicionada con depresores, colector y espumante ingresa al banco rougher 1 bulk (03 celdas Outokumpu, 300 pies), luego pasa al banco rougher

11 bulk (02 celdas Outokumpu, 300 pies) y finalmente al banco scavenger (02 celdas Outokumpu, 300 pies), el relave de este banco se mezcla con lechada de cal y es llevado al circuito de zinc. Las espumas del rougher I y II se juntan y van a un circuito de 04 bancos de limpieza, compuestas por celdas Agitair Nº 36, con 06, 04 y 04 celdas para cada uno de los bancos. Las espumas del scavenger retornan a la cabeza del rougher I.

Es en las espumas del rougher primario en donde se capta mayormente al plomo y en las espumas del rougher se capta al cobre, ya que la cinética de flotación del plomo es mayor que la del cobre. En esta flotación bul (rougher y scavenger) se añaden reactivos como el Z-II, ER-300 o MIBC y $ZnSO_4$.

5.3.2 CIRCUITO DE SEPARACIÓN

El concentrado proveniente de la cuarta limpiadora bul, se acondiciona (acondicionador 8' x 8') con Bicromato, luego ingresa a un rougher de separación (03 celdas Agitair Nº 36) y después a un scavenger de separación (04 celdas Agitair Nº 36), el relave de este banco constituye el concentrado de plomo final. Las espumas del scavenger de separación retornan al acondicionador. Las espumas del rougher de separación ingresan a un circuito de 04 limpiadoras de cobre, la 1ra limpiadora está compuesta por 04 celdas Agitair Nº 36, la 2da por 02 celdas Dever 18 SP, la 3fa por 01 celda Denver 18 SP y la cuarta por 01 celda denver 18 SP. Las espumas de esta cuarta limpiadora forman el concentrado final de cobre. Al relave de la 2da limpiadora se le añade Bicromato. El circuito de limpiadoras de cobre, generalmente se opera con tres limpiadoras únicamente, ya que se obtiene un concentrado aceptable de la tercera limpiadora, de esta forma se evita recargar el circuito con una excesiva carga circulante.

TABLA Nº 5.4

EQUIPOS DE SECCIÓN FLOTACIÓN BULK Y SEPARACIÓN Pb/Cu

Nº	Cant.	Descripción
48	03	Celdas Outokumpu, 300 pies, rougher bulk Nº 1
49	02	Celdas Outokumpu, 300 pies, rougher bulk Nº 2
50	02	Celdas Outokumpu, 300 pies, scavenger bul,
51	02	Bombas Vacseal, 4″ x 3″, Nº 1 y Nº 2
52	02	Bombas verticales Galigher, 2 ½″
53	01	Bomba vertical Galigher, 2 ½″
54	01	Bomba vertical Galigher
55	01	Bomba vertical Galigher
56	06	Celdas Agitair Nº 36, 1ra limpieza bula
57	06	Celdas Agitair Nº 36, 2da limpieza bula
58	04	Celdas Agitair Nº 36, 3ra limpieza bula
59	04	Celdas Agitair Nº 36, 4ta limpieza bula
60	01	Acondicionador de separación Pb/Cu, 8′ x 8′
61	02	Bombas Bacseal, 4″ x 3″, Nº 1 y Nº 2
62	01	Bomba Bacseal, 4″ x 3″
63	01	Bomba vertical Galigher, 2 ½″
64	01	Celdas Agitair Nº 36, rougher de separación Bicromato
65	04	Celdas Agitair Nº 36, seavenger de separación Bicromato
66	04	Celdas Agitair Nº 36, 1ra limpieza de cobre
67	01	Celdas Agitair Nº 36, 2da limpieza de cobre
68	01	Celdas Agitair Nº 36, 3ra limpieza de cobre
69	02	Celdas Agitair Nº 36, 4ta limpieza de cobre
70	02	Muestreadores automáticos
71	02	Sopladores centrífugos Nº 1 y Nº 2
72	02	Blowers Sutorbilt, Nº 3 y Nº 4
73	01	Bomba vertical Galigher, 2 ½″, de recuperación de Pb/Cu

5.3.3 CIRCUITO DE ZINC

El relave del scavenger bul, mezclado con lechada de cal, se acondiciona con CuSO4 y Z-11 en dos acondicionadores (8' x 8´ y 11' x 11') conectados en serie mediante bombeo, esta pulpa acondicionada ingresa al banco rougher 1 de zinc (03 celdas Outokumpu, 300 pies), para pasar luego al rougher II de zinc (03 celdas Outokumpu, 300 pies) e inmediatamente al scavenger de zinc (03 celdas Outokumpu, 300 pies), el relave final de este banco, constituye el relave final. Las espumas del scavenger retornan a la etapa de acondicionamiento. Las espumas de rougher I y II, ingresan a un circuito de 03 limpiadoras, compuestas por celdas Aitair Nº 48, 10 celdas para la 1ra limpiadora, 06 celdas para la 2da limpiadora y 04 celdas para la 3ra limpiadora. Las espumas de la tercera limpiadora, forman el concentrado final de zinc. El relave de la 1ra limpiadora retorna a los acondicionadores. El relave de las otras limpiadoras retorna como cabeza a la etapa de limpieza anterior. En la etapa de acondicionamiento y flotación (rougher y scavenger) se añade Z-11, CuSO4, lechada de cal y espumante mix (mezcla de D-250, MIBC y aceite quemado), en la etapa de limpieza, se añade lechada de cal únicamente.

El consumo de reactivos (lb/TMS) por circuito es el siguiente: En la planta Concentradora Raura se lleva a cabo una flotación diferencial; primero se flota un concentrado bulk Cu- Pb, para posteriormente proceder a su separación, obteniéndose un concentrado de plomo y un concentrado de cobre y finalmente se flota un concentrado de zinc.

TABLA Nº 5.5

EQUIPOS DE SECCIÓN DE FLOTACIÓN ZINC

Nº	Cant.	Descripción
74	01	Acondicionador de zinc, 8' x 8'
75	01	Acondicionador de zinc, 11' x 11'0
76	02	Bombas Denver 10" x 8" Nº 3 y 12" x 10" Nº 1
77	03	Celdas Outokumpu, 300 pies, rougher de zinc Nº 1
78	03	Celdas Outokumpu, 300 pies, rougher de zinc Nº 2
79	10	Celdas Outokumpu, 300 pies, scavenger de zinc
80	06	Celdas Agitair Nº 48, 1ra limpieza de zinc

81	04	Celdas Agitair Nº 48, 2da limpieza de zinc
82	02	Celdas Agitair Nº 48, 3ra. Limpieza de zinc
83	01	Bombas Denver 5″ x 4″ Nº 1 y 5″ x 5″ Nº 2
84	01	Bombas Denver 5″ x 5″
85	01	Bomba Denver 3″ x 3″
86	01	Bomba Denver 5″ x 5″, de recuperación de zinc
86	01	Muestreador automático
88	01	Muestreador automático
89	02	Soplador Spencer y blower SutobiltSoplador Spencer y blower Sutobilt

Foto 5-2: CELDAS DE FLOTACION DEL CIRCUITO DE Zn.

FOTO 5-3: MUESTREADORES AUTOMATICOS DE COURRIER – ANALIZADOR DE LEYES

A continuación se muestran los rangos de concentraciones en los que varían la preparación de los reactivos y los consumos promedios totales de estos:

TABLA Nº 5.6

CONCENTRACION Y CONSUMO DE REACTIVOS

REACTIVO	CONCENTRACION%	CONSUMO (Lb/TMS)
Cianuro de sodio (NaCN)	4 a 5	0.074
Sulfato de zinc ($ZnSO_4$)	8 a 9	1.580
Bisulfato de sodio ($NaHSO_4$)	8 a 10	0.400
Sulfato de cobre ($CuSO_4$)	18 a 21	1.927
Xantato de sodio (Z-11)	4 a 6	0.218
Bicromato de sodio ($K_2Cr_2O_7$)	7 a 9	0.111
MIBC o ER-300		0.141
D-250		0.106
Cal		4.728

Las marcas comerciales de los reactivos utilizados son:

- Cloruro de sodio DEGUSSA (Germany), presentación en cilindros de 100 kilos.
- Sulfato de zinc, Estructuras Industriales EGA S.A. (Perú), presentación en sacos de 50 kilos.
- Bisulfito de sodio HOECHST, presentación en sacos de 25 kilos.
- Sulfato de cobre TECNOFIL S.A., presentación en sacos de 50 kilos.
- Xantato de sodio RENASA (Perú), presentación en sacos de 50 kilos.
- Bicromato de sodio OXY CHEM (U.S.A.), presentación en sacos de 25 kilos.
- Metil Isobutil Carbinol (MIBC) CELANESE MEXICANA S.A. (Mexico), presentación cilindros de 355 Libras.
- Dowfrth 250 (D-250) MINERAL REAGENTS INTERNACIONAL (U.S.A.) presentación en cilindros de 450 libras.
- Cal, mementos Norte Pacasmayo S.A., granulada gruesa a granel PRIME

Foto 5-4: AREA DE DESPACHO DE CONCENTRADOS

TABLA Nº 5.7

RELACION DE REACTIVOS

ETAPA	REACTIVO
Molinos	
Molinos primarios	Cianuro de sodio (NaCN)
Molinos primarios	Bisulfato de sodio ($NaHSO_3$)
Todos los molinos	Sulfato de Zinc ($ZnSO_4$)
Flotación Circuito Bula	
Rougher I	Espumante (MIBC)
	Xantato de sodio (Z-11)
Rougher II	Xantato de sodio (Z-11)
	Sulfato de zinc ($ZuSO_4$)
Scavenger	Espumante (MIBC)
	Xantato de sodio (Z-11)
	Sulfato de Zinc ($ZnSO_4$)
Primera Limpieza	Sulfato de Zinc ($ZnSO_4$)
Segunda limpieza	Sulfato de Zinc ($ZnSO_4$)
Tercera limpieza	
Cuarta limpieza	Sulfato de Zinc ($ZnSO_4$)
Separación Pb-Cu	
Rougher de separación	Bicromato de sodio ($K_2Cr_2O_7$)
Scavenger de separación	Xantato de sodio (Z-11)
Primera Limpieza de Cu	
Segunda Limpieza de Cu	
Tercera limpieza de Cu	
Flotación Circuito de Zn	
Rougher I	Cal
	Sulfato de cobre ($CuSO_4$)
	Xantato de sodio (Z-11)
	Espumante mix
Rougher II	Xantato de sodio (Z-11)
Scavenger	Xantato de sodio (Z-11)
Primera limpieza	Cal
Segunda limpieza	Cal
Tercera limpieza	Cal

Nota: El espumante mix es una mezcla de D-250 (30%), MBC (30%) y bicromato de sodio(40%) composiciones en porcentaje en peso.

La cal se alimenta con lechada, para lo cual se cuenta con una planta de preparación, la cual consta de un pequeño molino (3' x 5') con un clasificador helicoidal, operando en circuito cerrado, la carga fina va a un tanque agitador de donde es bombeado hacia el circuito de flotación de zinc, el retorno es almacenado en otro tanque agitador similar al anterior.

Todos los demás reactivos son preparados en forma manual en tanques con agitadores de donde son distribuidos a los distintos puntos de dosificación. El sulfato de cobre y el bisulfato son los únicos reactivos que tienen distintos tanques de preparación y almacenamiento para su distribución.

5.4 SECCIÓN ESPESAMIENTO Y FILTRADO

Se cuenta con:

5 espesadores :

- Espesador de cobre 24' x 10'
- Espesador de plomo 24' x 10'
- Espesador Dorco de zinc Nº 1,m 24' x 10'
- Espesador Dorco de zinc Nº 2, 24' x 10'
- Espesador Denver de zinc Nº 3, 30' x 8'

03 filtros de disco:

- Filtro Denver Nº 1,6" θ (4 discos Pb y 2 discos Cu)
- Filtro Denver Nº 2, 6" θ (3 discos Zn)
- Filtro Devenir Nº 3,6" θ (5 discos Zn)

02 filtros de tambor:

- Filtro FIMCO Nº 1,8' x 10' (Zn)
- Filtro FIMCO Nº 2 8' X 10' (Zn)

En la sección se utilizan bombas Denver y una Vacseal, para bombear los concentrados espesador a los respectivos filtros.

Se cuenta con 04 bombas de vacío, 02 Nash y 02 COMESA; el aire para l soplado de los filtros es abastecido desde la sección de flotación.

La humedad de los concentrados oscila entre 8% y 11%. Se tienen instalados bombas horizontales Denver para recuperar parte de los reboses de los espesadores de plomo y cobre. El rebose del espesador de zinc Nº 1 se recupera en parte con una bomba vertical Galigher.

El concentrado de zinc proveniente de la flotación se deposita en el espesador Nº 3, cuyo rebose está conectado al espesador Nº 2, el rebose de este, está conectado al espesador Nº 1.

Se cuenta con 01 cocha para el cobre, 02 cochas para el plomo y 06 cochas para el zinc, estas captan los reboses de los respectivos espesadores. En caso de sobrecarga del espesador de zinc Nº 3, se descarga hacia las cochas, esto ocurre cuando se tienen cabezas altas de zinc o cuando se tienen dificultades operativas mecánicas con los filtros de zinc.

TABLA Nº 5.8

EQUIPOS DE SECCIÓN ESPESAMIENTO Y FILTRADO

Nº	Cant.	Descripción
90	01	Espesador Denver de cobre, 24′ x 10′
91	01	Espesador Denver de plomo, 24′ x 10′
92	01	Espesador Dorco de zinc, Nº 1, 24′ x 10′
93	01	Espesador Dorco de zinc, Nº 2, 24′ x 10′
94	01	Espesador Denver de zinc, Nº 3, 24′ x 10′
95	01	Bomba Denver, 1 ½″ x 1 ¼″
96	01	Bomba Denver, 1 ½″ x 1 ¼″
97	01	Bomba Denver, 1 ½″ x 1 ¼″
98	01	Bomba Denver, 1 ½″ x 1 ¼″
99	02	Bomba Denver 3″ x 3″ y bomba Vacseal 4″ x 3″
100	01	Bomba de vacío CCOMESA

101	02	Bomba de vacío Nash, CL-1003
102	01	Bomba de vacío CCOMESA – Hytor
103	01	Filtro de discos Denver de 6′ θ Nº 1, 4 discos de Pb y 2 discos de Cu
104	01	Filtro de discos Denver de 6′θ Nº 2, 03 discos de Zn
105	01	Filtro de discos de Denver de 6′ θ Nº 3, 05 Discos de Zn
106	01	Filtro de tambor EIMCO, Nº 2, 8′ x 10′
107	01	Filtro de tambor EIMCO, Nº 1, 1,8′ x 10′
108	01	Bomba vertical Galigher, 2 ½″ de recuperación de zinc
109	01	Bomba Denver 2 ½″ x 2″, de recuperación de plomo
110	01	Bomba Denver 2 ½″ x 1 ¼″, de recuperación de cobre.

5.5 MANEJO DE RELAVES

Hasta fines del mes de Junio los relaves fueron depositados en la presa de relaves de Nieve Ucro N° II. Este depósito está ubicado al Este de las instalaciones de Raura a una distancia de 1850 m, localizado en una depresión topográfica, flanqueada por laderas con pendientes suaves a empinadas, ubicada a las faldas del cerro Yerupajá.

La diferencia de nivel entre la planta y el depósito de relaves es de 14 m, sin embargo esta carga hidráulica no es suficiente para poder conducir el relave por gravedad. Los relaves procedentes de la planta de tratamiento son enviados por bombeo por medio de las bombas Denver SRL 10” x 8” N°5 y 10” x 8” N°6 (una en stand by) a través de 3 líneas de tubería de polietileno de 6’Ø por 2200 m de longitud cada una, hasta la cancha de disposición de relaves.

Foto 5-5: CLASIFICACION POR CICLONES EN RELAVERA NIEVA UCRO

Foto 5-6: DISTANCIA DE PLANTA CONCENTRADORA HACIA LA RELAVERA NIEVE UCRO II

La presa ha sido construida con material de préstamo en dos fases. La cota inicial de coronación de la presa fue de 4 562 msnm, se ha requerido una elevación de la presa a la cota 4 567 m.s.n.m, es decir una altura máxima de 18 m. El talud aguas abajo descansa sobre un material de relave, cuya superficie se encuentra en la cota 4 549 m.s.n.m. La presa está cimentada sobre roca caliza firme. La cara aguas arriba de la presa está recubierta de geomembrana.

El agua se clarifica mediante sedimentación natural por rebose. El tirante mínimo entre el espejo de agua y el nivel de la pulpa es como mínimo 0,60 m. El efluente se vierte hacia la quebrada entre Nieve Ucro y Caballococha, siendo la Laguna Tinquicocha el cuerpo receptor de este efluente.

➢ *Caracterización del Relave*

El relave final posee la siguiente granulometría.

CUADRO N° 5.9 Análisis Granulométrico del Relave Final

Malla	% Peso	Ac(+)
+ 50	4,86	4,86
+ 70	5,95	10,81
+ 100	10,84	21,65
+ 140	10,56	32,21
+ 200	9,70	41,91
- 200	58,09	100,0

Fuente: Ing. Geotécnica de Presa de Relaves Nieve Ucro II.

El relave obtenido de la Planta Concentradora es clasificado en ciclones, obteniéndose dos productos, el underflow utilizado como material grueso que es utilizado como relleno hidráulico. El overflow de los ciclones es descargado a la relavera. El análisis granulométrico del relave enviado a Nieve Ucro II, se aprecia en el siguiente cuadro.

CUADRO N° 5.10 Análisis Granulométrico de la Relavera Nieve Ucro II

Malla	% Peso	Ac(+)
+ 50	0,31	0,31
+ 70	0,46	0,77
+ 100	0,92	1,69
+ 140	3,33	5,02
+ 200	6,46	11,48
- 200	88,52	100,0

Fuente: Ing. Geotecnica de Presa de Relaves Nieve Ucro II.

La composición mineralógica aproximada del relave que sale de la Planta Concentradora, se aprecia en el siguiente cuadro.

CUADRO N° 5.11 Composición Mineralógica

Mineral	%
Granates	45,0
Caliza	12,0
Calcita	3,0
Pirita	16,0
Sl. Gn.	1,0
Magnetita-hematitas	1,0
Cuarzo	10,0
Otros silicatos	12,0

Fuente: Ing. Geotecnica de Presa de Relaves Nieve Ucro II.

El relave diario producido promedio es de 1716 t (87,36%).

Los análisis realizados al relave muestran un balance ácido base (ABA). Los resultados mostraron los siguientes valores presentes en el siguiente cuadro.

CUADRO N° 5.12 Balance ácido – base del relave

% S(t)	%S(-2)	CO_3^{2-}	SO_4^{2-}	NP	AP	NP Neto	NP/AP
7,21	7,06	11,25	0,45	192	221	-28	0,9

NP: Potencial de Neutralización (kg/t $CaCO_3$)

AP: Potencial de Acidez (kg/t $CaCO_3$)

Fuente: Ing. Geotecnica de Presa de Relaves Nieve Ucro II.

Estos resultados muestran que el relave puede ser considerado generador de acidez. Este hecho refuerza la alternativa de la disposición subacuática, como la mejor opción para garantizar la estabilidad química de los relaves.

Los resultados para 8 metales de un ensayo de SPLP, se muestran en el siguiente cuadro:

CUADRO N° 5.13 Análisis del ensayo SPLP

Parámetro	Unidad	Valor
As	Ppm	4,2
Ba	Ppm	< 0,01
Cd	Ppm	< 0,01
Cr	Ppm	< 0,01
Hg	Ppm	< 0,001
Ag	Ppm	< 0,01
Pb	Ppm	2,56
Se	Ppm	< 0,002

Fuente: Ing. Geotecnica de Presa de Relaves Nieve Ucro II.

El ensayo SPLP es un ensayo de lixiviación. Como se puede apreciar, los metales que muestran concentraciones apreciables son arsénico y plomo. No

se espera que la lixiviación de estos metales sea un problema durante la operación, pero deberá observarse durante el monitoreo el desarrollo de estos parámetros. Además, deberá tenerse en cuenta estos resultados para el diseño final del cierre del depósito.

CAPITULO VI

DESCRIPCIÓN DE LAS AREAS DE LA UNIDAD

6.1 MEDIO AMBIENTE BIOLOGICO

6.1.1 DESCRIPCIÓN DEL ECOSISTEMA Y DETERMINACIÓN DE ZONAS DE VIDA

En el Estudio Técnico de Línea Base del Sistema de Lagunas de Lauricocha presentado al MEM se señala que en el área de estudio se encuentran, por sus características biogeográficas y según el Mapa Ecológico del Perú (INRENA, 1986), las siguientes Zonas de Vida: NIVAL TROPICAL (NT), ubicada en las partes más altas cubiertas por glaciares; TUNDRA PLUVIAL ALPINO TROPICAL (tp-AT), ubicada debajo de la anterior y donde se ubica las instalaciones de la mina, con precipitaciones anuales entre 500 y 1000 mm y biotemperaturas medias anuales entre 1.5 y 3.0°C y PARAMO PLUVIAL SUBALPINO TROPICAL (pp-SaT) ubicada en las partes más bajas de la zona de estudio que tendría precipitaciones anuales entre 1000 y 2000 mm y biotemperaturas medias anuales entre 3,0 y 6,0°C.

En el camino hacia Raura desde Casha Ucro (3310 m.s.n.m) en la margen derecha de la carretera (en dirección ascendente) llama la atención la ocurrencia desde los 3600 m de un extenso bosque de Polylepis ("queñoales"). En las zonas más bajas se ubican sólo en los refugios que ofrece las partes elevadas de las montañas, pero luego es tan extenso, que llega al borde mismo de la carretera, es decir hasta el borde del río. Este es un bosque mixto de Polylepis, con árboles que muestran regeneración, presenta también árboles de los géneros Gynoxis, Budleia y Escallonia. Este bosque rodea en algunos casos, poblados antiguos y extensos, así como sus respectivas tierras de cultivo aledañas, terminando a 4200 m aproximadamente. En la parte superior la vegetación es principalmente de gramíneas.

6.1.2 ECOSISTEMA TERRESTRE

La zona de estudio se caracteriza por presentar una topografía muy accidentada, teniendo lugares muy altos por encima de los 5500 m.s.n.m (cerro Flor de Loto, Glaciar

Niño Perdido) y los más bajos se encuentran a 4100 m de altitud aproximadamente en la parte norte de la laguna Patarcocha, cerca del pueblo de Antacallanca.

La zona de estudio está conformada por un sistema de lagunas unidas a lo largo de un "valle" de laderas muy escarpadas, casi todas por encima de 40° de pendiente, determinando que la mayor parte del área de las lagunas tengan orillas muy inclinadas. Únicamente en los afluentes que unen las lagunas se presentan lugares más planos, especialmente entre las lagunas Tinquicocha y Chuspi.

La vegetación es más o menos continua en toda el área. Solamente las partes muy altas, por encima de 5000 m.s.n.m o las muy zonas escarpadas se encuentran desprovistas de vegetación. Las zonas más altas están conformadas por grandes masas rocosas y en algunos lugares, especialmente la parte sur, están cubiertos por glaciares (cerro Siete Caballeros, Niño Perdido-Flor de Loto).(Foto 7-1)

En la parte inferior de los hielos se presentan extensas áreas con material coluvial. Toda el área presenta el "pajonal de Puna". Los bofedales son muy escasos debido a las pendientes elevadas. La zona es utilizada para la explotación minera, el pastoreo especialmente de ovinos, vacunos y camélidos y en menor proporción en la agricultura.

A.- Fauna Terrestre

La fauna terrestre silvestre, según encuestas realizadas a los pobladores, está representada en el área de estudio por:

ESPECIE	NOMBRE COMUN
Cavia porcellus	Cuy
Lagidium peruvianum	Vizcacha
Auliscomys sp.	Ratón
Pseudalopex culpaeus**	Zorro andino
Conepatus chinga	Zorrillo
Puma concolor*	Puma
Hippocamelus antisensis*	Taruca

B.- Flora Terrestre

El área estudiada comprende las zonas adyacentes a las lagunas Puyhuancocha, Caballococha, Tinquicocha, Chuspi y Patarcocha. Para realizar el estudio de las características de los organismos vegetales del área se utilizaron transectos de intercepción de punto.. Además se realizó una colecta de especies entre la Mina Raura (Laguna Caballococha) y el afluente de salida de la laguna de Patarcocha para obtener un inventario florístico de la zona. El estudio fue realizado entre los 4600 m (Mina Raura) y los 4100 m de altitud (caño norte de laguna Patarcocha, cerca del pueblo de Antacallanca).

Se ha identificado hasta el momento 106 especies distribuidas en 68 géneros y 37 familias. Las familias con mayor número de géneros y especies son las Poaceaes con 27 especies y las Asteraceas con 25 especies. El resto de familias presentaron entre una y cuatro especies. Hasta el momento se han encontrado cuatro especies endémicas a los Andes del Perú, todas perteneciente a la familia Poaceae: Agrostis glomerata, Calamagrostis densiflora, Dissanthelium laxifolium y Stipa macbridei.

En lo referente a la configuración de las comunidades vegetales del área de estudio, fue el pajonal de puna la comunidad vegetal dominante. Sin embargo, ésta presentó variaciones debido a los diferentes sustratos y variada microtopografía.

El Pajonal de puna se presentó en zonas con abundante rocas y piedras, en laderas uniformes con suelos profundos y en muy pocos casos en suelos parcialmente inundados.

En general, el estado de conservación de la vegetación es bueno. Los alrededores de las lagunas de Tinquicocha, Chuspi y Patarcocha presentaron una vegetación poco alterada, solamente se pudo notar un pastoreo bajo de ovinos, vacunos y camélidos y en algunas áreas pequeñas cultivos de papa. No existen tampoco especies endémicas en las zonas de estudio.

6.1.3 ECOSISTEMA ACUÁTICO

A simple vista, como representantes de la fauna acuática de vertebrados son evidentes diversas aves en lagunas o arroyos. Sin embargo, entre los componentes menos visibles se asume la existencia de organismos representantes de la microflora y microfauna adaptados a la vida en arroyos, canales, quebradas y lagunas altoandinas, donde la biota sostiene peces nativos llamados "challuas" (Orestias) e introducidos como la "trucha arco iris" (Oncorhynchus mykiss) adaptados en varias lagunas y ambientes lóticos en la zona.

La temperatura ambiental oscila entre los 10 y 17 °C y la del agua entre 8 y 13,5°C. Los valores de pH señalan una condición de ligeramente a moderadamente alcalina, registrándose al valor máximo en el canal de ingreso a Tinquicocha, posiblemente influenciado por el substrato calcáreo y/o los sólidos en suspensión que conducen el curso mencionado. Las cifras de oxígeno disuelto registrados varían de 3,45 mg/l en la Estación 8 (Tinquicocha) a 7,2 mg/l en la Estación 1 (Patarcocha). El valor promedio es 6 mg/l y corresponde a la mayoría, dependiendo a menudo del efecto de los vientos en la zona. Mereciendo un comentario aparte el valor mínimo en Tinquicocha que está relacionado a la fuerte descomposición orgánica observada. La conductividad también es variable, siendo moderada en la mayoría de estaciones y particularmente elevada en el canal de ingreso a la laguna Tinquicocha, el promedio de dos registros fue de 985 µS/cm. Por otra parte, los valores menores se registran en las lagunas Nieve Ucro y Puyhuancocha

A. Fitoplancton

Existe una relación directa entre la composición y riqueza de especies y la distancia a las instalaciones mineras. Mientras que en las lagunas Patarcocha, Chuspi y Tinquicocha se registra una gran riqueza de especies, en las lagunas Nieve Ucro, Caballococha, y Puyhuancocha se aprecia una disminución drástica. Por otro lado, debe notarse que las algas verdes están mejor representadas en Patarcocha, Chuspi y Tinquicocha y están ausentes en las tres lagunas cercanas a la actividad minera.

La abundancia de algas verdes en la Estación 6 laguna Lauricocha se explica por la gran cantidad de materia orgánica en una zona bien iluminada y superficial que recibe el impacto del viento. Otra situación que merece comentar es la abundancia y variedad de las algas que estan presente en todas las estaciones.

B. Zooplancton

El zooplancton, mayormente representado por diferentes especies. En las estaciones 4, 5 y 9 están mejor representados y también asociados a la vegetación sumergida o las masas de algas filamentosas observadas. Por otro lado, debe notarse su ausencia y escasa representación en las lagunas Nieve Ucro, Caballococha, y Puyhuancocha que presentan 1 a 2 especies. Probablemente este registro está relacionado con el aporte de materia orgánica a estos cuerpos de agua.

Un análisis detallado de las muestras determinan 2 grupos de ambientes acuáticos con características biológicas bastantes diferentes. Un primer grupo, conformado por las lagunas Patarcocha y Chuspi con sus respectivos afluentes (estaciones 01 al 04), en donde la composición bentónica de los organismos es característica de ecosistemas acuáticos alto-andinos en estado natural. Estos ambientes reportan una mayor diversidad de organismos; incluso se evidencia la presencia de algunos individuos de taxas indicadoras de aguas limpias, como es el caso de los "tricópteros" y "efemerópteros".

El otro grupo esta conformado por ambientes acuáticos con alteraciones que van desde moderadas hasta graves. La estación 9, que corresponde al delta de los canales provenientes de la Laguna Caballococha, las comunidades de organismos bentónicos prácticamente no existen. Esto se relaciona con los datos fisico-químicos obtenidos del agua, con valores elevados de pH (10,85) y conductividad (1085 µS/cm). Un ambiente acuático algo menos afectado es la Laguna Tinquicocha, cuyas estaciones muestreadas se caracterizan por presentar una baja diversidad de especies (8) así como una menor abundancia de organismos si se compara con las lagunas Patarcocha y Chuspi. Otras lagunas como Nieve Ucro, Caballococha y Puyhuancocha, en general, presentan también una pobre diversidad aproximadamente 3 especies cada uno.

c. Peces

Dos especies de peces representan la ictiofauna en la zona de estudio, una especie nativa "chalhuas" (Orestias hardini) de pequeño porte perteneciente a la familia Cyprinodontidae y otra especie introducida trucha arco iris (Oncorrhynchus mykiss) adaptada a las lagunas Tinquicocha, Chuspi, Patarcocha hasta Lauricocha.

Cabe destacar una observación que indica la resistencia de Orestias a elevados valores de pH (10,8) y alta conductividad (995 µS/cm). Se puede capturar ejemplares en el canal proveniente de Nieve Ucro a Tinquicocha (Estación 9). No hay registro de peces en las lagunas Nieve Ucro, Caballococha y Puyhuancocha, debido posiblemente a los factores limnológicos antes mencionados en el caso de Puyhuancocha y Nieve Ucro y la consecuencia de los relaves depositados en el caso de Caballococha.

Existe vida acuática muy variada en las lagunas y ambientes de agua corriente que las conecta. Las diferencias en calidad y cantidad de organismos, pertenecientes a diferentes comunidades están relacionadas con la proximidad a la actividad minera.

El mayor número de especies, comunidades y número de individuos, propios de aguas en buen estado, se registran en Patarcocha, Chuspi y Tinquicocha, en ese orden. Sin embargo, el fitoplancton está fuertemente representado en Tinquicocha con organismos que se relacionan con vegetación sumergida y mayor carga orgánica. En cuanto al zooplancton, éste se encuentra en mayor diversidad y número de individuos en Tinquicocha, igualmente asociado a la vegetación sumergida y mayor actividad orgánica; lo contrario ocurre en la laguna Nieve Ucro y Caballococha donde se registra ausencia y rara presencia.

Existen peces, nativos e introducidos en las lagunas Patarcocha, Chuspi y Tinquicocha; pero, probablemente las condiciones de bienestar son mejores en Patarcocha y Chuspi debido a que en esas lagunas se observa mayor presencia. Por otra parte, las comunidades acuáticas son restringidas en las lagunas Nieve Ucro, Caballococha y Puyhuancocha; en el caso de Caballococha debido al contacto con los relaves y la alteración de los parámetros físico-químicos adecuados para los macro invertebrados y vertebrados. En el caso de Puyhuancocha y Nieve Ucro la vida acuática está

escasamente representada debido a factores limnológicos y se ve favorecida por el aporte de materia orgánica de la población vecina y esta basada en organismos de plancton y bentos típicos de ambientes contaminados con elevada carga orgánica.

6.2 MEDIO AMBIENTE SOCIO-ECONOMICO

La zona está escasamente poblada. La ciudad más grande en el camino de Lima hacia las instalaciones es la villa de Churín, ubicada a 76 km de Raura.

El pueblo más cercano en el camino de acceso en la vertiente del Pacífico es Quichas ubicado a 19 km. El censo de 1993 determinó una población de 480 habitantes, con el 46% de los pobladores entre 15 a 64 años de edad. El analfabetismo es de 25% y el desempleo es del 9%. El promedio de hijos por mujer es 7, valor normal para la zona. Las casas no cuentan con abastecimiento de agua ni servicios higiénicos, pero el 87% de las casas cuentan con alumbrado eléctrico.

El pueblo de Raura Chica se encuentra en el sector norte de la Laguna Caballococha, dentro del área de propiedad de Raura. En el censo de 1993 (INEI, 1993) se ha integrado al campamento de Raura, los datos muestran que el campamento de Raura junto con Raura Chica contaba con 2280 pobladores, de los cuales la mayor parte se encuentra en el grupo de edad de 15 a 64 años.
El analfabetismo es de 8 %, relativamente bajo para la zona. Asimismo existe un bajo desempleo, siendo la gran mayoría de los pobladores trabajadores de la mina o trabajan en servicios para la misma. Con un promedio de 7 hijos por mujer, muestra aun los problemas de zonas apartadas rurales.

En cuanto a los servicios básicos, se cuenta con los caminos de accesos de la mina y las viviendas cuentan con abastecimiento de agua y alumbrado eléctrico.

La unidad agropecuaria de Antacallanca está ubicada aguas abajo de Patarcocha a una distancia de 7 km de Raura y se comunica mediante un camino de herradura y a caballo toma unas 3 horas. Antacallanca cuenta con un colegio que alberga 60 alumnos. Este es el único servicio con el que cuenta, las casas no poseen abastecimiento de agua potable, ni alumbrado eléctrico, ni desagüe.

Cuentan con una posta médica. Los pobladores de Antacallanca se dedican a la agricultura y ganadería. Los únicos cultivos presentes en la zona son papa y otros tipos de tubérculos.

La agricultura que se desarrolla en la zona es estacional, se realiza en las laderas escarpadas de los cerros aprovechando las lluvias. No se utiliza el agua de las lagunas para el riego de cultivo. La pesca es una actividad ocasional de los habitantes, la pesca de truchas se realiza en la laguna Chuspi y las otras lagunas aguas abajo.

6.3 TOPOGRAFIA

La topografía del terreno es el factor dominante en la selección del lugar. El lugar o sitio de depósito debe tener una capacidad de almacenamiento máxima, dentro de los límites del volumen de almacenamiento requerido.

Esto usualmente nos involucra a identificar valles naturales, quebradas o hoyadas como es nuestro caso, u otras depresiones topográficas en lugares disponibles y trazar esquemas de presas y vasos para cada sitio potencial.

En el caso particular de este estudio, la topografía de la zona es sumamente accidentada, característica de los andes peruanos. La unidad minera se ubica en la naciente de la cuenca de Lauricocha. Se trata de un valle en forma de V, con laderas ligeramente empinadas y en general poco estables, cortadas por cerros o quebradas de fuerte pendiente. Las áreas planas o de pendiente moderada son sumamente escasas en la zona, por lo que las zonas para almacenar relaves son escasas, salvo el área de Nieve Ucro, que es una hoyada que se gano para este objetivo.

***Foto 6-1**: VISTA PANORAMICA DEL CAMPAMENTO DE CIA. MINERA RAURA S.A.*

Considerando la estabilidad, riesgo y factores económicos, las presas de alturas moderadas usualmente ofrecen depósitos óptimos, mientras que las presas muy altas siempre tienen problemas de diseño y construcción.

De otro lado, depósitos muy superficiales y grandes, pueden dar un excesivo flujo de aguas subterráneas, afectación de la tierra y problemas colaterales.

Las áreas que desembocan en las lagunas ya sean de Santa Ana, Caballococha, Niño Perdido, y otros, tiene por otro lado pendientes elevadas entre 30° y 40° que generan torrentes y aludes de mediana magnitud durante las épocas de lluvia; hay que tener en cuenta que el área de Nieve Ucro es una hoyada con áreas circundantes ligeramente o de baja pendiente.

La topografía de la zona de ubicación del deposito de relaves de Nieve Ucro es ligeramente ondulada, con suaves pendientes y abundantes lagunas (5 Km a la redonda), resaltándose la presencia de glaciares que superan los 5 000 m.s.n.m.

La topografía varía entre 4500 a 5200msnm. Las cumbres están cubiertas por nieve permanente y debido al fenómeno de desglaciación se han formado lagunas escalonadas y depósitos morrénicos. COLOCAR FOTO DE NEVADO-GLACIAR.

6.4 FISIOGRAFÍA

El emplazamiento minero se encuentra enclavado en una zona montañosa, en un circo glaciar que corresponde a la subcuenca del río Marañón. Los glaciares se encuentran confinados en las partes altas bajo la forma de lenguas de retroceso en las diversas circas y en los casquetes que cubren los picos terminales. Los caracteres típicos de la acción del hielo se ven reflejados en la topografía actual. En las partes bajas existen extensos depósitos de morrenas.

El relieve de la zona es extremadamente abrupto y accidentado con grandes escarpados y fuertes pendientes del orden de 50 a 60°. En las zonas existen terrazas ligeramente onduladas ubicadas en desniveles importantes de aproximadamente 50 a 100 m. Las áreas planas están ocupadas en su mayor parte por lagunas, las cuales exhiben en sus orillas los frentes de retroceso de los glaciares.

La cordillera de Raura forma parte de la divisoria de aguas entre los ríos de la vertiente del Pacífico y la cuenca del río Amazonas.

Las profundidades de la laguna de Caballococha esta formada por rocas caliza de baja permeabilidad lo que indica poca filtración de agua y nula acidez del agua.

El deposito de relaves de Nieve Ucro está constituido por una depresión natural, la que es estancada desde la cota 4 529 a la cota 4 553 y desde la cota 4 553 a la cota 4 600 y es confinada por los flancos Noreste y Sureste y la parte interior dejando una garganta de 130 m de luz que fácilmente pudo ser cubierta con el dique que se construyo para la segunda etapa de este proyecto.

6.5 GEOLOGIA

Los factores geológicos influyen en las condiciones de cimentación de la presa, los rangos del potencial de flujo de agua subterránea y la disponibilidad de relleno.

Fundaciones blandas pueden limitar el crecimiento de la presa por la inadecuada disipación de presión de poros.

De otro lado el flujo de agua subterráneo en el depósito es con frecuencia controlado por la permeabilidad de las formaciones subyacentes naturales de suelos y rocas.

En el caso del depósito de Nieve Ucro II las paredes del vaso de este así como la base de apoyo del material morrénico están constituidas por rocas calizas altamente cementadas sin aparente fracturamiento cuya capacidad portante es del orden de 1 250 kg/cm2.

La permeabilidad del suelo morrénico es del orden de 10-2 cm/seg; las rocas que encierran el vaso son de bajísima permeabilidad y puede considerarse que esta es nula comparada con la permeabilidad del relave o del suelo morrénico.

En el caso de la laguna Caballococha esta tiene aproximadamente 1.2 Km de longitud, un ancho máximo de 400 m y una profundidad máxima de 22 m. Caballococha tiene un perímetro de 2,906 m, un área superficial de 316,944 m2 y un volumen de 3,46 millones de metros cúbicos.

Existe un área relativamente plana hacía el extremo Norte de la laguna, con más de 20 m de profundidad y un radio de aproximadamente 100 m. Los bordes dé esta área plana se elevan con una fuerte pendiente hacia el Norte, y en los lados Este y Oeste particularmente. El área Sur de la zona plana se eleva gradualmente en la dirección de la descarga de los relaves, observándose una depresión central a lo largo de la laguna.

La orilla Suroeste de la laguna fue alterada por la disposición de los relaves (Foto 7-6) habiendo estos rellenado una porción de la misma que abarca aproximadamente 87,200 m2 de área superficial, reduciendo el ancho de la laguna en este sector, de los 600 m originales a sólo 300 m.

6.6 SISMICIDAD

De acuerdo a la clasificación del IGP (Instituto Geofísico del Perú), la zona de Raura esta ubicada en una zona de “Sismicidad Media”. Hay una fuente sismogénica principal que podría tener alguna influencia en la zona de Raura.

Para el periodo 1906-1963 existen registros instrumentales, pero no de mucha confiabilidad en lo que respecta a su localización, magnitud y profundidad del hipocentro, por lo que pueden ser considerados también como registros históricos.

Sólo desde 1963 se cuenta en el Perú con registros instrumentales de eventos sísmicos de confiabilidad suficiente como para efectuar análisis estadísticos y probabílisticos.

De la historia sísmica revisada para los siglos pasados (1513-1899) (Silgado,1978), no hay información específica para la zona de estudio; sin embargo, debe haber sido afectada en cierto grado por algunos sismos que han ocurrido en el territorio Peruano; entre éstos se puede mencionar como uno de los más importantes, el terremoto del 28 de Octubre de 1746, que destruyó totalmente Lima, probablemente afectó a la zona del proyecto, éste sismo fue uno de los más grandes que hayan sacudido el centro del borde oriental del Continente; fue sentido desde Guayaquil hasta Tacna y, por el Este, hasta el valle del Huallaga y también Cusco.

6.7 CLIMA Y METEREOLOGIA

Al igual que en el resto de los andes peruanos, existen épocas de lluvias que se extienden de Noviembre y/o Diciembre a Marzo y/o Abril, seguida de una época de relativa sequía entre los meses de Abril a Octubre. El clima es frígido, con temperaturas medias del orden de 10°C.

La zona del proyecto se ubica en un clima de tundra seca de alta montaña, según la clasificación para el Perú propuesta por Schroeder.

La zona se caracteriza por una marcada diferencia en el régimen de precipitaciones a lo largo del año, con una temporada de lluvias entre los meses de octubre y abril, seguida de una época de estiaje de mayo a setiembre.
La temperatura de Raura varía en los meses de estiaje de un máximo de 12 °C a un mínimo de -10 °C, siendo la temperatura promedio de 7 °C. Durante la época de lluvias el valor promedio es de 10 °C con un máximo de 14 °C y un mínimo de 0 °C.

No existe ninguna estación meteorológica en las cercanías de la unidad minera.

6.8 HIDROLOGIA

Un factor muy relacionado a la topografía es la hidrología de la superficie-agua.

Las instalaciones de la CMRSA se ubican en una cuenca naciente de la vertiente oriental, perteneciendo a la gran cuenca del río Marañón. La configuración morfológica es típica de una zona de desglaciación, formándose lagunas con diques de naturaleza morrénica o rocosa.

La cuenca se inicia con pequeñas lagunas ubicadas al pie de los glaciares de la cordillera Flor de Loto, cerro Caudalosa y cerro Puyhuancocha, siendo las principales lagunas Puyhuancocha, Niñococha, Santa Ana, Caballococha, Nieve Ucro, Tinquicocha, Chuspi, Patarcocha y Lauricocha.

Si vemos la Figura notamos que desde la laguna de Locacocha hasta la laguna de Tinquicocha pasando por las lagunas de Caballococha, Nieve Ucro existen marcadas diferencias de nivel lo cual influye notoriamente en el escurrimiento de las aguas tanto superficiales como subterráneas, ya que existe desplazamiento de las aguas.

Las aguas de la laguna Santa Ana drenan hacia la laguna de Caballococha y parte se infiltra hacia la Laguna Tinquicocha. Las aguas de la laguna Puyhuancocha drenan internamente hacia las lagunas de Nieve Ucro y Tinquicocha. Las aguas de la laguna Caballococha, drenan por rebose a la laguna Tinquicocha, a través de un túnel. La laguna Tinquicocha es el receptor natural de las lagunas Puyhuancocha, Santa Ana, Caballococha y Nieve Ucro.

Los ríos de la cuenca de Lauricocha tienen fuerte pendiente, razón por la cual acarrean gran cantidad de material grueso y sedimentos durante la época de lluvia.

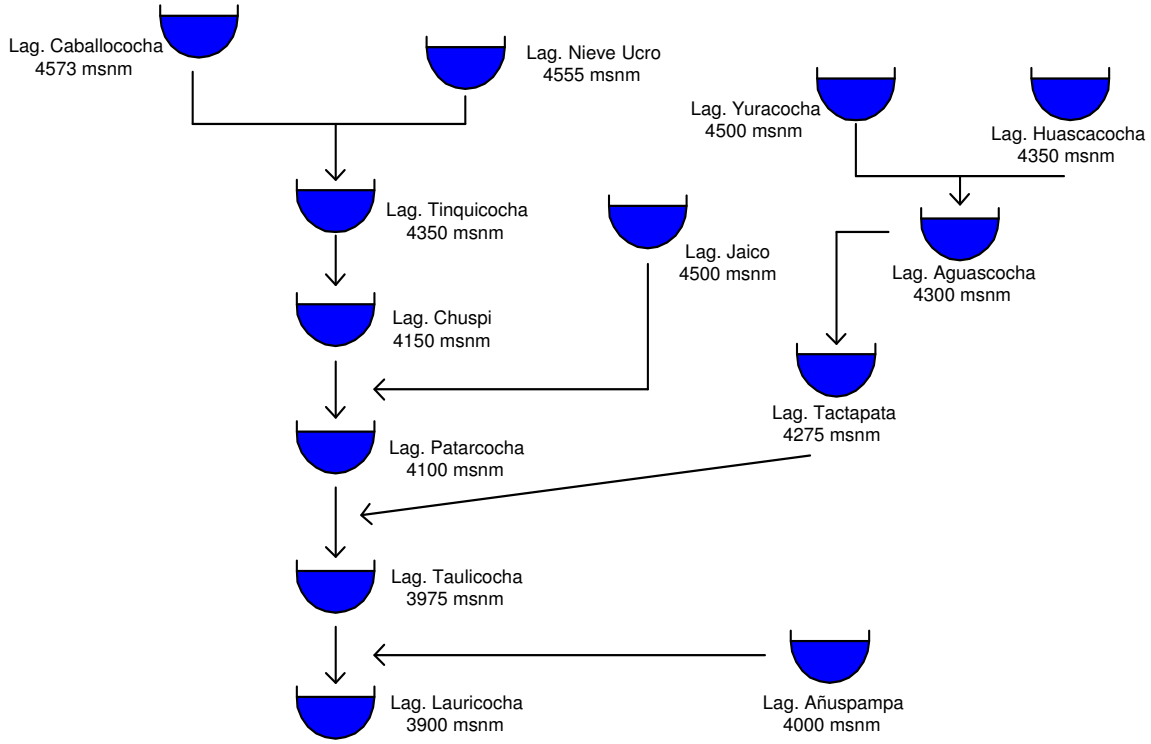
Foto 6-2: MAPA HIDROLOGICO DE LA CUENCA DE LAURICOCHA

Las principales consideraciones hidrogeológicas de la laguna Caballococha, son las siguientes:

- El vaso de la laguna está constituido por roca caliza, ligeramente fracturada y de baja permeabilidad. De acuerdo a las características morfológicas del borde de la laguna, no existen evidencias que el nivel de la laguna haya tenido variaciones importantes.

- Inicialmente la cuenca de la laguna Caballococha era pequeña de aproximadamente 1.51km^2. Actualmente el área de la cuenca es 9.48km^2 .Este incremento de la cuenca se debe a la conexión de las lagunas Santa Ana y Caballococha mediante un túnel. (Foto 7-8). Solamente durante la época de lluvia el agua pasa a través de este túnel y durante la época de estiaje probablemente el agua se filtre a través de los túneles de las labores mineras y salga por la bocamina Tinquicocha.

- ESQUEMA DE LAS LAGUNAS DE LA CUENCA DE LAURICOCHA



- La cuenca de influencia de la laguna, mantiene un nivel de agua controlado por un túnel de descarga, ubicado en el extremo NE de la laguna Caballococha. Este túnel conduce las aguas de desborde de Caballococha hacia la laguna Tinquicocha. Antes de la construcción del túnel, la descarga natural estaba controlada por el borde mas bajo, ubicado al Este de la laguna (lugar donde actualmente se encuentra el muro de mampostería).

- Al ser utilizada esta laguna como depósito de relaves, es de esperarse que el desborde natural del agua hacia la laguna Tinquicocha continúe.

- No existe ninguna indicación de presencia de hielo glacial dentro del vaso en tiempos recientes.

- De acuerdo a los resultados de los sondajes realizados en el área, no existen evidencias de filtraciones desde la laguna Puyhuancocha hacia la laguna Caballococha. Las filtraciones desde la laguna Caballococha hacia las lagunas Nieve Ucro y Tinquicocha no son significantes. No se observa influencia importante de drenaje.

6.8.1 AGUA SUBTERRÁNEA

Las condiciones de agua subterránea, también jugarán un rol importante en la localización de los depósitos.

La presencia de un alto nivel de agua subterránea y la saturación del suelo, limitará la cantidad de relleno seco disponible para la construcción del dique o en todo caso en la construcción de la presa.

Para el caso del depósito de Nieve Ucro se realizaron perforaciones en el fondo del vaso, no encontrándose agua subterránea, lo que indica que esta se filtraba por las fisuras de las rocas, pero esta no pudo ser cuantificada.

6.9 CALIDAD DE AGUA

Los diferentes programas de monitoreo que se llevan acabo en la Unidad Minera, permiten determinar la calidad de los efluentes de la CIA Minera; estos monitoreos permiten analizar detalladamente las concentraciones de los elementos metálicos disueltos presente en el agua.

Para efectos del presente estudio, es muy importante la calidad de agua de la laguna de Caballococha, pues en esta se dispone actualmente los relaves en forma subacuatica. Por lo que tanto la Laguna de Caballococha como el río Lauricocha serán el medio receptor que recibirán los mayores impactos de los efluentes tanto de la laguna de Caballococha como de Nieve Ucro II.

De acuerdo a los estudios que se realizaron para el Programa de Adecuación del Manejo Ambiental (PAMA) que fue presentado en el 1996 al MEM con una inversión de $ 1 780,000.00 dólares, siendo aprobado este el mismo año por el organismo competente e informes complementarios, las aguas tanto de la laguna Caballococha, como las del río de Lauricocha en menor medida fueron afectadas por la actividad minera que se desarrolla en la naciente de la cuenca. El área de la laguna es de 32,75 ha y la profundidad máxima es de 22 m. El volumen de Caballococha es de 3 579 762 m^3. La Laguna Caballococha recibe el rebose de la laguna Santa Ana y descarga a Tinquicocha mediante un túnel. El nivel de la laguna es de 4 573 m.s.n.m. El agua de esta laguna se utiliza industrialmente para abastecer en parte las necesidades de la planta concentradora.

Foto 6-3: LAGUNA DE CABALLOCOCHA

La laguna Caballococha se encuentra impactada ya que ha recibido relaves durante 36 años y porque recibía los efluentes de la planta. El relave fue depositado en el pasado en forma subaérea quedando expuesto a oxidación y lixiviación de los metales. Raura en el marco del PAMA se ha comprometido a repulpar estos relaves y enviar parte de ellos a la cancha de relaves de Nieve Ucro II y una parte se repulpa como relleno hidráulico de mina.

Durante la realización de los estudios necesarios para el PAMA (Raura, 1996) se realizó un estudio hidrobiológico de la laguna y no se encontró ningún tipo de organismo animal en los litorales, Caballococha es actualmente una laguna muerta (7).

En el marco del Estudio de Prefactibilidad de Disposición de Relaves en Caballococha (Klohn Crippen, 1996) se realizó un monitoreo de la Laguna Caballococha. Los valores

de pH encontrados fueron muy altos, todos cerca de un valor de 10 y altos valores de iones sulfato (alrededor de 300 mg/l.

Los metales pesados que se encuentran sobre límites determinados por la Ley General de Aguas son el cromo +6 y el plomo.

Las concentraciones de cromo encontradas en 1996 se encuentran entre 0,609 y 0,637 mg/l. Estos valores no cumplían con los límites de la LGA para Uso I (abastecimiento de agua potable) y Uso VI (vida acuática), pero sí con los límites para Uso III (regadío o ganado). Debe hacerse la aclaración que la LGA no distingue entre Cr(III) y Cr(VI).

Los monitoreos efectuados por Raura en la actualidad muestran que los valores de pH muestran una mejoría y se encuentran en el rango ligeramente básico entre 7 y 8,8. Por lo demás los valores de metales pesados están por debajo de su límite de detección (el cual no se señala) y en concentraciones que cumplen con todos los Usos de la LGA.

Se tomaron muestras de la laguna, parte sur y de la estación de monitoreo E-3, correspondiente al punto de monitoreo de Raura. Los valores de la salida de la Laguna Caballococha muestra un valor de pH de 8, la concentración de plomo cumplen con los Usos I y III de la LGA. La concentración de Cr es de 0,217 mg/l y cumple con el límite de Uso III.

La concentración de cromo es más elevada que la concentración natural observada en otras lagunas no impactadas. Los valores obtenidos en la muestra de la propia laguna son iguales dentro del margen error a los obtenidos en la estación de monitoreo E-3.

Se puede concluir que la Laguna Caballococha es una laguna impactada por la actividad minera, siendo los metales de preocupación el cromo y el plomo.

Los resultados de los análisis tomadas en el año 96 muestran que las aguas de la Laguna de Caballococha, tenia un alto grado de contaminación por cromo y otros metales, además de una marcada turbiedad inusual. La mayor concentración de Cr se presentaba inmediatamente después de la disposición de los relaves.

Dichos resultados indicaban que las aguas de la laguna Caballococha estaban severamente contaminadas por Cr y que el curso de la desembocadura de la laguna trasladaba progresivamente esta contaminación hacia la cuenca del río Lauricocha. La calidad de agua exhibida por esta laguna que aún no se puede remediar pese a los esfuerzos de la Compañia hace difícil la vida acuática y no es extraño por ello notar ausencia de organismos vivos en su seno.

6.9.1 TRATAMIENTO DEL EXCESO DEL CROMO (VI)

De acuerdo a los estudios realizados referentes al cromo (9) este es un elemento blanco azuloso, muy duro. Pertenece al grupo VI de los elementos de transición y sus valencias son +2, +3, +6.

El cromo hexavalente, Cr6+, es más tóxico que el trivalente, Cr3+. Este último se encuentra en la cromita pero al entrar en contacto con el oxígeno del aire, se oxida convirtiéndose en Cr6+.

El cromo forma compuestos ácidos de cromo y sales de cromo.

Estado de oxidación		Compuesto
+6	CrO_3, CrO_4^{--}, $Cr_2O_7^{---}$	Trióxido de Cromo
		Ión cromato
		Ión dicromato
+3	Cr_2O_3, Cr^{+++}	Óxido crómico
		Ión crómico
+2	Cr^{+++}	Ión crómico
0	Cr^6	Cromo metálico

EFECTOS

1. Efectos en el ambiente abiótico. En los lugares cercanos a las industrias que trabajan con compuestos de cromo, se ha observado que los polvos de deshecho en el proceso de fabricación de cromatos así como los polvos de las chimeneas producen corrosión en la pintura de casas, automóviles, etc.

2. Efectos en los seres vivos. Los compuestos de cromo pueden ingresar al organismo humano por exposición accidental. Los efectos se presentan en el cuadro 10.3.

INTOXICACIÓN AGUDA POR INGESTIÓN DE DICROMATO DE POTASIO

Efectos
Daño gastrointestinal Insuficiencia hepato- renal Lesiones nasales, cutáneas, hepáticas y renales.

Cuando los compuestos de cromo se ingieren por largo tiempo causan irritaciones, úlceras, hepatitis, etc.

INTOXICACIÓN CRÓNICA POR INGESTIÓN
DE COMPUESTOS DE CROMO

Efectos
Irritación gastrointestinal Úlcera gastrointestinal Hepatitis Nefritis

Erosión y color amarillo de los dientes

INTOXICACIÓN CRÓNICA POR COMPUESTOS DE CROMO,
EFECTOS SOBRE LA PIEL

Efectos
Dermatitis Llagas en piernas y glúteos Úlcera de dedos, uñas y articulaciones

Las sales de cromo son reconocidos cancerígenos de pulmón, cavidad nasal y seno paranasal. Las úlceras del tabique nasal evolucionan lentamente, forman una costra y dejan como secuela una cicatriz sobre la membrana mucosa. Si la exposición continúa, la perforación puede producir deformación de la nariz.

TIPOS DE EXPOSICIÓN

1. Exposición ocupacional. Incluye a las personas que trabajan en minas de las que se extrae este elemento y en industrias y fábricas que lo procesan.
2. Exposición ambiental. Incluye a los organismos que viven cerca de las industrias, a los que viven en ecosistemas acuáticos y terrestres en donde se desechan compuestos de cromo y también a los que ingieren el cromo hexavelente a través de alimentos y agua contaminada.

El bicromato de sodio se agrega en el circuito de separación cobre-plomo como reactivo depresor de plomo. Por las características del proceso, el cromo se encuentra tanto en el relave del separador de Cu-Pb, así como en la cabeza. Es decir tanto los reboses de los espesadores de plomo como el de los espesadores de cobre y los relaves contienen cromo.

El rebose del espesador de plomo constituye la mayor fuente de cromo disuelto, la concentración puede encontrarse entre 20 a 60 ppm. Antiguamente se enviaba el rebose del espesador de plomo conjuntamente con los relaves a la laguna de Caballococha y posteriormente a los depósitos de Nieve Ucro I y II respectivamente. Esta práctica conllevaba a altas concentraciones de cromo en el agua de relave.

Desde mayo del 2000 se ha implementado un sistema de tratamiento para el rebose del espesador de plomo. Actualmente se ha implementado ya el sistema para el rebose del espesador de cobre. El sistema consiste en utilizar el agua del rebose de los espesadores de plomo y cobre en la remolienda. El cromo (VI) disuelto reacciona con la pirita del mineral, el cromo es reducido a cromo (III), el cual es insoluble y es adsorbido por los sólidos de la pulpa. La concentración de cromo disuelto en el agua que sale del proceso de remolienda es menor a 1 ppm. Este proceso es denominado “Método Raura” por la compañía.
Durante la realización del estudio se tomó una muestra del agua de la pulpa salida de la remolienda. Cabe señalar que para ese entonces sólo se había implementado el sistema para el agua de rebose de plomo. El resultado de esta solución arroja una concentración de cromo (VI) de 0,130 ppm. Mediante este tratamiento se ha logrado reducir la concentración de cromo (VI) en el agua de relave que se deposita en Nieve Ucro. La segunda fase del tratamiento debe reducir aun más la concentración final de cromo.

En los años recientes se modifico la dosificación de reactivos de flotación, introduciendo el uso de carboximetil celulosa, que condujo a la disminución de la dosis de bicromato de sodio, y la consiguiente reducción de cromo en el efluente de la flotación.

6.9.2 AGUA SUPERFICIAL

En este caso de manejo de relaves es importante considerar esta variable ambiental, ya que existen cuerpos de agua cercanos como la laguna temporal de Nieve Ucro, así como la laguna de Caballococha, Tinquicocha, y la cuenca de Lauricocha aguas abajo, así como riachuelos que existen en el área de influencia originados principalmente por la precipitación de la zona y los deshielos; estos cuerpos de agua tienen conexión entre sí debido a la pendiente de la zona.

COMPAÑÍA MINERA RAURA S.A.
DEPARTAMENTO DE MEDIO AMBIENTE

INSPECTORATE

FECHA DE MONITOREO: 05 DE AGOSTO DE 2005
INFORME N° 83435L/05-MA
MONITOREO DE LA PRIMERA FISCALIZACION DELAS NORMAS DE PROTECCION Y CONSERVACION

ESTACIONES	TSS	Zn*	Zn**	Pb*	Pb**	Cu*	Cu**	Cr*	C. Totales	C. Fecales
	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	NMP/100ml	NMP/100ml
E-2	6.0	0.244		0.025		0.025		0.050	110	2
E-3	5.0	0.755		0.025		0.025		0.050	80	2
E-4	12.0	0.170	1.202	0.025	0.291	0.025	2.290			
E-4A	6.00	0.929	0.169	0.377	0.025	0.047	0.025	0.050		
E-5	5	0.426	0.202	0.025	0.025	0.025	0.025	0.050	23	2
E-6	5		0.043		0.025		0.025			
E-9	15.2		0.020		0.025		0.025			
E-19	28.8		0.362		0.025		0.025			
E-20	79.6		0.232		0.025		0.025			
E-21	5.0	0.064	0.060	0.026	0.025	0.025	0.025	0.050		
LMP	RM Nº 011-96 EM/VMM, Anex 2*	3	3	0.4	0.400	1	1..0			
	LGA - ClaseIII	25	25	0.1	0.1	0.5	0.5	1		
	LGA - Clase VI			0.030	0.030			0.05		

(*) Analisis por metales totales (**) Analisis por metales disueltos

- ***Calidad de Agua Superficial***

Esta variable es importante en el manejo de relaves, como se señalo líneas arriba el agua existente en la zona es producto principalmente de las lluvias y

deshielos. En el caso del depósito de relaves de Nieve Ucro II, el cuerpo de agua más cercano a este depósito es la laguna temporal de Nieve Ucro, que se encuentra al Este y de la cual se toman muestras así como también de diferentes puntos para realizar los respectivos análisis, estos puntos de monitoreo en la actualidad son 21 incluido la cuenca así como el de las aguas servidas de la compañía, estas muestras se envían periódicamente al Laboratorio INSPECTORATE, laboratorio autorizado por el Ministerio De Energía y Minas para el respectivo análisis y tomar las medidas correctivas, análisis también que nos sirve para reportar los informes mensuales al MEM.

A continuación se muestra el cuadro de los análisis realizados a lo largo del 2005 por los fiscalizadores externos enviados por el MEM, haciendo un comparativo con la LGA y la RM #011-96-EM/VMMM:

COMPAÑÍA MINERA RAURA S.A.
DEPARTAMENTO DE MEDIO AMBIENTE

INSPECTORATE

FECHA DE MONITOREO: 15 DE DICIEMBRE DE 2005
INFORME N° 126119/05-MA
MONITOREO DE LA SEGUNDA FISCALIZACION DELAS NORMAS DE PROTECCION Y CONSERVACION DEL AMBIENTE

ESTACIONES	TSS	Zn*	Zn**	Pb*	Pb**	Cu*	Cu**	Cr*	C. Totales	C. Fecales
	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	NMP/100ml	NMP/100ml
E-2	34.4	0.491		0.396		0.081		0.050	2	2
E-3	5.0	0.250		0.077		0.025		0.050		
E-4	19.6		0.396		0.060		0.025		8	
E-4A		1.332		0.808		0.126		0.050		
E-5	5	0.322		0.035		0.025		0.050	23	
E-6	5	0.073	0.040	0.025	0.025	0.025	0.025	0.05		
E-9	8.8	1.216	0.137	0.106	0.068	0.025	0.025	0.050		
E-20	152.5	0.201	0.026	0.111	0.025	0.025	0.025	0.050		
E-21	5.0	0.154	0.085	0.033	0.033	0.025	0.025	0.050	0.049	
RM Nº 011-96 EM/VMM, Anex 2*	50	3	3	0.4	0.400	1	1			
LGA - ClaseIII		25	25	0.1	0.1	0.5	0.5	1		
LGA - Clase VI				0.030	0.030			0.05		

(*) Analisis por metales totales (**) Analisis por metales disueltos

- **Usos del agua superficial**

Hay que señalar que las aguas de la laguna de Caballococha son de uso industrial en la planta concentradora, mas no así las aguas de la laguna temporal de Nieve Ucro que son de mucho menor volumen, esta agua no tienen uso alguno salvo el de servir al ganado de pastoreo que ocasionalmente pasa por la zona.

En cuanto a las aguas de la laguna de Tinquicocha desde el punto de vista ambiental es el de mayor importancia ya que estas alimentarán la laguna de Lauricocha que se encuentra aguas abajo y posteriormente esta última alimentará y/o acrecentará el cauce del río Marañón.

6.9.3 AGUAS SUBTERRÁNEAS

Por los trabajos realizados tanto en las labores de Tajo abierto, como en los socavones en las labores subterráneas no se han encontrado presencia de aguas subterráneas, lo que se encuentra es agua que se filtra por las paredes de las fisuras de las rocas en poquísima cantidad la cual no ha podido ser cuantificada.

6.10 SUELOS

Los suelos de la zona son en su mayoría, residuales producto de la erosión de los macizos rocosos que conforman las laderas. No existen zonas propicias para la agricultura, aunque sí para la ganadería en forma leve. Las riberas o playas de las lagunas muestran abundante presencia de rocas de gran tamaño.

El suelo de esta zona minera, reporta concentraciones altas de Fe y Pb, la presencia de Pb en estos suelos no ocasiona problemas aguas abajo, ya sea por el arrastre natural.

En el caso del deposito de Nieve Ucro II, así como el de la laguna de Caballococha con las áreas de influencia, el suelo consiste en una delgada capa que sirve para el crecimiento de especies vegetales naturales como pastos, pero que no es de utilidad para el uso agrícola, estos pastos que son vegetación natural son de utilidad ya que evita la erosión del poco suelo existente.

El área superficial de Nieve Ucro está cubierta por material morrénico de origen glacial, los mismos que han sido arrastrados por las lluvias desde el cerro contiguo llamado Cerro Yarupa.

Los suelos de la zona tanto del depósito de Nieve Ucro II como del proyecto de Caballococha son suelos líticos, peñascosos o rocosos con escasa o inexistente cubierta edáfica. El cuadro edáfico está conformado principalmente por suelos medianamente profundos de textura media con un horizonte superficial bastante conspicuo, negro y ácido.

Los suelos en la zona poseen un potencial agrícola muy limitado debido a las rigurosas condiciones climáticas y limitaciones físicas del terreno, quedando limitado su uso a una actividad pecuaria, pastoreo ocasional. Estos suelos no ofrecen condiciones racionales ni económicas para uso con fines agrícolas.

Las partes altas muestran suelos de relieve extremadamente pronunciado, con presencia de superficies desnudas y severamente erosionadas, lo que las hace no aptas para fines agropecuario.

CAPÍTULO VII

DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS DEPOSITOS

7.1 CARACTERISTICAS DE LOS DEPOSITOS DE RELAVES

Los proyectos de los almacenamientos de relaves contemplaron el diseño y construcción de un depósito de relaves en superficie como a nivel subacuatico, en forma segura, ambientalmente correcta, y por un tiempo prolongado de almacenamiento, y en el depósito de Nieve Ucro II se contempla la ampliación de la capacidad de almacenamiento. Ambos proyectos deben cubrir además los siguientes aspectos:

- Un plazo de inicio de las obras y la misma construcción razonablemente corto teniendo en cuenta que el manejo de relaves tienen importancia significativa en las operaciones.
- El costo de construcción debe ser razonablemente bajo teniendo en cuenta la oscilación de la cotización de los metales y la tendencia futura; el diseño debe maximizar la relación del volumen del vaso con respecto al volumen de la presa misma.
- El agua descargada de los depósitos de relaves debe cumplir con los estándares ambientales de calidad establecidos por la normatividad vigente, tanto en concentración de metales como pH y contenido de sólidos en suspensión.
- La presa de relaves de Nieve Ucro II deberá continuar con la clarificación del agua antes de verterla al medio receptor.
- En la construcción de ambas debe (Recrecimiento del deposito de Nieve Ucro II) incluirse un Plan de Contingencias para afrontar eventos extremos tanto naturales como aquellos ocasionados por operación o mantenimiento indebido. Estas contingencias deben considerar la línea de conducción de relaves además de la presa misma.

7.2 ALMACENAMIENTO DE RELAVES

A continuación veremos las dos propuestas que se plantearon, como tenemos conocimiento la creciente preocupación de las compañías mineras por el cumplimiento de la normatividad ambiental, así como el cuidado del Medio Ambiente en el manejo de sus operaciones mineras, constituyen un factor importante a considerar en las siguientes propuestas.

La compañía Minera Raura en cumplimiento al cumplimiento de la normatividad ambiental y de su Programa de Adecuación de Manejo Ambiental (PAMA), con el objeto de no seguir degradando su entorno ambiental en relación a su manejo de relaves, se vio en la necesidad de estudiar tres iniciativas:

- Repulpado de relaves depositados en la orilla de la laguna Caballococha hacia la mina, para labores de sostenimiento.
- Deposición de relaves en Nieve Ucro II (Recrecimiento del depósito).
- Deposición Subacuatica de relaves en la laguna de Caballococha.

En la presente tesis, ve los manejos de relaves que se hacen tanto en la depresión natural de Nieve Ucro, así como el que se realizaría en las profundidades de la laguna de Caballococha, este estudio antes que nada estudia ambas propuestas desde el ámbito ambiental, así como prever algunos impactos ambientales en el manejo de los relaves, así como el funcionamiento de ambos depósitos, como el manejo luego de culminadas ambos depósitos.

Foto 7-1: LAGUNA CABALLOCOCHA Y EN EL AREA ADYACENTE SE ENCUENTRA LA RELAVERA NIEVE UCRO II

7.3 DISPOSICION DE RELAVES: NIEVE UCRO

Este depósito ubicado en una depresión natural, almaceno los relaves en dos etapas, en la primera etapa sin dique de contención, y la segunda etapa con la construcción de un dique de contención y demás obras civiles complementarias.

Los relaves están siendo almacenados eventualmente en la actualidad en esta depresión, cancha de relaves de Nieve Ucro a través de tres tuberías de HDPE, estas tuberías tienen un diámetro de 6", anclados en block de concreto a fin de evitar posibles desplazamientos.

Como al iniciar el almacenamiento en esta depresión, los relaves fueron dispuestos en la cabecera del vaso, los relaves finos (partículas finas) y el espejo de agua se situaron en el espaldon aguas arriba de la presa, por lo que se dispuso de los drenes de decantación y dren de emergencia.

Debió establecerse que las operaciones del depósito mantengan un tirante mínimo entre el espejo de agua y el nivel de pulpas, que no sea menor de 0.60m y así permitir una buena sedimentación de los finos de relaves (2).

Compañía Minera Raura desde el año 1996 hasta el año 2005 deposito sus relaves en esta depresión natural, confinada en todas las direcciones no existiendo por ello un drenaje natural de las aguas, en esta depresión existe pocas cantidades de agua natural que son removidos por evaporación.

El depósito de relaves de Nieve Ucro se encuentra exactamente a 1 860 m. de la Planta Concentradora, siguiendo el diseño de tendido de la tubería de impulsión de relaves, por lo tanto el tendido de la tubería de conducción de relaves tiene la misma extensión. El desnivel entre el punto de partida del bombeo de la Planta Concentradora y la hoyada de Nieve Ucro es de 14.80 m. dando una pendiente natural de 0.8% y siendo el punto de partida la cota de 4 570.80 m. y la cota en el punto de llegada es de 4 563m.

La conducción de relaves se realiza por medio de tuberías HDPE de 6" de diámetro, utilizando para esto dos bombas para realizar el bombeo de este flujo hacia la depresión de Nieve Ucro, se desestimo enviar el flujo de relaves directamente por medio de canaletas de madera ya que como se señala la pendiente es baja y no es muy pronunciada por lo que se obtendría bajas velocidades del flujo y podrían sedimentarse las partículas gruesas por este motivo ocasionando problemas en el manejo de relaves, además seria necesario construir un terraplén para el envío de este encareciendo el proyecto de disposición.

Esta depresión natural que se asemeja a un vaso semicerrado, ya que es abierto en la parte Noreste, existiendo allí (parte Noreste) una abertura en forma de garganta de 130m que fue cerrada para aumentar el volumen de almacenamiento, y la inversión para cerrar esta garganta no fue significativa comparada con otras alternativas, esta garganta para ser cerrada requirió de un dique de concreto, porque esta garganta así lo exigía, ya que no se la pudo hacer de tierra u otro material de mina porque la gran base así lo exigía, una vez realizada el dique la presa incremento su volumen de almacenamiento en forma segura alrededor de 850 000m3 de relave.

Esta depresión natural aseguró un volumen de confinamiento de los relaves del orden de 455 370m3, sin obra civil alguna.

La Compañía Minera Raura tiene una capacidad instalada de 2 600 TM/dia, en la fecha esta tratando un promedio de 2 200 Tm/dia, el 50% de estos relaves es usado como relleno hidráulico.

La ejecución de esta disposición comprendió las siguientes tres etapas:

- ***PRIMERA ETAPA***

  Se procedió a instalar las tuberías de conducción de los relaves, que descargan en el vaso natural que existe en la depresión de Nieve Ucro, terreno este destinado a servir para la disposición de los relaves.

  No fue necesario efectuar la limpieza del material morrénico de la zona destinada para este fin, depositada en el fondo del lugar, ya que esta está depositada sobre roca viva de baja permebealidad. Así mismo en esta etapa se construyeron los canales para aguas de escorrentia y de decantación.

  En esta primera etapa se estimo una vida útil de 2.8 años.

- ***SEGUNDA ETAPA***

  En esta segunda etapa se efectuó la construcción del muro de contención, con lo cual se logró la utilización de toda la capacidad del depósito de relaves de Nieve Ucro.

  Para poner en marcha esta segunda etapa fue necesario la construcción de este muro de contención para lograr aumentar la capacidad del vaso del deposito, el mismo que tiene una longitud de 150m de corona y la máxima altura de este muro será de 8.50m y siendo el ancho de este muro de 1.20m.

  La vida útil de esta etapa fue de 4.2 años.

- ***TERCERA ETAPA***

En esta etapa se efectuará el cierre del depósito de relaves (si no se aprueba la autorización para el recrecimiento), primeramente escurriendo toda el agua remanente ya decantado y posteriormente cubriéndola con una geomembrana, tierra vegetal y su posterior revegetación.

Por lo cual la vida útil de este deposito será de 2.5 años.

Según los estudios efectuados y previstos, esta garantizada la estabilidad física de este deposito de relaves (aun si se autoriza el recrecimiento), ya que se esta utilizando un vaso natural y se han tomado todas las previsiones necesarias para la estabilidad de estos y también para el manejo de aguas y evitar así la contaminación de los cursos de agua. Además, por lo que se observa este deposito esta ubicado lejos de cualquier asentamiento humano, camino o vía de acceso a algún poblado de la zona.

El costo total de este proyecto de depósito de relaves es del orden de US$ 468 884.-, sin considerar la inversión el proyecto de recrecimiento si esta es autorizada por parte del MEM.

Para el diseño final de los depósitos de los relaves, se considero también:

- Tipo de relaves
- Rango de producción
- Vida útil del depósito

Con dichos conocimientos, se efectuaron estimados preliminares del volumen de deposición requerido para la disposición de los relaves.

Los requerimientos de volumen de deposición determinaron la validez de estos dos puntos de disposición tales como Nieve Ucro, así como el de la laguna de Caballococha.

De otro lado, la composición química de los efluentes de mina, puede ser un indicador de los riesgos de contaminación potencial de agua subterránea, y esto pudo tener consecuencias importantes en las decisiones en la implementación de los depósitos de relaves.

Foto 7-2: LAGUNA CABALLOCOCHA Y AL FRENTE SE TIENE LA RELAVERA NIEVE UCRO II

7.4 PRODUCCION Y MANEJO DE RELAVES

La DGM/ MEM mediante la R.D. Nro. 266-97-EM/DGM aprobó el almacenamiento de relaves en la superficie de Nieve Ucro II, hasta una cota de 4475 m.s.n.m. En lo que se

refiere a la Laguna de Caballococha, la autorización se dio en el mes de Junio del 2005, también anteriormente también se aprobó el tratamiento de mineral del orden de 2 500 TMPD. Como se ha señalado previamente la planta concentradora utiliza el proceso de flotación para la recuperación de los valiosos.

El relave de flotación se obtiene en forma de pulpa con una concentración aproximada de 30% de sólidos. Esta pulpa es alimentada intermitentemente a la planta de Relleno Hidráulico en donde se separa en partículas gruesas y finas, las partículas gruesas son enviadas a la mina como relleno hidráulico, mientras que la pulpa de relave fino se envía al nuevo depósitos de relaves. El requerimiento de mayor cantidad de relave en la mina, prolongará la vida de los depósitos de los relaves en ambos casos.

Una característica importante de los relaves finos de flotación que son enviados a los depósitos de relaves, es bajo contenido de contaminantes, ya que generalmente esta fase líquida arrastra mayor cantidad de compuestos orgánicos como xantatos y derivados de alcoholes (espumantes) (10). Este tipo de reactivos es biodegradable y poco nocivo, estando permitida su evacuación directa al medio ambiente tanto en el país como en otras latitudes. La fase liquida por lo tanto no porta metales en concentraciones mayores.

Otra característica importante de este producto es su alta dilución y gran contenido de partículas muy finas que requieren de una gran área para su sedimentación y evacuación de efluentes claros que cumplan con las Normas Ambientales (menos de 50 ppm de sólidos en suspensión a partir del 2006). Desde el punto de vista ambiental hay que destacar su bajísimo contenido de sulfuros, pues este atributo proporciona una gran estabilidad química que descarta la generación de soluciones ácidas y metales disueltos en el corto, mediano y aún en el largo plazo.

7.5 CONDUCCION DE RELAVES DE FLOTACIÓN

7.5.1 CONDUCCION DE RELAVES GRUESOS DE FLOTACIÓN

Los relaves gruesos son conducidos en la mayor parte a los tajeos de mina, por medio de una tubería de HDPE de 6” de diámetro, que tiene características adecuadas para soportar la presión de bombeo. La pulpa de relaves gruesos enviadas a la mina desde la bomba de relleno hidráulico tiene una densidad de 1 350 a 1 720 gr/l, esta pulpa es impulsada desde la Planta de Relleno Hidráulico usando una bomba de capacidad 750 HP.

7.5.2 CONDUCCION DE RELAVES FINOS DE FLOTACION

El relave fino es conducido al depósito de relaves de Nieve Ucro II por medio de una tubería de polietileno de alta densidad (HDPE) de 6" de diámetro y una longitud que dependía de la ubicación de los ciclones en el depósito.

Para el diseño de las Líneas de Relaves se ha tenido en cuenta lo siguiente:

- La capacidad de tratamiento de la Planta oscila entre 1 500 y 2 500 TMPD. Entonces se considero la capacidad de 2 500 TMPD para el diseño.
- Parte del relave se alimenta a la Planta de Relleno Hidráulico, obteniéndose entonces una fracción gruesa que se envía a la mina y el relave fino era enviado a través de las líneas de relaves hasta el depósito de relaves de Nieve Ucro y actualmente hasta el punto de disposición en la laguna de Caballococha. Alrededor del 50% del relave es enviado a la mina como relleno hidráulico y el 50% restante es conducido por las tuberías con destino a la laguna de Caballococha.
- Se tuvo que iniciar un proyecto de optimización del relleno hidráulico, para reducir la proporción de relave almacenado en la superficie.
- En la eventualidad de paralización de la Planta de Relleno Hidráulico, la tubería deberá conducir sin problemas la totalidad del relave de flotación, esto es el total.

Foto 7-3: RELAVERA DE NIEVE UCRO II, SE APRECIA LOS CICLONES PARA CLASIFICAR LOS GRUESOS A LOS CONOS Y FINOS AGUAS ARRIBA

7.6 CAUDAL DEL FLUJO

La Planta Concentradora tiene una capacidad máxima de operación de 2 600 TM/dia, si esta operase a su máxima capacidad generaría un caudal promedio de relaves de 67 lt/seg.

El relleno hidráulico necesita un promedio de flujo de relaves de 18 lt/seg a 35 lt/seg que serán enviados a interior mina juntamente con un porcentaje de cemento en algunos casos.

Para el diseño del proyecto de disposición subacuatica en este punto se considero que la Planta Concentradora opere con su máxima capacidad y que el requerimiento del relleno hidráulico sea del 50% del fuljo de relaves.

7.7 LINEA DE BOMBEO

A fin de evitar la sedimentación y erosión de la tubería por causas de las partículas gruesas de relaves se considerará una velocidad de flujo entre 1m/seg. a 3m/seg.

TABLA Nº 7.1

CARACTERÍSTICAS DE LA LÍNEA DE BOMBEO

Velocidad del fluido	1.45 m/seg
Diámetro de tubería	6″
Perdida de carga	52.08m
Diferencia de nivel	-14.8m
Altura dinámica total	37.8m
Tipo de tubería	HDPE
Coeficiente de rugosidad	10

La línea es alimentada por dos bombas, donde una sola alimentará y la otra permanecerá en stand-by, las dos serán de similares características, con un HP de 60.

La línea de impulsión del flujo de relaves es arriostrada por codos de concreto de un peso de 900 Kg. hechos de concreto de una resistencia a la comprensión de 140 kg/cm2 y distanciados entre dado y dado 80 m.En el extremo norte de la laguna de Caballococha, existe un túnel que conduce los efluentes de la laguna, este túnel es usado para pasar por ella la línea de conducción.

7.8 POTENCIA DE LA BOMBA

Para lograr un eficiente bombeo se requiere de una bomba de impulsión con las siguientes características:

TABLA Nº 7.2

- Q	501/seg
- H	38m.
- Densidad	1.17
- Coeficiente de rendimiento	0.5

- Potencia de bomba	60 HP
- Revoluciones	3 600 RPM
- Ciclos	60 Ciclos
- Voltajes	440 voltios
- Fases	3
- Diámetro de Salida	10″

7.9 DRENAJE

7.9.1 AGUAS DE ESCORRENTIA DE LA RELAVERA NIEVEUCRO

El caudal de escorrentía de las aguas proveniente de la parte alta tiene un máximo de 1 250 lt/seg., a presentarse en un promedio de 50 años. El periodo de retorno es más que suficiente para cubrir el periodo de vida de la cancha de relaves.

Los canales de coronación que cubren toda el área son 2, una corre por el flanco Noreste y el otro que recorre por el flanco Sureste, ambos canales están diseñados para conducir el doble de la lluvia máxima a presentarse en el futuro, en ambos tramos la pendiente es de 1.7%.

El canal del flanco Noreste entregará sus aguas a la laguna Tinquicocha, mientras que el canal del flanco Sureste entregará sus aguas a la laguna de Nieve ucro.

Foto 7-4: PARTE FRONTAL DE LA RELAVERA NIEVE UCRO II, SE PUEDE APRECIAR LOS CONOS DE RELAVES

7.9.2 DRENAJE DE LA CANCHA DE RELAVES

El deposito de relaves es drenada por medio de dos tuberías de acero, cada una de ellas desarrolla un fin especifico, ambas tuberías son de 60 cm. De diámetro, la primera evacua las aguas decantadas y la segunda es la de emergencia.

El drenaje de aguas decantadas tiene perforaciones de 8" de diámetro ubicada cada una a 1.5m de altura, dependiendo de la longitud de la pendiente del terreno. El caudal e evacuar en condiciones normales es de 50 lt/seg en casos de lluvia máxima podrá conducir hasta 1 259 lt/seg la tubería fue empotrada en un cajón excavado en la roca.

La tubería de decantación de emergencia esta destinada a evacuar posibles aguas de lluvias muy intensas que pueden llenar el vaso; el nivel donde se ubica

el rebose de esta tubería es de 4 550 m.s.n.m que también corresponde al nivel último de relaves. El diámetro de esta tubería es de 60 cm con la mínima capacidad del decantador anterior, ambas tuberías fueron ancladas en un block de concreto.

Foto 7-5: BUZONES DE CONCRETO POR DONDE SE EVACUA EL AGUA DEL ESPEJO DE LA RELAVERA

7.10 DISPOSICION SUBACUATICA DE RELAVES EN CABALLOCOCHA

Esta es una de las alternativas novedosas en la actualidad, y esta se da porque en este caso la compañía minera cuenta con un cuerpo de agua en sus áreas adyacentes a la Planta Concentradora. Como tenemos conocimiento esta disposición es de reciente aplicación en nuestro país, por lo que recientemente la Compañía Minera Raura S.A. ha obtenido del Ministerio de Energía y Minas –DGM- la autorización de vertimientos de sus relaves a la laguna de Caballococha mediante la disposición subacuatica.

OBJETIVO :

- Resolver como almacenar los relaves producidos durante un lapso de tiempo de vida de la mina tanto económica como segura a la vez.
- Al sedimentar las arenas y los limos, se recupera el agua.
- De la composición de los relaves de la planta dependerá las propiedades físico-químicas de los materiales finales.
- La densidad de los relaves se incrementara con el tiempo y la profundidad bajo la superficie.
- Variación de la profundidad en función de la mineralogía, granulometría, y gravedad especifica.
- No se perderá el espejo de agua de la laguna.

Foto 7-6: PLANTA CONCENTRADORA DE RAURA Y LA LAGUNA CABALLOCOCHA

7.11 PARAMETROS DE APLICACIÓN

Dentro de los parámetros de aplicación esta disposición contó con los siguientes:

- En primer lugar fue indispensable conocer los aspectos físicos, biológicos, fauna y flora de las zonas adyacentes del cuerpo de agua, asimismo de la misma laguna, por lo que fue necesario efectuar un Estudio de Línea Base.
- La laguna debe tener suficiente capacidad para almacenar determinado número de toneladas de relaves, que requiere el asiento minero.
- La laguna debe tener características físico-químicas que sea compatibles con el relave a almacenar.

7.12 DISEÑO DEL DEPÓSITO DE RELAVES CABALLOCOCHA

Las principales obras consideradas son las siguientes y se muestran en el las figuras y fotos que se presentan.

- Depósito de relaves.
- Sistema de transporte de relaves.
- Obras de descarga.

El depósito de relaves está constituido por un vaso natural de roca caliza de 22m de profundidad máxima. Para almacenar el relave requerido (2.32Mm^3) se requirió el reforzamiento de los diques o vertederos. Se dispondrá de aproximadamente 3m de cobertura de agua sobre la superficie final del relave, al término de la operación (5.6 años).

El sistema de transportes de relaves esta conformado por tuberías de HDPE de 8”que trabajan a gravedad y presión. Esta formada por dos líneas de tuberías en paralelo, estando una de ellas en “stand by”, como una medida de seguridad ante eventuales

interrupciones del sistema por mantenimiento y/o rotura. A continuación se describe brevemente la disposición de las tuberías que básicamente comprende tres tramos.

Foto 7-7: TENDIDO DE LA LINEA DE RELAVES, DISPOSICION SUBACUATICA

El primer tramo está constituido por dos líneas de tuberías en paralelo, de aproximadamente 150m cada una; se inicia en la Planta de Flotación y llega al Depósito de Regulación. El segundo tramo, también está constituido por dos líneas de tuberías, de aproximadamente 265m cada una; se inicia en el Depósito de Regulación y termina en la Caseta de Válvulas de Control. El último tramo se inicia en la Caseta de Válvulas de Control, allí la línea de descarga principal tendrá una longitud variable de acuerdo a esquema de deposito de los relaves en la laguna; la línea paralela se utilizará para la descarga de emergencia y tendrá una longitud de aproximadamente 130m. Los tramos de tuberías que estarán sobre la superficie del agua de la laguna, tendrán un recubrimiento de poliuretano y contaran con cilindros sellados vacíos, con la finalidad de mantenerlo a flote.

Foto 7-8: LINEA DE CONDUCCION DE RELAVES HACIA CABALLOCOCHA

7.13 ALMACENAMIENTO DE RELAVES-DISPOSICION SUBACUATICA

Tal como se discutió en las secciones precedentes, la laguna Caballococha tiene una capacidad de almacenamiento suficiente para contener todos los relaves que pueden ser producidos durante los próximos 5.6 años, sin tener que construir dique de cierre alguno.

Para cumplir esto, los relaves deberán ser depositados en Caballococha de forma tal de conseguir un perfil de fondo casi horizontal. Además, para la disposición subacuática de los relaves de Raura es necesaria para prevenir la generación de ácido, y esto se dará por la forma de disposición que se ha adoptado que es de la forma de barca flotante.

Esta opción requiere de una tubería para transportar los relaves de manera segura desde la planta concentradora / planta de relleno hidráulico hasta la laguna. El diámetro de las líneas de HDPE tipo SDR-17 se ha estimado y se utilizan de 8". La velocidad crítica se asumió en aproximadamente 2 m/s. Esta velocidad es suficiente para asegurar que los relaves no sedimentarán en la tubería durante la operación normal del sistema. Cuando la planta deje de producir relaves, se lavara la línea de tubería con agua limpia para prevenir la sedimentación durante las condiciones de flujo mínimo.
Esta opción también implico el tendido dé tubería a lo largo de la laguna hasta un punto cercano a la casa de bombeo existente, para luego ir de la orilla a través de la superficie de la laguna hasta un punto anclado. La tubería flota sobre la superficie de la laguna usando flotadores (cilindros sellados), a través de los cuales se pasa la tubería, tal como se ilustra esquemáticamente en las vistas.

Esta opción usa un anillo flotante similar a una "cámara de llanta" que permite esparcir los relaves sobre un área extensa. Las ventajas y desventajas de esta opción son las siguientes:

- Mayor costo de inversión inicial debido al costo de mantenimiento y de la tubería;

- El punto de descarga de relaves puede ser reubicado fácilmente;

- El anillo flotante puede ser reubicado en las diversas áreas remolcándola con un bote;

- La profundidad de la descarga de relaves puede ser cambiada fácilmente. Si hay demasiada mezcla de relaves cerca a la superficie, el punto de descarga puede ser profundizado; y

- La extensión de la línea es fácil de manejar.

Al inicio de la operación la tubería se ubico, cerca del centro de la parte más profunda de la laguna que permitirá formar un gran cono debajo del anillo flotante, con suficiente

capacidad para almacenar hasta 5.6 años de producción de relaves. El volumen del cono, una vez que alcance su tamaño máximo, se ha calculado en aproximadamente 1.6 M de m^3. La superficie del cono adoptará el ángulo de la actual playa de relaves, con ángulos ligeramente mayores cerca al pico del cono (punto de descarga) y pendientes menos pronunciados a medida que se aleja del pico. Sobre la base de las pendientes de los relaves existentes, se ha asumido que la pendiente promedio de la disposición subacuática de relaves será de aproximadamente 2%.

Para conseguir el mínimo de 7 años de vida de diseño, el anillo flotante deberá que ser reubicada una o dos veces. Hay dos áreas obvias que están disponibles para servir de puntos de depósitos subsecuentes hacia el Norte y Sur del primer cono de disposición.

El costo de capital en esta opción de disposición subacuáticas de relaves es relativamente bajo. La tubería que va desde la planta a la orilla se ubico a lo largo de la carretera existente que llega hasta la casa de bombeo. El volumen de movimiento de tierras fue significativo y no requerio de trabajos de voladura. Se ha gasto un estimado un gasto de $ 2,000 para los trabajos de corte y relleno.

El costo puede resumirse tal como sigue:

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	CUM	CUL	CUC	TOTAL
Tubería 8" HDPE	700	M	$18.50	$0.25	$0.00	$13,125
Flotadores-Cilindros	15	U	$0.00	$0.00	$500.00	$4,500
Anillo flotante	1	U	$0.00	$0.00	$1,500	$500
Total						$18,125

Donde: CUM - Costo unitario de materiales
CUL - Costo unitario de mano de obra
CUC - Costo unitario de sub-contratistas

❖ Crecimiento del Depósito

El depósito de relaves Caballococha tiene la capacidad para almacenar el volumen total de relave generado (2.32Mm^3) durante su vida útil (5.6 años), de acuerdo a las reservas actuales de la mina (4´000,000ton a una producción de 720,000ton/año). No se requerirá la construcción de un dique.

❖ Esquema de Deposito de Relaves

El esquema de disposición de relaves ha sido concebido tomando en cuenta los siguientes propósitos:

- Ubicar los relaves lo más alejado de la toma de descarga de agua, constituida por el túnel ubicado al NE de la laguna. Esto minimizará el transporte de sólidos en suspensión.

- Mantener los relaves con una cobertura mínima de agua de 2 m. Aún cuando no se ha encontrado evidencias de ser el relave potencial generador de acidez, el mantener esta cobertura de agua, permitirá mantener la existencia de la laguna.

- Optimizar la capacidad de almacenamiento.

- Con estos objetivos los relaves se descarga mayoritariamente en la zona central de la laguna, donde se tiene la máxima profundidad (22m) y en la zona Sur de la misma. En la zona norte solo se descargará relaves en caso de emergencia.

7.14 SISTEMA DE TRANSPORTE DE RELAVES

El sistema de transporte de relaves está concebido para depositar relaves durante 5.6 años. El transporte se efectua mediante dos líneas de tuberías de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) de 8", cuyo recorrido se inicia en la Planta de Flotación. La tubería tiene una longitud total máxima de 960m hasta su punto de descarga en la laguna. El extremo final de la tubería esta a dos metros por debajo de la superficie de la laguna.

En la medida que vaya avanzando el depositó del relaves en el fondo de la laguna, se efectuarán recortes o alargamientos de la misma en tramos de 50m, para seguir cubriendo dicho fondo, hasta un nivel máximo subacuático con una cobertura de agua mínima de dos metros por debajo de la superficie.

De esta manera el sistema de transporte, se inicia con una longitud inicial de 760m (250m de tramo horizontal para la descarga), una máxima de 960m (450m de tramo horizontal de descarga), terminando en 560m (50m de tramo horizontal de descarga).

a) Características Generales del Sistema de Transporte

El sistema, así concebido ha sido considerado para operar con una línea principal, controlado por un conjunto de válvulas Pinch. Para que la operación sea segura, es decir sin interrupciones, se ha dispuesto una línea paralela adicional, en "Stand by", que estará en condiciones de operar, cuando la línea principal, por razones de mantenimiento o emergencia tenga que parar.

Una caseta de válvulas instalada en el trayecto de la línea de conducción de relaves, permitirá efectuar la operación de la línea alterna en reemplazo o los tramos afectados, que sean materia de la emergencia, reparación o mantenimiento.

La poza de regulación será la misma que eventualmente CMRSA está utilizando para enviar sus relaves al depósito Nieve Ucro N° II. Esta poza fue reubicada en la cota 4597 con la finalidad de mantener una carga hidráulica suficiente, para permitir que el sistema trabaje a gravedad en un sistema presurizado.

En la orilla de la laguna, se ubica una estructura de apoyo del sistema de descarga, punto desde el cual, se efectuan las operaciones de acortamiento, alargamiento y cambio de dirección de la tubería flotante que fue instalada sobre la laguna, con una longitud variable entre 450m y 50m, que tiene su punto de inicio de la operación con 250m de tubería flotante.

De acuerdo a las condiciones del transporte de los relaves y el diseño adoptado, el sistema esta funcionando con normalidad y sin interrupciones, hasta su punto de descarga; sin embargo en caso de producirse interrupciones, se deberá tomar las precauciones necesarias para contar eventualmente con un sistema de abastecimiento de agua que permita garantizar la limpieza de la línea de alimentación y particularmente el tramo horizontal, se cuenta con este sistema de abastecimiento de agua. Este abastecimiento de agua es provisto por gravedad a través del sistema actual (proveniente del tanque pulmón ubicado encima de la Casa de Fuerza) de modo tal que alimente directamente a la poza de la planta de flotación, consiguiéndose con ello el flujo en toda la línea de transporte.

b) Características Técnicas del Sistema de Transporte

- **Tubería de relaves**

Está constituido por dos (2) líneas de tubería de HDPE de 8" y un espesor mínimo de las paredes de 0.64" y presión mínima de 120psi.

- **Válvulas Pinch**

El flujo de los relaves esta controlado por las válvulas Pinch, con cierre de accionamiento manual por volante. Las válvulas Pinch se caracterizan por estar especialmente adecuadas para fluidos abrasivos, partículas sólidas y minerales en suspensión.

Las válvulas Pinch son de 8" de diámetro, para una presión máxima de trabajo de 100psi con bridas del tipo 125/150 # ANSI.

Las conexiones de la tubería de alimentación a las válvulas Pinch de control estan hechas mediante adaptadores de polietileno y bridas de acero, de fácil desmontaje.

- **Manómetros**

Los manómetros son del tipo analógico para medir presiones de pulpas minerales. El rango de presión deberá ser de 0-100psi.

La tubería flotante es de HDPE de las mismas características de las especificaciones para la tubería a ser colocada en seco. Adicionalmente se aplica poliuretano en fábrica y será recubierto por una tubería de HDPE de 14.56" para proteger la espuma.

A cada 50m se colocaron bridas de 8" con sus respectivos adaptadores. Los adaptadores serán del tipo SDR 13.5. Las bridas y pernos son galvanizadas.

- **Punto de Distribución de Relaves**

El punto de distribución de relaves (lugar donde se efectuarán las operaciones de acortamiento, alargamiento y cambio de dirección de la tubería flotante), está principalmente constituida por una tubería flexible de caucho, con refuerzo de telas y espiral de alambre, brida de goma y respaldo metálico B-16.5, 150lbs.

7.15 OBRAS DE DESCARGA

Las obras de descarga están constituidas por dos vertederos: Vertedero V-1, ubicado al Este de la laguna, formando parte del actual muro de mampostería; y el Vertedero V-2, ubicado al NE de la laguna, próxima a la entrada del túnel. En el diseño de estos vertederos se ha considerado que solamente el Vertedero V-2, trabajará durante la operación normal del depósito; ante una avenida extraordinaria el Vertedero V-2 trabajará a su máxima capacidad y el caudal restante pasará por el vertedero V-1.

Adicionalmente se ha considerado el mejoramiento del canal que sale del túnel de descarga de la laguna Caballococha. No se ha considerado cunetas de derivación de

aguas de escorrentía, en vista que la cuenca de influencia de la laguna es relativamente pequeña.

Se han diseñado dos vertederos con la finalidad de tener el control del flujo de agua de rebose de la laguna Caballococha.

7.16 DEPOSITOS DE EMERGENCIA DE RELAVES

Para atender contingencias mayores que las indicadas tanto en el proyecto de laguna de Caballococha y de Nieve Ucro, o programas de mantenimiento en la línea de relaves y/o planta, se contara con el depósito de relaves hasta ahora usado como es la playa de la laguna de Caballococha, esto solo en caso de emergencias. Es condición fundamental que la pulpa llegue a esta playa por efecto de la gravedad como sucede hasta la fecha para atender las fallas que puedan ocurrir en el suministro de energía y/u otro evento extraordinario.

7.17 PLAN DE MONITOREO AMBIENTAL

Como parte del Plan de Manejo Ambiental a raiz de la Disposición Suacuatica, CMRSA ha implementado un Plan de Monitoreo Ambiental adicional a los que se vienen realizando a la fecha, este Plan de Monitoreo fue propuesto en el Estudio de Impacto Ambiental del Deposito de Relaves Caballococha y a la fecha se ha establecido dicho Plan a fin de hacer seguimiento a cada uno de los parámetros físicos y químicos con el único objetivo de garantizar la calidad del agua durante y después del la Disposición Subacuática de Relaves en la Laguna Caballococha.

El Plan de Monitoreo cuanta con 04 redes:

- Red de Monitoreo de Cuerpo Hídrico.
- Red de Monitoreo de Efluentes.
- Red de Monitoreo de Aguas Subterráneas.
- Red de Monitoreo Hidrobiológico.

Asimismo, cuenta con la medición de flujos de cada uno de los puntos de monitoreo.

7.17.1 RED DE MONITOREO DE LOS CUERPOS HÍDRICOS

Se han instalaron 07 puntos de monitoreo a lo largo de todo el sistema de Lagunas, es decir, las lagunas: L. Tinquicocha, L. Chuspicocha, L. Patarcocha, L. Taulicocha y Lauricocha. La finalidad de estos puntos de monitoreo es controlar la calidad y cantidad de agua de las lagunas de la cuenca. Cada punto de Monitoreo presenta un cartel con su respectiva simbología (N° de Estación, coordenadas, Nivel)

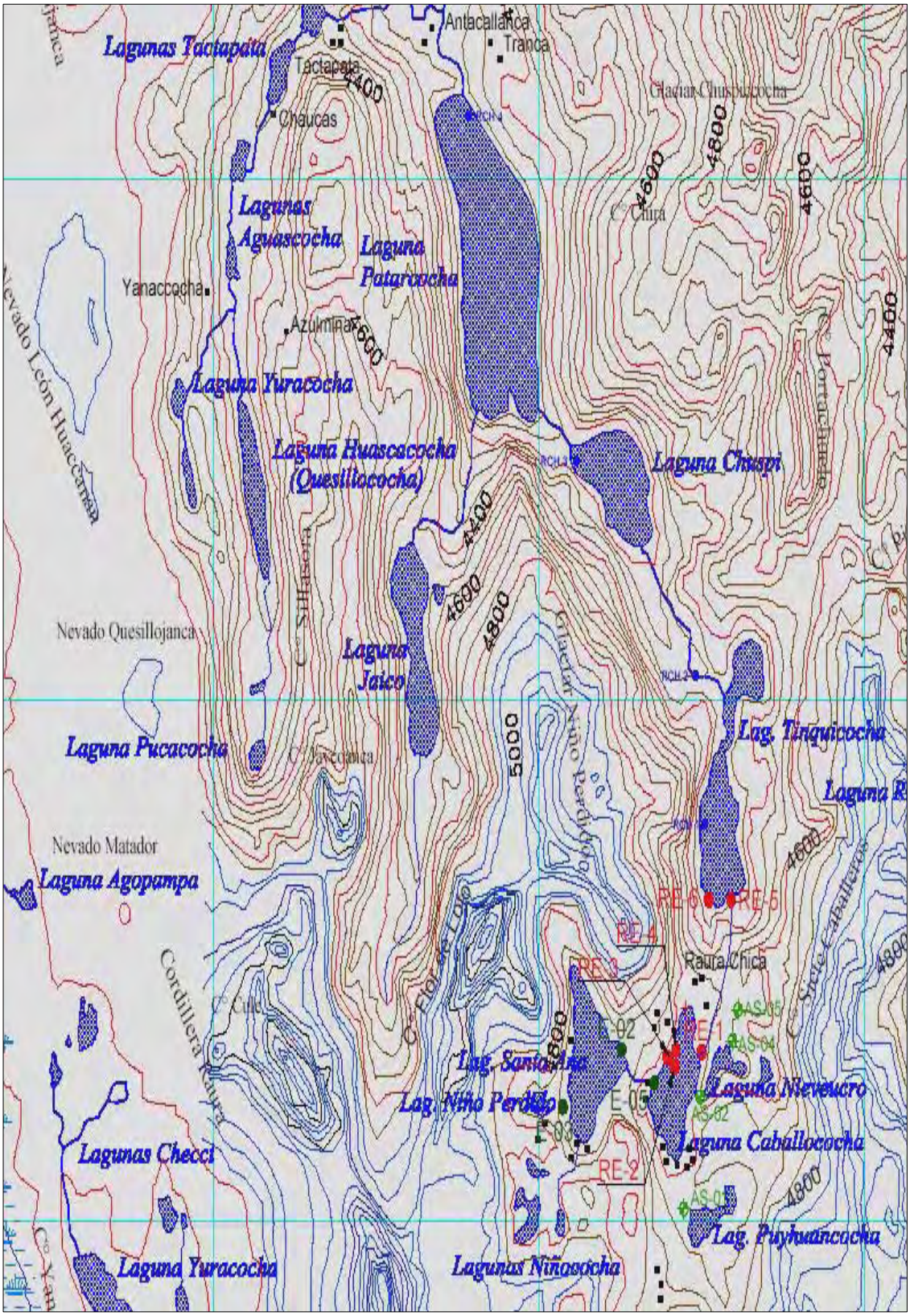
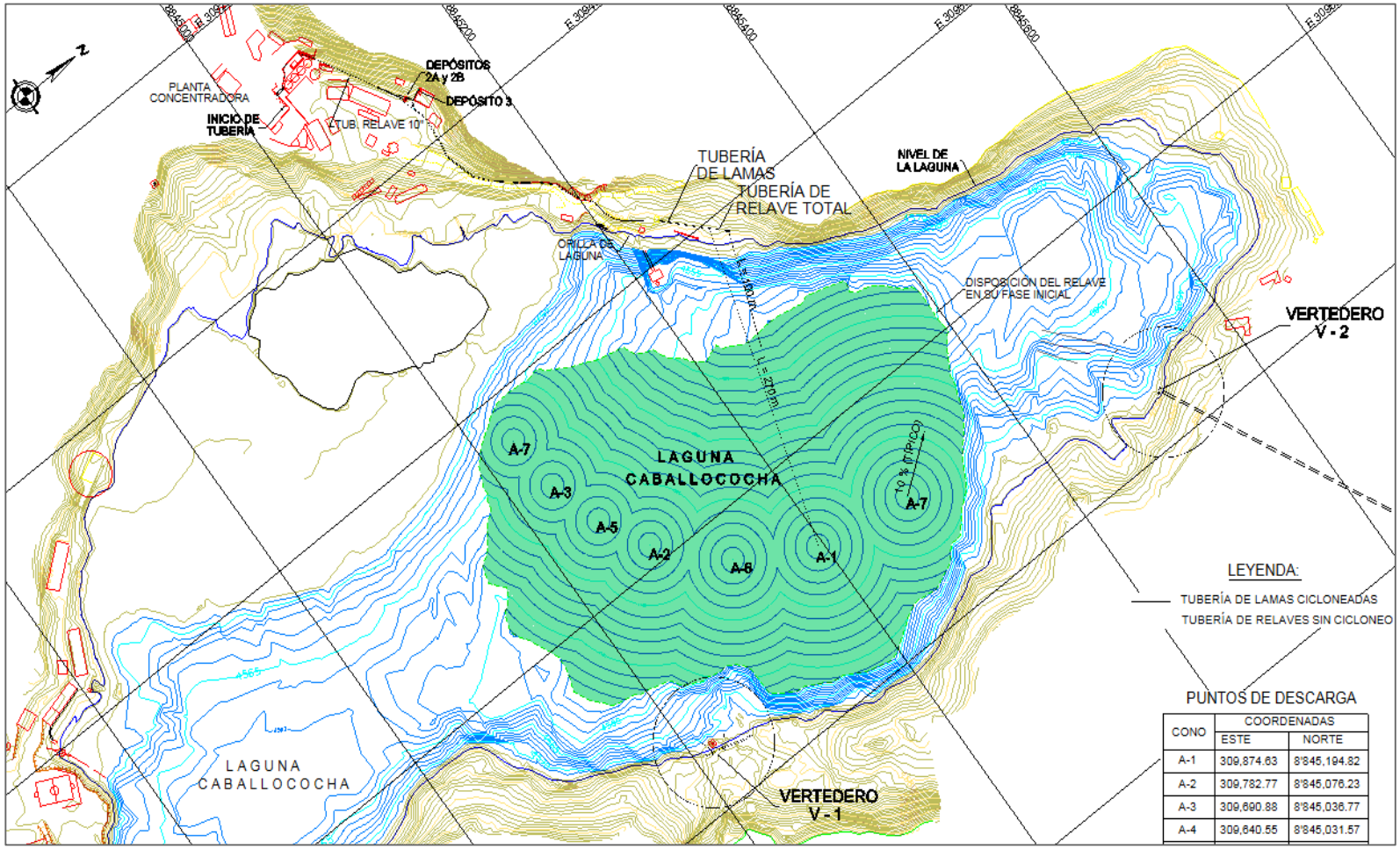


Figura 7-1: RED DE MONITOREO AMBIENTAL



CONO	COORDENADAS	
	ESTE	NORTE
A-1	309,874.63	8'845,194.82
A-2	309,782.77	8'845,076.23
A-3	309,690.88	8'845,036.77
A-4	309,640.55	8'845,031.57

Figura 7-10: ESQUEMA DE LA DISPOSICION SUBACUATICA DE RELAVES EN LA LAGUNA CABALLOCOCHA

Foto 7-9: MONITOREO DE CUERPOS HIDRICOS

ESTACIÓN DE MONITOREO:	Laguna Tinquicocha	
COORDENADAS UTM	8´847,814.98 N	309,910.21E
ELEVACIÓN	4,349.03 m.s.n.m.	
PUNTO DE MONITOREO:	RCH-1	
FRECUENCIA DE MONITOREO:	Mensual	

ESTACIÓN DE MONITOREO:	Salida de la Laguna Tinquicocha	
COORDENADAS UTM	8´848,325.16 N	309,840.93E
ELEVACIÓN	4,290.00 m.s.n.m.	
PUNTO DE MONITOREO:	RCH-2	
FRECUENCIA DE MONITOREO:	Mensual	

ESTACIÓN DE MONITOREO:	Laguna Chuspi (Sector Norte)	
COORDENADAS UTM	8´849,851.44 N	308,452.30 E
ELEVACIÓN	4,165.30 m.s.n.m.	
PUNTO DE MONITOREO:	RCH-3	
FRECUENCIA DE MONITOREO:	Trimestral	

ESTACIÓN DE MONITOREO:	Laguna Patarcocha	
COORDENADAS UTM	8´852,460.58 N	307,195.40E
ELEVACIÓN	4.106.60 m.s.n.m.	
PUNTO DE MONITOREO:	RCH-4	
FRECUENCIA DE MONITOREO:	Trimestral	

ESTACIÓN DE MONITOREO:	Laguna Taulicocha	
COORDENADAS UTM	8´857,975.80 N	310,014.45E
ELEVACIÓN	3.951.00 m.s.n.m.	
PUNTO DE MONITOREO:	RCH-5	
FRECUENCIA DE MONITOREO:	Anual	

ESTACIÓN DE MONITOREO:	Entrada de la Laguna Lauricocha	
COORDENADAS UTM	8´858,413.29 N	311,124.01E
ELEVACIÓN	3.879.00 m.s.n.m.	
PUNTO DE MONITOREO:	RCH-6	
FRECUENCIA DE MONITOREO:	Anual	

ESTACIÓN DE MONITOREO:	Laguna Lauricocha	
COORDENADAS UTM	8´860,381.68 N	313,788.51E
ELEVACIÓN	3,875.00 m.s.n.m.	
PUNTO DE MONITOREO:	RCH-7	
FRECUENCIA DE MONITOREO:	Anual	

Ver Anexos: Ubicación de los Puntos de Monitoreo Establecidos.

Asimismo, las consideraciones a tomar en cuenta, para un adecuado muestreo se presenta a continuación, en ella se considera para el monitoreo: los parámetros a medir en cada estación de monitoreo, el tipo de envase a utilizar, los volúmenes de los envases, como se realizará la preservación de muestra, entre otros.

Los parámetros a medir son:

- Parámetros Físico Químicos: pH, Conductividad, Sólidos Suspendidos Totales, Sólidos Disueltos Totales, Caudal.

- Parámetros Químicos: Sulfatos, Cloruros, nitratos, sulfuros, Al, As, Cd, Cu, Cr Total, Cr(+6), Fe, Mn, Hg, Mb, Pb y Zn.

7.17.2 RED DE MONITOREO DE LOS EFLUENTES

Se han colocado 05 puntos de monitoreo. La finalidad de estos puntos de monitoreo es controlar la calidad de agua de los ingresos de las lagunas de la cuenca y de esta manera mejorar y controlar el modelo de calidad de agua. Estos se encuentran distribuidos a lo largo de la Laguna Caballococha y Tinquicocha.

Los parámetros a medir son:

- Parámetros Físico Químicos: pH, conductividad,

Sólidos Suspendidos Totales, Sólidos Disueltos Totales, Caudal.

- Parámetros Químicos: Sulfatos, As, Cd, Cu, Cr, Cr(+6), Fe, Hg, Pb y Zn.

Foto 7-10: MONITOREO DE EFLUENTES

ESTACIÓN DE MONITOREO:	Salida de la Laguna Caballococha	
COORDENADAS UTM	8´845,305.54 N	309,995.67E
ELEVACIÓN	4,571 m.s.n.m.	
PUNTO DE MONITOREO:	RE-1	
FRECUENCIA DE MONITOREO:	Semanal	

ESTACIÓN DE MONITOREO:	Agua de relaves	
COORDENADAS UTM	8´845,032.13 N	309,631.35E
ELEVACIÓN	4,571.5 m.s.n.m.	
PUNTO DE MONITOREO:	RE-2	
FRECUENCIA DE MONITOREO:	Semanal	

ESTACIÓN DE MONITOREO:	Bocamina Tinquicocha	
COORDENADAS UTM	8´846,440.65 N	310,338.52E
ELEVACIÓN	4,370 m.s.n.m.	
PUNTO DE MONITOREO:	RE-4	
FRECUENCIA DE MONITOREO:	Quincenal	

ESTACIÓN DE MONITOREO:	Canal de Entrada Tinquicocha	
COORDENADAS UTM	8´846,462.10 N	309,999.39E
ELEVACIÓN	4,370 m.s.n.m.	
PUNTO DE MONITOREO:	RE-5	
FRECUENCIA DE MONITOREO:	Quincenal	

ESTACIÓN DE MONITOREO:	Bocamina Hidro	
COORDENADAS UTM	8´844,470.71 N	309,672.13E
ELEVACIÓN	4,571.7 m.s.n.m.	
PUNTO DE MONITOREO:	RE-7	
FRECUENCIA DE MONITOREO:	Quincenal	

7.17.3 RED DE MONITOREO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

Se han colocado 06 puntos de monitoreo. La finalidad de la instalación de pozos de monitoreo de aguas subterráneas (piezómetros) es el de obtener registros confiables del comportamiento de la napa freática y de la calidad de agua subterránea.

Para el establecimiento de los puntos de monitoreo de calidad de aguas subterráneas previamente se han realizado los sondajes geotécnicos de cada uno de ellos y ha sido necesario realizar estudios hidrogeológicos e hidroquímicos del acuífero, dichos estudios se encuentran en el Estudio de Impacto Ambiental del Deposito de Relaves Caballococha – 2001.

Asimismo, en el presente año (Febrero-2005), con el asesoramiento de la Consultora Golder Associates, se ha establecido el punto de monitoreo AS-03 el cual se encuentra ubicado en las proximidades de la Laguna Caballococha (Vertedero N° 2), en ella se ha perforado e instalado un piezómetro, a una profundidad de 20m.; del mismo modo se ha establecido el punto de monitoreo AS-06, ubicado en la Quebrada de la Laguna Tinquicocha, donde la perforación del piezómetro tiene una profundidad de 50m.

En cuanto a los parámetros a medir en la Red de Monitoreo de Calidad de Aguas Subterráneas son los siguientes:

- Parámetros Físico Químicos: T°C, pH, Conductividad, Sólidos Disueltos Totales.

- Parámetros Químicos: Sulfatos, Cloruros, Nitratos, Fosfatos, Sulfuros, Al, As, Cd, Cu, Cr total, Cr(+6), Fe, Mn, Hg, Mb, Pb y Zn.

ESTACIÓN DE MONITOREO:	Laguna Puyhuancocha	
COORDENADAS UTM	8´844,099.46N	309,756.44E
ELEVACIÓN:	4,624.48 m.s.n.m	
PUNTO DE MONITOREO:	AS-01	
FRECUENCIA DE MONITOREO:	Mensual	

ESTACIÓN DE MONITOREO:	Lag. Caballococha (Vert. Nro. 2)	
Coordenadas	8´844,970.31N	309,981.11E
ELEVACIÓN:	4,576.19 m.s.n.m.	
PUNTO DE MONITOREO:	AS-02	
FRECUENCIA DE MONITOREO:	Mensual	

ESTACIÓN DE MONITOREO:	Lag. Caballococha (Vert. Nro. 2)	
COORDENADAS UTM	8´845,136.62N	310,137.46E
ELEVACIÓN:	4,571.45 m.s.n.m.	
PUNTO DE MONITOREO:	AS-03	
FRECUENCIA DE MONITOREO:	Mensual	

ESTACIÓN DE MONITOREO:	Nieve Ucro Sur	
COORDENADAS UTM	8´845,394.50N	310,295.12E
ELEVACIÓN:	4,554.26 m.s.n.m.	
PUNTO DE MONITOREO:	AS-04	
FRECUENCIA DE MONITOREO:	Mensual	

ESTACIÓN DE MONITOREO:	Nieve Ucro Norte	
COORDENADAS UTM	8´845,638.02N	310,319.98E
ELEVACIÓN:	4,549.94 m.s.n.m.	
PUNTO DE MONITOREO:	AS-05	
FRECUENCIA DE MONITOREO:	Mensual	

ESTACIÓN DE MONITOREO:	Quebrada Tinquicocha	
COORDENADAS UTM	8´846,055.00N	309,890.00E
ELEVACIÓN:	4,490.00 m.s.n.m.	
PUNTO DE MONITOREO:	AS-06	
FRECUENCIA DE MONITOREO:	Mensual	

7.17.4 RED DE MONITOREO HIDROBIOLÓGICO

El monitoreo hidrobiológico será realizado 01 año después de la disposición de relaves en la Laguna, este será realizado en el mes de marzo del 2006. Se tomarán las consideraciones alcanzadas en el Estudio de Impacto Ambiental.

Los objetivos de la realización del monitoreo Hidrobiológico es determinar la caracterización faunística de los hábitats acuáticos y ambientes lóticos relacionados y determinar la composición de organismos microscópicos y

macroscópicos que forman parte del plancton, bentos y necton presentes en el sistema de lagunas (desde la L. Caballococha hasta la L. Lauricocha); asimismo, contrastar los resultados del monitoreo que se realizará con los anteriores realizados en los años 200, 2001 y 2002.

ESTACIÓN DE MONITOREO:	Margen derecha de Laguna Patarcocha	
COORDENADAS UTM:	8´851,043.00 N	308,013.00 E
ALTITUD:	4,140 m.s.n.m.	
PUNTO DE MONITOREO:	E-01	
FRECUENCIA DE MONITOREO:	Anual	

ESTACIÓN DE MONITOREO:	Canal de ingreso a la Laguna Patarcocha	
COORDENADAS UTM:	8´850,264.00 N	308,017.00 E
ALTITUD:	4,141 m.s.n.m.	
PUNTO DE MONITOREO:	E-02	
FRECUENCIA DE MONITOREO:	Anual	

ESTACIÓN DE MONITOREO:	Margen izquierda de la Laguna Chuspi	
COORDENADAS UTM:	8´849,430.00 N	308,330.00 E
ALTITUD:	4,204 m.s.n.m.	
PUNTO DE MONITOREO:	E-03	
FRECUENCIA DE MONITOREO:	Anual	

ESTACIÓN DE MONITOREO:	Margen izquierda próximo al canal de salida de Tinquicocha	
COORDENADAS UTM:	8´847,816.00 N	310,290.00 E
ALTITUD:	4,378 m.s.n.m.	
PUNTO DE MONITOREO:	E-06	
FRECUENCIA DE MONITOREO:	Anual	

ESTACION DE MONITOREO:	Proximidad al canal de ingreso a la Laguna Chuspi	
COORDENADAS UTM:	8´849,411.00 N	308,823.00 E
ALTITUD:	4,205 m.s.n.m.	
PUNTO DE MONITOREO:	E-04	
FRECUENCIA DE MONITOREO:	Anual	

ESTACIÓN DE MONITOREO:	Canal de salida de Laguna Tinquicocha	
COORDENADAS UTM:.	8´848,086.00 N	310,285.00 E
ALTITUD:	4,377 m.s.n.m.	
PUNTO DE MONITOREO:	E-05	
FRECUENCIA DE MONITOREO:	Anual	

ESTACIÓN DE MONITOREO:	Margen izquierda, borde estrecho y limpio Laguna Tinquicocha	
COORDENADAS UTM:	8´847,427.00 N	310,088.00 E
ALTITUD:	4,379 m.s.n.m.	
PUNTO DE MONITOREO:	E-07	
FRECUENCIA DE MONITOREO:	Anual	

ESTACIÓN DE MONITOREO:	Margen izquierda a 300 m del canal de ingreso a Tinquicocha	
COORDENADAS UTM:	8´846,745.00 N	310,008.00 E
ALTITUD:	4,379 m.s.n.m.	
PUNTO DE MONITOREO:	E-08	
FRECUENCIA DE MONITOREO:	Anual	

ESTACIÓN DE MONITOREO:	Canal de ingreso de la Laguna Tinquicocha	
COORDENADAS UTM:	8´846,439.00 N	310,187.00 E
ALTITUD:	4.380 m.s.n.m.	
PUNTO DE MONITOREO:	E-09	
FRECUENCIA DE MONITOREO:	Anual	

ESTACIÓN DE MONITOREO:	Laguna Nieve Ucro	
COORDENADAS UTM:	8´845,269.00 N	310,193.00 E
ALTITUD:	4,585 m.s.n.m.	
PUNTO DE MONITOREO:	E-10	
FRECUENCIA DE MONITOREO:	Anual	

ESTACIÓN DE MONITOREO:	Margen izquierda laguna Caballococha Sector 1	
COORDENADAS UTM:	8´845,101.00 N	309,988.00 E
ALTITUD:	4,598 m.s.n.m.	
PUNTO DE MONITOREO:	E-11	
FRECUENCIA DE MONITOREO:	Anual	

ESTACIÓN DE MONITOREO:	Laguna Caballococha Sector 2	
COORDENADAS UTM:	8´845,632.00 N	309,807.00 E
ALTITUD:	4,600 m.s.n.m.	
PUNTO DE MONITOREO:	E-12	
FRECUENCIA DE MONITOREO:	Anual	

ESTACIÓN DE MONITOREO:	Laguna Puyhuancocha	
COORDENADAS UTM:	8´844,106.00 N	309,887.00 E
ALTITUD:	4,664 m.s.n.m.	
PUNTO DE MONITOREO:	E-13	
FRECUENCIA DE MONITOREO:	Anual	

Medición de los Flujos

Se realizará la medición de flujos de cada una de las estaciones de monitoreo establecidos.

Uso de Laboratorios Certificados

El monitoreo será realizado por el Departamento de Medio Ambiente y los análisis respectivos de cada uno de los parámetros será realizado por el Laboratorio ECOLAB, el cual se encuentra debidamente registrado ante la DIGESA y ante INDECOPI.

Cronograma de Monitoreo

A la fecha, ya se ha establecido el Cronograma de la Red de Monitoreo Ambiental del Proyecto de Disposición Subacuática de Relaves Caballococha, el cual ha empezado a ejecutarse los días 27 y 28 de marzo del presente año, en primera instancia, serán monitoreados las estaciones de Cuerpo Hídrico y efluentes.

La metodología a utilizar para el Monitoreo Hidrobiológico será el siguiente:

a) Obtención de metadatos

- Información climática de la región
- Ficha del campo con descripción del hábitat

b) Parámetros físico-químicos

- Determinación de las estaciones de muestreo limnológico.
- Morfometría (ancho, profundidad promedio) de los ambientes acuáticos.
- Tipo de agua
- Transparencia del agua

- Color aparente del agua
- Tipo de fondo

c) Estrategia de muestreo:

- Reconocimiento de la zona de estudio
- Cartografía eficiente para ubicar los puntos de muestreo: Utilización del Plano donde se encuentran los Puntos de Monitoreo Hidrobiológicos, realizados en el Estudio de Impacto Ambiental.
- Registro fotográfico de los diversos hábitats.

Estrategias para el Muestreo de Plantas acuáticas

- Observación
- Colecta directa
- Tomas fotográficas.

Muestreo de Fauna Terrestre

- Observación
- Encuesta a pobladores
- Tomas fotográficas

***Muestreo de Plancton**:*

- Filtrado de un volumen determinado de agua (20 lts) con red estándar de plancton con malla de 45 micras.
- Fijación directa de las muestras en formalina azucarada al 5%.

***Muestreo de bentos**:*

- Toma de sedimentos Red de fondo (D-net).
- Posterior tamizado de las muestras con malla de 0.5 mm.
- Fijación directa de las muestras en alcohol al 70%.

***Muestreo de peces**:*

- Captura con red de mano (calcal de 50 cm de diámetro y bolsa de 90 cm) con malla de 2mm Para fines taxonómicos fijación directa de muestras en formol al 10%.

d) Estrategias para toma de datos:

- Empleo de fichas y libreta de campo para la hidrobiología
- Empleo de cámara fotográfica para detalles de los hábitats y entorno.
- Empleo de aparejos y equipo de colecta de material biológico.

e) Procesamiento de datos:

- Se realizará la separación, identificación, clasificación, distribución y catalogación del material biológico obtenido de los muestreos, para ello se utilizarán los datos relacionados obtenidos en el campo.

f) Parámetros para interpretación:

- Composición taxonómica de organismos de cada comunidad biológica.
- Abundancia relativa y numérica de componentes de las comunidades biológicas.
- Organismos indicadores (invertebrados acuáticos y peces)
- Condiciones físico-química y biológicas de la zona.
- Encuestas a pobladores y pescadores.

Ver en los Anexos de Planos las Estaciones de Monitoreos.

7.18 COMPARACION ENTRE DISPOSICIÓN SUBACUATICA Y DISPOSICIÓN SUPERFICIAL

El problema ambiental más serio ligado a las actividades mineras es la disposición de relaves ya que estos generan el Drenaje Ácido de Mina (AMD) producido por los relaves que contienen sulfuros (sulfuro de hierro). La generación de AMD es una consecuencia de la interacción de minerales

sulfurosos, aire y agua. El agua ácida generada por el AMD puede, entonces, crear condiciones bajo las cuales los metales pesados tóxicos se disuelven y permanecen disueltos en las aguas superficiales y subterráneas. Algunos metales como el Zinc, son aún móviles en condiciones de PH cercanas al neutral; una vez que han sido liberados durante el proceso de oxidación.

La producción de AMD es más pronunciada en relaves insaturados y en donde los relaves tienen acceso al oxígeno atmosférico. El drenaje producido, cuando estos relaves se oxida, contienen típicamente altas concentraciones de metales disueltos que migran a los cuerpos de agua receptores subterráneos y superficiales, como lagos y cursos de ríos. El método para minimizar la generación de acidez es inhibir la oxidación de los minerales sulfurosos.

La disposición subacuática de relaves, en un lago, es una manera efectiva de inhibir la oxidación de los relaves. No sólo se ha probado la efectividad de la disposición de relaves y el almacenaje subacuático como medios de mitigación de la generación de acidez, sino también se ha demostrado, que un lago puede retomar a su estado ecológico productivo, una vez que las operaciones mineras hayan cesado, aunque el ecosistema final puede diferir en algo del original.

La siguiente es una revisión de la disposición subacuática de relaves y recuperación de los cuerpos de agua, bajo condiciones ambientales variadas.

La disposición subacuática de relaves ha sido practicada en Canadá pro más de 30 años, y ha logrado ser una solución ampliamente aceptada para inhibir el AMD en la última década. El objetivo del confinamiento de los relaves e inundación es limitar la oxidación de los minerales sulfurosos. Cuando se logra esto, la generación de acidez y la liberación de metales se minimizan. La tasa de difusión del oxígeno a través del agua, o poros llenos de agua en los relaves, es cerca de 10 000 veces menor que en el aire. Como consecuencia, se reduce enormemente la tasa de oxidación de sulfuro y la liberación de metales mediante la saturación o inundación de los relaves.

En condiciones de operación, cuando las tasas de sedimentación son altas, existirá pérdida de hábitat como resultado de la disposición de relaves en los lagos existentes. No obstante, las tasas de liberación de metales en ambientes subacuáticos tienen generalmente un orden de magnitud menor que ocurriría como resultado de la oxidación de los relaves en una playa o en pilas.

Debe notarse que con el fin de prevenir la disolución de metales, en el largo plazo, es necesario que los relaves permanezcan inundados y no disturbados. Esto es mejorado por la disposición natural de los sedimentos y materia orgánica en los relaves. Si el proceso de disposición no es suficientemente rápido, entonces se puede depositar una capa de arena sobre los relaves. Esta capa inhibe la migración de los metales presentes en los relaves y previene disturbios de los relaves por acción de las olas.

Algunas investigaciones y estudios de casos incluyen el trabajo realizado por el Centro de Investigación de Agua Subterránea de Waterloo y en el Centro de Tecnología de Noranda (David, 1993; Nicholson et al., 1995; Nicholson et al., 1994; Bernard et al., 1995; y Payant et al., 1995). El Natural Resources Canada, CANMET, ha llevado a cabo a cabo un trabajo significante de recopilación de datos e investigaciones sobre disposición acuática de relaves, bajo el auspicio del Programa Mine Environment Neutral Draigne (MEND) y el Grupo de Trabajo de Drenaje Acido de Mina de British Columbia (MEND 2.11.1ª-b, 1990; MEND 2.11.1ª, 1990; MEND 2.11.1b, 1990; MEND 2.11.1c-a, 1991; Robertson, 1991; Pedersen et. al., 1991; MEND 2.11.1c-b, 1992; MEND 2.11.5ab, 1996; MEND 2.11.5c, 1996; Robertson et. al., 1997; y, Pedersen et al., 1997; MEND 2.18.1, 1997).

Estos trabajos soportan la posición, de que la disposición de relaves es una solución ambientalmente correcta para inhibir la generación de acidez y la liberación de metales de los minerales sulfurosos. El trabajo culminó con el desarrollo de guías para la disposición subacuática de relaves (MEND 2.11.9, 1998), disponibles a través de la Secretaría del Natural Resources Canada MEND. En el Apéndice A se presentan algunos casos de estudio en lo

referente a la reducción de generación de acidez o su prevención, como resultado de la disposición subacuática.

La disposición subacuática o la inundación de los relaves al cierre de las actividades ha alcanzado un éxito significativo en numerosas minas, como:

- Solbec Mine, Québec
- Falconbridge "New Tailings Area", Falconbridge Notario
- Quirke Mine, Elliot Lake, Ontario
- Panel Mine, Elliot Lake, Ontario
- Denison Long Lake Basin, Elliot Lake, Ontario
- Heath Steele Mines, Newcastle, New Brunswick, Canadá
- Anderson Lake, Manatoba, Canada
- Mandy Lake, Manatoba, Canada
- Buttle Lake, British Columbia, Canada
- Benson Lake, British Columbia, Canada
- Equity Silver Mine, British Columbia, Canada
- Louvicourt Mine, Val d'Or, Quebec
- Island Copper Mine, British Columbia, Canada

7.18.1 RECUPERACION DE LA LAGUNA LUEGO DE LA DISPOSICIÓN SUBACUATICA DE RELAVES

Inicialmente, la disposición subacuática de relaves eleva la turbiedad del lago, suaviza los contornos de los sedimentos de la zona profunda, erradica la vida de los invertebrados bénticos y eleva las concentraciones de metales (comparado con las concentraciones iniciales) en la columna de agua y la vida acuática. La recuperación del sistema depende de la presencia y tasa de acumulación de la materia orgánica, la profundidad de la poza y el tipo de ecosistema. Se pueden tomar medidas para acelerar la recuperación natural y restablecer un ecosistema acuático viable que prospere bajo las condiciones alteradas.

En la década pasada, se han investigado un gran número de sitios donde ha ocurrido una recuperación natural y asistida de los lagos y depósito de relaves inundados. Donde las operaciones habían cesado, se alcanzó una recuperación con un grado significativo de éxito.

En muchos casos existe una recuperación de las comunidades bénticas ya acuáticas, aunque el ecosistema de lago profundo es reemplazado por un ambiente de lago somero. La utilización de materia orgánica facilcita la recuperación. Los sistemas investigados desarrollan un ecosistema natural por el cual se formó una capa de sedimentos naturales y materia orgánica sobre los relaves. En los lugares donde la zona anaeróbica es mantenida en los sedimentos sobre los relaves, los relaves permanecían aislados en forma de sulfuros y no son móviles ni son absorbidos de manera significante por la biota béntica.

En cuanto al factor economico de esta operación (disposición subacuatica) esta dependera mucho de la geografia de la zona, del volumen a depositar y la distancia del cuerpo de agua de la operación. En el caso de Raura esto es mas factible ya que la planta se encuentra en la playa de la laguna y hay un diferencial de cota de 3.5 metros que permite realizar la disposición por gravedad, utilizando tuberías HDPE y no existe clasificacion alguna de relave.

En el caso de la disposición sobre superficie (Nieve Ucro II) esta es mas compleja ya que se requiere trabajos adicionales como diques de arranque y ciclones para clasificar los gruesos y finos y depositarlos aguas arriba / aguas abajo según sea el caso. Ademas los relaves estan expuestos a la atmosfera y son potenciales generadores de acidez.

La mejor manera de proteger los recursos acuáticos aguas abajo y receptores del drenaje es evitar la exposición atmosférica de los metales sulfurosos (en relaves y desmonte). Una manera efectiva de alcanzar esto es disponerlos y mantenerlos bajo agua, donde se inhibe la oxidación.

Los estudios de laboratorio y de campo en las décadas pasadas han demostrado que la disposición subacuática de relaves puede ser una solución exitosa en el control y prevención del drenaje ácido y la liberación de metales; permitiendo la restauración del hábitat luego de las operaciones de mina. Se han demostrado que es posible la recuperación del ecosistema acuático. Los estudios de casos han demostrado que luego del cierre y de las operaciones de disposición subacuática de relaves, el ecosistema se ha restablecido gradualmente, a medida que se desarrollan sedimentos naturales y materia orgánica sobre los relaves.

Por la razones expuestas lineas arriba se demuestra que la inundación ofrece la mejor solución ambiental para la prevención de la generación de acidez por los relaves, que han sido depositados de manera subárea en playas y pilas. Los impactos ambientales adversos producidos por la disposición subárea de relaves son significativamente más pronunciados y de mayor duración que aquellos producidos por relaves depositados bajo el agua.

Foto 7-12: MONITOREOS DE LAS LAGUNAS DE LA CUENCA DE LAURICOCHA

CAPITULO VIII

EVALUACIÓN DE ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTALES

En esta sección vamos a identificar, describir y evaluar los impactos ambientales que se generan por la construcción, operación y abandono de estos proyectos y/o alternativas de disposición de relaves de acuerdo al diseño final adoptados.

8.1 AMBIENTE FISICO

8.1.1 TOPOGRAFIA

La construcción y operación de las disposiciones de los relaves generan unos impactos previsibles sobre la topografía del lugar, especialmente el Proyecto de disposición superficial de Nieve Ucro II, ya que esta ocupa un área abrupta con suelos sin cultivos, pero que en el futuro puede servir como tierras de pastoreo de ganado, mientras que en el caso de la disposición de relaves en la laguna de Caballococha, los relaves desplazan un volumen de agua de la laguna.

Se descuenta que el mayor impacto sobre la topografía es ocasionado por la alternativa de la disposición de Nieve Ucro II, pues afecta un terreno, y esta al aire libre con los problemas ambientales que esto implica. Otro tanto ocurre con el impacto visual generado por el panorama.

La comparación de la topografía e impacto visual en el caso de cada quebrada se realiza relacionando el área que afecta el vaso y presa del depósito con respecto a su capacidad de almacenamiento en el caso de Nieve Ucro II.

Otra causa importante de impactos topográficos y estéticos es el relacionado con las áreas que fueron afectadas por la extracción de material de construcción y la construcción de la carretera de acceso al almacenamiento de Nieve Ucro II. La magnitud de este impacto dependio del volumen de material requerido por la presa de Nieve Ucro II con respecto a su capacidad de almacenamiento, y con la procedencia del material en el caso de Nieve Ucro II que fueron de las áreas adyacentes a esta.

También hay que indicar que en el caso de Nieve Ucro II el tendido de la línea de conducción de relaves actualmente instalado pasa por la topografía del entorno a lo largo de 2.8 km. De manera que hay un impacto adicional al respecto.

Por lo expuesto anteriormente se concluye, que la construcción de ambas alternativas de disposición de relaves generan un impacto inevitable e irreversible sobre la topografía del lugar. Como se señala el mayor impacto se produce en la alternativa de la disposición final de Nieve Ucro II, tanto en el tendido de la tubería HDPE como en el almacenamiento de los relaves ya que alteran permanentemente la topografía original, en cuanto al almacenamiento en la laguna de Caballococha el impacto ambiental sobre la topografía se considera de significancia menor.

8.2 CALIDAD DE AIRE

Durante la etapa de construcción del dique de la presa de Nieve Ucro, el tránsito de camiones y tractores, generó un incremento en el nivel de partículas suspendidas que afectaron la calidad del aire. El polvo generado dependió directamente del volumen de material manipulado y de la humedad del mismo, de la distancia transportada, del tipo de camino por lo que la duración del impacto durante la construcción del dique esta relacionada directamente con el volumen de la presa.

Las actividades relacionadas con el almacenamiento de relaves en Nieve UcroII generarón partículas en suspensión que afectarón la calidad de aire; estos impactos solo ocurrieron durante la etapa de construcción, por lo que fueron de carácter temporal y reversible. Esta actividad no genera gases durante la construcción, ni durante la operación o Cierre, el gas de combustión de los vehículos y maquinaria pesada tienen un significado menor porque operan en espacio abierto y a una altitud que favorece la combustión completa.

Durante la operación no se producen impactos negativos sobre este componente debido a que tanto el transporte como el almacenamiento del relave se hace en pulpa.

8.3 SUELOS

La Calidad del Suelo se ve directamente afectada en la zona donde se deposita el relave, en el caso de la laguna de Caballococha bajo el espejo del agua, y en el caso de Nieve Ucro II en la superficie, y este último será proporcional a la extensión del área superficial de cada presa y vaso; por tratarse de una hoyada en el caso de Nieve Ucro II este impacto fue el más significativo. El tendido de la tubería de conducción de relaves hacia Nieve Ucro también afecto las áreas, en el caso de derrames por roturas de esta línea la calidad del suelo fue afectada en menor medida debido a la naturaleza agresiva de estos relaves. La magnitud del derrame dependió de la probabilidad de la falla de la línea y esta a su vez de su longitud, siendo por ello menor en el caso de la línea que va hacia la laguna de Caballococha.

Durante la etapa de construcción la calidad del suelo fue afectada porque se realizaron desbroce en la construcción del dique; otro tanto ocurrio durante la explotación de canteras y construcción de la carretera de acceso hacia Nieve Ucro II y gran parte del suelo en la hoyada fue reemplazado por un material menos competente como es el relave.

Durante la operación el impacto de derrames de relaves de la tubería de conducción afecto muy poco, gracias a la implementación de sistemas de control apropiados y carácter inerte de los relaves; el desmontaje durante el Cierre de esta tubería afectará muy poco este componente.

8.4 AGUAS SUPERFICIALES

Durante la construcción del dique en la hoyada de Nieve Ucro, la totalidad del agua que se encontro almacenada en esta hoyada fue desviada mediante un canal de conducción, y lo mismo ocurrio con el agua que discurre por esta quebrada que fueron desviadas mediante un canal de derivación, para permitir la construcción de la presa. De este modo la construcción misma afecto poco la calidad del agua, de esta manera se mitigo el impacto que pudo ocasionar aguas abajo estos reboses.

La extracción de material de canteras cercanas a la hoyada de Nieve Ucro, y el transporte de este material no afectaron la calidad de agua, ya que esta zona de

extracción de material esta en el lado opuesto de la hoyada de Nieve Ucro, por donde no circula agua.

Por otra parte el agua contenida en los relaves se separaron por decantación, esta agua discurre hacia la cuenca de Lauricocha por la parte inferior del dique, este flujo si pudo ocasionar impactos ambientales aguas abajo, ya que hay organismos acuáticos y terrestres que son muy sensibles al cambio de olor y sabor que reactivos como el Cromo y xantatos pueden impartir al agua; pero debido a los controles efectuados en la Planta Concentradora del cromo y demás reactivos así como los monitoreos que realiza frecuentemente el Departamento de Medio Ambiente este impacto fue menor, puesto que después de ello se ha probado que el relave no ocasiona drenaje ácido u otro tipo de contaminación química.

8.5 AGUAS SUBTERRÁNEAS

Al inicio de disponer los relaves, en la hoyada de Nieve Ucro, altero sin duda alguna el patrón de flujo subterráneo en su área de influencia, aún cuando esta es mínima en esta zona por las características del suelo.

Luego de la disposición inicial en ambos casos el impacto fue menor por las características mismas de los relaves, ya que esta forma una capa compacta en la superficie que impide el paso del efluente hacia la infiltración. Finalmente cabe señalar que el agua subterránea es un recurso que no se emplea mucho en la zona.

Este recurso es de menor importancia en la región; no se emplea en la agricultura ni en otra actividad de producción.

8.6 IMPACTOS EN LOS ECOSISTEMAS TERRESTRES

8.6.1 VEGETACIÓN Y FLORA

El impacto directo tanto de la presa de relaves de Nieve Ucro, como la disposición subacuatica de la laguna de Caballococha es inevitable, porque una de ellas ocupa una hoyada con determinada área de superficie y la otra ocupará las profundidades de la laguna. En el caso del deposito de Nieve Ucro, esta área tuvo vegetación y esta fue reemplazada por relaves y agua, durante la operación y después del cierre se

contempla la revegetación previamente toda el área se cubrirá con una geomembrana, luego se recubrirá con tierra de cultivo para posteriormente reforestarlo; ya que esta área es sensible porque ni ha habido actividad previa como actividad humana ni menos tránsito de vehículos y es por ello más sensible a todo cambio.

Los posibles derrames de relaves que hay en la línea de conducción de relaves hacia la hoyada de Nieve Ucro afectan también la vegetación circundante.

Y en lo que concierne al depósito subacuatico de la laguna Caballococha, también será perjudicial ya que destruirá el ecosistema remanente de las profundidades de la laguna así como los microorganismos que hubieran en dicho lugar así, como los nutrientes.

Durante la operación de almacenamiento de relaves en el caso de Nieve Ucro se cubrió progresivamente las áreas vegetales y el impacto alcanzo un cierto nivel; este impacto es irreversible y permanente, y solo puede ser compensado por regevetación en otras áreas. Como señalamos anteriormente el transporte de relaves producirá impacto muy reducido en caso de derrames habida cuenta del carácter inerte de relave y de solución asociada.

8.6.2 FAUNA TERRESTRE

El impacto directo de la presa de relaves sobre la fauna terrestre fue inevitable, porque se ocupo una hoyada de extensa superficie que era lugar de refugio, alimento y nidificación de la fauna terrestre, esta área fue reemplazada por relaves y agua, durante la operación y después se esta contemplando la regevetación en el Plan de Cierre de Mina. En esta área existe una mayor cantidad y variedad de fauna debido a la escasa actividad humana y a la buena calidad de agua.

El impacto también fue inevitable cuando se construyo el dique de contención de la hoyada de Nieve Ucro, ya que la extracción de material extraído de cantera y el transporte del mismo hacia el lugar de la hoyada desplazo el transito de los animales ya que afecto sus dominios.

8.7 IMPACTO EN LOS ECOSISTEMAS ACUÁTICOS

Anteriormente hemos descrito ya profusamente la calidad de agua de la laguna de Caballococha para la disposición subacuatica, pero tenemos que afirmar que las aguas de las lagunas de Niño Cocha, como de Locacocha, Niño Perdido, Santa Ana Alta, son de buena calidad ya que provienen de los glaciares, así como de las lluvias, también porque están libre de contaminación, mas no así la laguna de Santa Ana y de Caballococha, ya que esta agua estan impactadas, ocasionada por la actividad minera, por lo que la vida acuática en estas dos últimas lagunas es muy pobre por no decir inexistente. La turbulencia y arrastre de sedimentos estacionales y aquellos debidos a derrames de relaves ha destruido la vegetación acuática e impedido su desarrollo. No se anticipa por ello que ocurran mayores impactos sobre la vida acuática de las lagunas de Caballococha y sus efluentes, durante la disposición de relaves tanto en Caballococha como en Nieve Ucro. Sin embargo la vida acuática de las quebradas mismas aguas abajo si serán afectadas en un grado menor tanto en la construcción como durante la operación de la disposición en Caballococha. El grado menor de impacto se debe a que esta zona cuenta con abundante agua, ya sea de los riachuelos, deshielos, ojos de agua, que de alguna forma ayudaran a mitigar veste impacto en aguas abajo.

8.8 REVEGETACION DE AREAS IMPACTADAS

8.8.1 GENERALIDADES

El propósito de la revegetación es restituir la cubierta vegetal de forma permanente en suelos desnudos o degradados por las operaciones mineras en este caso por los relaves, además de lograr incrementar la evapotranspiración y con ello, disminuir la tasa de percolación, de esta manera se impedirá que el agua penetre y genere un drenaje ácido.

Para el caso de la Compañía Minera Raura, dentro del Plan de Cierre Progresivo se incorporará el diseño del sistema de revegetación, como medida de remediación de las áreas que comprende el depósito de relaves (Foto 9-2).

Es importante señalar que se revegetará el 100% del área total, intercalando áreas revegetadas con otras sin revegetar, para el caso del deposito de Nieve Ucro II, manteniendo la armonía con el ambiente natural. Esta alternativa de diseño permite también abaratar los costos.

8.8.2 OBJETIVOS DE LA REVEGETACIÓN

- Determinar los sustratos o coberturas de suelo a utilizar para evitar la posible generación de drenaje ácido en las relaveras al contacto con el agua y también para asegurar el desarrollo de las especies.

- Seleccionar las especies más idóneas a utilizar en la revegetación, de acuerdo a las características de los materiales que conforman las relaveras , y a las condiciones climáticas de la zona.

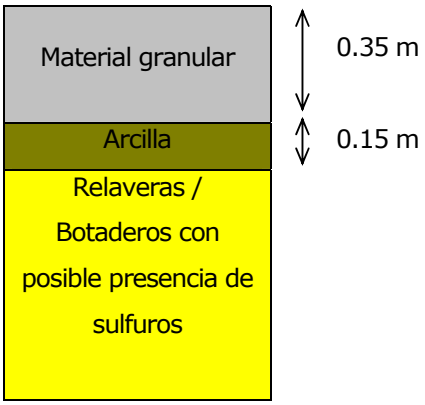
8.8.3 DISEÑO DE COBERTURA A UTILIZAR EN LAS ZONAS DE REHABILITACIÓN

Para la selección de las coberturas, se tendrá en cuenta la calidad de los depósitos de relaves, para esto se tendrá en cuenta: los análisis químicos, sobre todo el pH promedio, mineralogía, cantidad de elementos solubles, potencial neto de neutralización, nivel de concentración de minerales pesados, así como también es importante la estabilidad física del deposito de relaves, teniendo en cuenta la topografía y características de los taludes de los mismos.

a. Diseño de Cobertura a utilizar en las relaveras y botaderos con posible presencia de sulfuros (Tipo I)

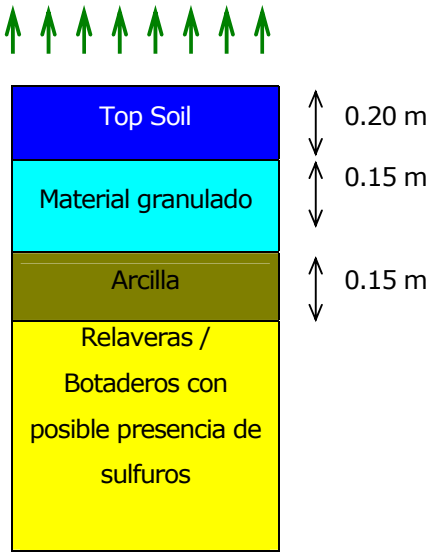
   Para el caso de las relaveras y de los botaderos con posible presencia de sulfuros, en las áreas sin revegetar (50%), se aplicará el siguiente sistema de cobertura: 0.15 m de material arcilloso, 0.35 m de material granular.

Figura N°8-1



En las áreas revegetadas se considerará las siguientes coberturas: 0.15 m de material arcilloso, 0.15 m de material granular y 0.20 m de tierra de cultivo.

Figura N°8-2



b. Características de los sustratos a utilizar en las zonas de rehabilitación

Para la rehabilitación de las relaveras, botaderos, se utilizará los siguientes sustratos o materiales:

- Arcilla

La composición de las arcillas corresponde a aluminosilicatos hidratados. Las partículas de este material tienen un diámetro menor a 2 micras, correspondiendo a suelo de textura fina, siendo muy elástico y pegajoso cuando está húmedo y es duro cuando se seca, siendo lenta su consolidación. Las arcillas son de textura laminar, compactas y tienen ductilidad.

- Material granulado

Se denomina material granulado a los materiales de granulometría gruesa, entre la malla N° 10 y ¼" de tamaño. Este material proviene de la meteorización de roca volcánica.

- Tierra de cultivo o agrícola

La tierra agrícola está constituida por el horizonte superficial de un perfil de suelo (top soil), se caracteriza por tener un color oscuro, buena estructura, porosidad, alta actividad microbiana y alto contenido de materia orgánica procedente de aportes de hojas, tallos y flores, así como de estiércol de animales. Las capas de este material son de espesor variable entre 0.20 m a 0.30 m, siendo el óptimo 0.20 m debido a la profundidad de las raíces de las especies a sembrar.

Este material será el sustento de las especies vegetales seleccionadas para el diseño del sistema de revegetación sobre las relaveras, botaderos y las áreas antes mencionadas después de su demolición.

c. Selección de especies nativas y cultivadas para revegetar en las zonas de rehabilitación de Raura

La selección de las especies apropiadas para la revegetación en la Compañía Minera Raura, se basa en las condiciones climáticas y de altitud de la zona, entre las cuales tenemos la predominancia de pastos nativos, como el ichu (Stipa ichu), y Calamagrostis sp, siendo los más representativos y resistentes a las condiciones del medio.

La apropiada selección de especies es de vital importancia para el éxito de la revegetación en zonas intervenidas por los relaves, no obstante debemos tener en cuenta la técnica de siembra, la profundidad de colocación de la semilla, la profundidad del hoyo en el caso de colocar esquejes, la temporada de siembra, la tasa de siembra, entre otros factores que influyen en el éxito de la instalación de la vegetación, como son la instalación de un sistema de riego adecuado si fuera necesario y otras técnicas posteriores a la siembra como el mantenimiento y la implementación de una Programa de monitoreo del sistema.

En tierras de zonas altoandinas se recomienda la utilización de plantas forrajeras nativas o exóticas que se adapten a la zona, y que sean de raíces cortas, debido a la delgada capa de tierra cultivada colocada como sustrato de la vegetación. Las plantas forrajeras pueden ser tanto gramíneas como leguminosas son la base de alimento del ganado, además que enriquecen y mejoran la fertilidad del suelo a largo plazo.

Entre las posibles especies a utilizar tenemos:

- Pastos nativos

Las especies de pastos nativos de la zona de puna, que tienen características de rusticidad y resistencia a las condiciones climáticas y de suelos son:

- Calamagrostis sp

Especie perenne, de 10 a 30 cm. Es una especie rústica que se desarrolla en suelos pobres, franco limosos de buen drenaje, resistiendo bien la sequía y las heladas. Cuando tierno es apetitoso para el ganado. Habita lugares secos en la zona altoandina, aproximadamente desde los 3800 hasta 4700 msnm.

- Stipa ichu

  Especie erecta, llega hasta 1.5 m de altura. Crece bien en zonas secas de campos cultivados y caminos. Sus brotes tiernos son apetecibles sobre todo para el ganado bovino y equino. Es una gramínea que se desarrolla desde los 3500 hasta 5000 msnm. Su presencia indica pobreza de pasturas, porque crece en suelos pobres y resiste el sobrepastoreo y sequías prolongadas.

d. Alternativas seleccionadas de especies a utilizar en Raura

Para la revegetación de la Compañía Minera Raura, se utilizará especies de pastos nativos altoandinos como son Stipa ichu, Calamagrostis sp. por ser especies propias de la zona; además de resistir sequías, heladas y fuertes vientos. Para la utilización de estas especies de pastos nativos se propone la recolección de la mayor cantidad de semillas de las especies mencionadas y de otras especies perennes y rústicas que soporten heladas y largas temporadas de sequía, antes de su floración, la época mas adecuada para esta actividad seria al inicio de la primavera, teniendo cuidado de seleccionar las semillas de mejores características. Luego de recolectar las semillas, lo más recomendable es colocarlas en almácigos y habilitar un vivero donde se pueda producir de forma continua y permanente esquejes y macollos de estas especies.

En el caso de no prever la cantidad de semillas necesarias para la siembra en el momento de revegetar, se tendrá que extraer macollos de ichus y Calamagrostis sp. en forma de damero para no dejar descubierto el campo y que sea susceptible a la erosión hídrica y eólica. De cada macollo se seleccionan los esquejes en el momento de la siembra.

CAPITULO IX

DESCRIPCION DEL AREA DE INFLUENCIA DE LA UNIDAD MINERA

9.1 MEDIO AMBIENTE FISICO

9.1.1 SUELOS

La evaluación de suelos contempla un estudio edafológico morfogenético, conjuntamente con el factor agrológico, para con ello determinar la Capacidad de Uso Mayor y Uso Actual de las tierras.

A. Proceso Formativo de los Suelos

Los suelos de las regiones áridas y semiáridas se caracterizan por estar sometidos a una baja o nula precipitación, con fuertes precipitaciones cortas y estacionarias y un clima homogéneo durante todo el año. Generalmente solo la parte superficial de los terrenos se encuentra expuesta a una fuerte radiación, las alteraciones químicas de los mismos son muy débiles y la reserva de minerales es alta, por lo que la alteración física del suelo es intensa, especialmente cuando las temperaturas diurnas son elevadas.

B. Clasificación Taxonómica de los Suelos

De acuerdo al sistema Soil Taxonomy (USDA 1975) y a las normas tecnológicas usadas para la clasificación de los suelos contenidas en el Soil Survey Staff del Departamento de Agricultura de los EE.UU. de Norte América, los suelos del área se han clasificado como se describe a continuación.

Los suelos de la zona del proyecto son suelos líticos, peñascosos o rocosos con escasa o inexistente cubierta edáfica. El cuadro edáfico

está conformado principalmente por suelos medianamente profundos de textura media con un horizonte superficial A bastante conspicuo, negro y ácido. Estos suelos tienen por lo general influencia volcánica (páramo Andosoles) o escasa o ninguna influencia piroclástica (paramosoles). Los litosoles completan el escenario edáfico, ubicándose en pendientes pronunciadas donde emerge la roca viva (formaciones líticas). En las áreas húmedas de depresiones dominan los gleysoles altoandinos e histosoles (suelos orgánicos).

Los suelos en la zona del proyecto poseen un potencial agrícola muy limitado debido a las rigurosas condiciones climáticas y limitaciones físicas del terreno, quedando limitado su uso a una actividad pecuaria, pastoreo ocasional. Estos suelos no ofrecen condiciones racionales ni económicas para uso con fines agrícolas.

Las partes altas muestran suelos de relieve extremadamente pronunciado, con presencia de superficies desnudas y severamente erosionadas, lo que las hace no aptas para fines agropecuarios.

9.1.2 CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS DE ACUERDO A SU CAPACIDAD DE USO

- **Criterios Básicos**

La presente sección constituye la interpretación práctica de las unidades edáficas, las cuales se han descrito en el capítulo correspondiente a suelos.

El sistema de clasificación de las tierras por Capacidad de Uso Mayor es un ordenamiento sistemático, práctico e interpretativo que se basa en la aptitud natural de los suelos para producir constantemente bajo tratamientos continuos y prácticas de manejo adecuadas, evitando su destrucción y deterioro que incide desfavorablemente en la estabilidad del régimen hidrológico y disponibilidad de otros recursos conexos.

La Capacidad de Uso se basa en las limitaciones permanentes del terreno y su criterio básico se rige fundamentalmente por la naturaleza y grado de las limitaciones que supone el uso del suelo.

Las tierras han sido clasificadas de acuerdo a las normas técnicas establecidas en el reglamento de clasificación de tierras, aprobado por Decreto Supremo 0062/75 AG del 22 de enero de 1975.

El criterio básico que rige esta clasificación se fundamenta en la caracterización de los factores bioclimáticos que tipifican una determinada zona de vida, los cuales intervienen en forma conjugada con los factores edáficos limitantes.

- **Categorías del sistema**

El sistema establece cinco categorías mayores, denominadas grupos de capacidad de uso mayor, establecidas en función a la vocación natural de la tierra para producir un determinado grupo de plantas, conformando áreas que tienen características similares en cuanto a su aptitud natural, para la producción de cultivos: en limpio, permanentes, pastos, forestales y áreas de protección, las cuales se expresan de la siguiente manera:

Grupo A: Tierras Aptas para cultivos en limpio
Grupo C: Tierras Aptas para cultivos permanentes
Grupo P: Tierras Aptas para pastos.
Grupo F: Tierras Aptas para producción forestal
Grupo X: Tierras de Protección

- **Definición de los Grupos de Capacidad de Uso Mayor**

<u>Tierras Aptas para cultivos en Limpio (A)</u>

Reúne condiciones ecológicas que permiten la utilización periódica y continuada del suelo para el sembrío de plantas herbáceas o semi arbustivas anuales, o de corto período vegetativo, bajo técnicas económicamente accesibles a los agricultores del lugar, sin deterioro de la capacidad del suelo ni alteración del régimen hidrológico de la cuenca. Estas tierras por su alta calidad agrológica podrán dedicarse a otros fines (cultivos permanentes, pastos, producción forestal y protección),cuando en esta forma se obtenga un rendimiento económico

superior al que se obtendría de su utilización con fines de cultivo en limpio o cuando el interés social del Estado lo requiera.

Tierras Aptas para cultivos permanentes (C)

Son aquellas cuyas condiciones ecológicas no son adecuadas para la utilización periódica y continuada del suelo, pero que permiten la implementación de cultivos perennes, sean estos herbáceos, arbustivos o arbóreos, así como forrajes, bajo técnicas económicamente accesibles a los agricultores del lugar, sin deterioro de la capacidad productiva del suelo, ni alteración del régimen hidrológico de la cuenca. Estas tierras podrán dedicarse a otros fines (pastos, producción forestal y protección), cuando en esta forma se obtenga un rendimiento económico superior al que se obtendría de su utilización con fines de cultivo permanente o cuando el interés social del Estado lo requiera.

Tierras aptas para pastos (P)

Son aquellas que no reúnen las condiciones ecológicas mínimas requeridas para cultivos en limpio o permanentes, pero que permiten su uso continuado o temporal para el pastoreo bajo técnicas económicamente accesibles a los agricultores del lugar, sin deterioro de la capacidad productiva del suelo, ni alteración del régimen hidrológico de la cuenca. Estas tierras podrán dedicarse a otros fines (producción forestal y protección), cuando en esta forma se obtenga un rendimiento económico superior al que se obtendría de su utilización con fines de pastos o cuando el interés social del Estado lo requiera.

Tierras aptas para producción forestal (F)

No reúnen las condiciones ecológicas mínimas requeridas para su cultivo o pastoreo, pero permiten su uso para la producción de maderas y otros productos forestales secundarios, siempre que sean manejados en forma técnica para no causar daño ni deterioro en la capacidad productiva del recurso ni alterar el régimen hidrológico de la cuenca.

Estas tierras podrán dedicarse a la protección, cuando el interés social del Estado lo requiera.

Tierras de protección (X)

Conforman este grupo las tierras que no reúnen las condiciones ecológicas mínimas requeridas para la producción de cultivos en limpio o permanentes, pastos o producción forestal. Se incluyen dentro de este grupo: picos, nevados, pantanos, playas, cauces de ríos y otras tierras que aunque presenten vegetación natural boscosa, arbórea, arbustiva o herbácea, su uso no es económico y deben ser manejados con fines de protección de cuencas hidrográficas, vida silvestre, valores escénicos, científicos, recreativos y otros, que impliquen beneficio colectivo o de interés social.

- **Clases de Capacidad de Uso Mayor**

La subdivisión de los grupos de capacidad de uso mayor está referida a categorías de menor amplitud denominadas "clases", determinadas en función de la calidad agrológica de los suelos.

Es una categoría establecida en función de la calidad agrológica del suelo, determinada en base a la capacidad productiva de la tierra. Cada clase incluye tierras que requieren distintas modalidades de manejo y conservación. Se han establecido 3 niveles de calidad agrológica: alta, media y baja, los cuales se representan por números 1, 2 y 3 respectivamente. Los grupos de capacidad de uso mayor están representados por letras mayúsculas correspondientes al símbolo de cada Grupo de Uso Mayor, seguido de un número arábigo (calidad agrológica). Ej: A1,A2, A3, C1, C2, C3, etc.

- **Subclases de Capacidad**

Constituyen una categoría establecida en función de los factores limitantes y de los riesgos que restringen el uso del suelo. Las subclases de capacidad agrupan los suelos de acuerdo a la "clase de

limitación" o problemas de uso por largo tiempo. En este sentido, agrupan aquellos suelos que presentan factores similares en cuanto a limitaciones o riesgos. Lo importante en este nivel categórico es puntualizar la deficiencia más relevante como causal de la limitación de uso de las tierras.

En resumen, representa el factor que define la ubicación de un determinado suelo dentro de una clase y Grupo de Capacidad de Uso Mayor.

Dentro del sistema elaborado, han sido reconocidas seis factores limitantes fundamentales que caracterizan a las subclases de capacidad:

Deficiencia o limitación por suelo (factor edáfico) (s).
Deficiencia o limitación por topografía – erosión (e).
Deficiencia o limitación por drenaje (h)
Deficiencia o limitación por inundación (i).
Deficiencia o limitación por clima (c).

9.1.3 RIESGOS NATURALES

A. Generalidades

Se denomina peligro o amenaza natural a todos los fenómenos atmosféricos, hidrológicos, geológicos (especialmente sísmicos y volcánicos) u originados por el fuego que dado a su severidad y frecuencia afectan de manera adversa a los seres humanos, a sus estructuras o actividades (Manual de Peligros Naturales, OEA, 1993).

A pesar de ser "naturales" estos peligros tienen ciertos elementos de participación humana. Por ello, debemos distinguir tres conceptos:

Evento Físico

Es un fenómeno natural que no afecta a los seres humanos porque sus efectos no entran en contacto con ellos.

Peligro Natural

Es un fenómeno natural que ocurre en un área poblada con infraestructura que pueda ser dañada.

Desastre Natural

Es una emergencia derivada de la acción de las fuerzas naturales que tiene consecuencias excepcionales, tales como pérdidas de vidas, perjuicios en la infraestructura física y de servicios de un país, así como pérdida de bienes materiales en grado tal que se vea afectado el proceso de desarrollo económico, social y ambiental.

B. Area de influencia Sísmica en el Área del Proyecto

Para la determinación del área de influencia sísmica de la zona del proyecto, es necesario considerar el máximo sismo que puede producirse en la región, de tal manera que tomando en cuenta los factores de atenuación, éste sismo que puede ocurrir en los bordes del área, puede producir como máximo una aceleración de 100 cm/seg^2 en el área del Proyecto, la que corresponde, como veremos posteriormente, a una intensidad del orden de VI de la escala de Mercalli Modificada (MM).

Basándose en el estudio sismotectónico realizado, el sismo máximo considerado es de magnitud 6.96 mb (mb=magnitud calculada con ondas de cuerpo. El área de influencia sísmica efectiva, es de forma rectangular cuyos lados miden 400 y 1000 Km. respectivamente. La longitud mayor es paralela al eje del sistema Andino y, a las estructuras tectónicas regionales.

C. Análisis Espacio-Temporal de la Actividad Sísmica

Este análisis se realiza considerando el tipo y cantidad de información que se encuentra disponible en la actualidad, la cual es de dos tipos: el primero corresponde a la información histórica, en la que solo se tiene narraciones de los efectos de los sismos ocurridos desde el comienzo de la historia escrita en el país y, de acuerdo a como éstos afectaron el asentamiento de los conquistadores primero y de los colonos después; esto significa que se desconoce lo ocurrido antes de 1513 (Silgado,1978), no solo en el Perú sino en

toda América; por otro lado la información que se tiene para las zonas del proyecto, no es de carácter directo, sino inferencial, debido a que las narraciones sobre los daños están relacionadas solo a las poblaciones afectadas, desconociéndose la ubicación del epicentro y la magnitud del sismo.
El segundo tipo de información corresponde al presente siglo y es fundamentalmente de carácter instrumental, por lo que se puede disponer de la ubicación del epicentro y aún de la magnitud de por lo menos los sismos mas importantes (especialmente antes de 1963). La determinación hipocentral instrumental, que a comienzos del siglo fue pobre (errores mayores de un grado), fue mejorando progresivamente, conforme aumentaba el número de estaciones y mejoraba también el control del tiempo.

A partir de Agosto de 1963, se comenzó a instalar una red estándar en el ámbito mundial (World Wide Standard Seismograph Network-WWSSN) que para 1964 aumentó notablemente la cantidad de estaciones sismológicas, mejorando sustancialmente la ubicación hipocentral y la determinación de las magnitudes; éste aumento de información permite efectuar estudios mas precisos de Riesgo Sísmico.

D. Historia Sísmica en el Area de Influencia

De la historia sísmica revisada para los siglos pasados (1513-1899) (Silgado,1978), no hay información específica para la zona de estudio; sin embargo, debe haber sido afectada en cierto grado por algunos sismos que han ocurrido en el territorio Peruano; entre éstos se puede mencionar como uno de los mas importantes, el terremoto del 28 de Octubre de 1746 (8.4 Ms?), que destruyó totalmente Lima, probablemente afectó a la zona del proyecto con intensidades posiblemente del orden VII-VIII MM; éste sismo fue uno de los mas grandes que hayan sacudido el centro del borde oriental del Continente; fue sentido desde Guayaquil hasta Tacna y, por el Este, hasta el valle del Huallaga y también Cusco.

9.1.4 CLIMA Y METEOROLOGÍA

La zona del proyecto se ubica en un clima de tundra seca de alta montaña, según la clasificación para el Perú propuesta por Schroeder.

La zona se caracteriza por una marcada diferencia en el régimen de precipitaciones a lo largo del año, con una temporada de lluvias entre los meses de octubre y abril, seguida de una época de estiaje de mayo a setiembre.

La temperatura de Raura varía en los meses de estiaje de un máximo de 12 °C a un mínimo de -10 °C, siendo la temperatura promedio de 7 °C. Durante la época de lluvias el valor promedio es de 10 °C con un máximo de 14 °C y un mínimo de 0 °C.

En vista que no existe información amplia de la zona, se ha obtenido la precipitación media mensual tomando como referencia la información pluviométrica de 11 estaciones geográficamente cercanas, con altitudes similares a la de la laguna Caballococha, de modo tal que por correlación nos permite asumir y estimar un promedio de precipitaciones aplicable a la cuenca de dicha laguna.

La información hidrológica que ha sido utilizada, corresponde a registros que cuentan entre 14 y 42 años, para una altitud promedio de 4343 msnm. Los resultados del análisis de dicha información, indican que los promedios de precipitación obtenidos, son aplicables a la cuenca de la laguna Caballococha cuya altitud es de 4600 msnm.

9.1.4.1 Hidrología

La zona del proyecto se encuentra en la cuenca del río Marañón. En la zona existen gran números de lagunas de origen glaciar. El río que une las lagunas no posee nombre, los pobladores del lugar no pudieron informar sobre el

nombre, existiendo varias toponimias.

Las lagunas en la cabecera de la cuenca de Caballococha son Niñococha y Niño Perdido. Niñococha está ubicada a 4795 msnm y es alimentada

principalmente por agua de deshielo, siendo esta laguna la fuente de abastecimiento de agua potable para el campamento de Raura y de uso industrial para la planta concentradora. El rebose de Niñococha drena por gravedad a la laguna Santa Ana.

Niño Perdido se ubica a 4734 msnm y se encuentra al pie de un glaciar que la alimenta por medio de un riachuelo formado por los deshielos, llegando sus aguas a Santa Ana. Santa Ana está ubicada a 4681 msnm y recibe aparte del agua de las lagunas Niñococha y NiñoPerdido, las aguas de la laguna Santa Anita ubicada al pie del glaciar León Dormido. La laguna Santa Ana está conectada a Caballococha mediante un túnel.

A continuación se describen las lagunas relevantes para el proyecto de disposición subacuática de relaves.

La Laguna Puyhuancocha se encuentra ubicada en la parte superior de la laguna Caballococha. Es una laguna no impactada que es alimentada por los deshielos del glaciar.

La Laguna Nieve Ucro es una laguna temporal alimentada por deshielos y precipitación. Se trata de una laguna no impactada.

Laguna Caballococha

El área de la laguna es de 32,75 ha y la profundidad máxima es de 22 m. El volumen de Caballococha es de 3 579 762 m^3. La Laguna Caballococha recibe el rebose de la laguna Santa Ana y descarga a Tinquicocha mediante un túnel. El nivel de la laguna es de 4573 msnm. El agua de esta laguna se utiliza industrialmente para abastecer en parte las necesidades de la planta concentradora.

La laguna Caballococha se encuentra impactada ya que ha recibido relaves durante 36 años y porque recibe los efluentes de la planta. El relave fue depositado en el pasado en forma subaérea quedando expuesto a oxidación y lixiviación de los metales. Raura en el marco del PAMA se ha comprometido a repulpar estos relaves y enviar parte de ellos a la cancha de relaves de Nieve Ucro II. Una parte se usa para relleno de mina.

Durante la realización de los estudios necesarios para el PAMA (Raura, 1996) se realizó un estudio hidrobiológico de la laguna y no se encontró ningún tipo de organismo animal en los litorales. Caballococha es actualmente una laguna muerta.

Laguna Tinquicocha

La laguna Tinquicocha se ubica a 4350 msnm, posee un área de 71,94 ha y un volumen de 22,6 millones de m^3, con una profundidad máxima de 60 m. La laguna como su nombre en Quechua lo indica está dividida en dos partes marcadas y drena hacia la laguna Chuspi.
La laguna Tinquicocha es el cuerpo receptor final de los efluentes de la Unidad Minera Raura. La laguna recibe la descarga de Caballococha, las aguas de mina de la bocamina Tinquicocha, así como el agua de rebose de la cancha de relaves Nieve Ucro II. Además existen quebradas que alimentan la laguna durante la época de lluvia.

En la orilla sur, cerca de la bocamina, se ha dispuesto desmonte. La caracterización de este desmonte llevada a cabo durante el PAMA (Raura, 1996) señala que está compuesto por 70% de carbonatos y un 23% de silicatos cálcicos skarn, además de 7% de sulfuros. El resultado del ABA dieron como resultado que este desmonte no es generador de acidez.

9.1.4.2 Calidad de Agua Superficial

La calidad del agua de los cuerpos hídricos de la zona ha sido estudiada en diversos trabajos. Además de los datos de monitoreo que posee Raura, existen datos del estudio de Pre-Factibilidad de Klohn Crippen para la Disposición Subacuática de Relaves (Klohn Crippen, 1996) y del Estudio Limnológico de la Universidad Agraria (UNALM-MEM, 1999). Asimismo, durante la realización del presente trabajo se ha efectuado un monitoreo de la calidad de agua de los cuerpos de agua del área de estudio.

Laguna Caballococha

El monitoreo efectuado por Raura se realiza a la salida de la Laguna Caballococha. Se cuenta con datos desde diciembre del 98 y se consideran sólo los parámetros señalados en la RD N° 011-96-EM/VMM para efluentes. Estos análisis no señalan el límite de detección y cuantificación de los parámetros.
En el marco del Estudio de Prefactibilidad de Disposición de Relaves en Caballococha (Klohn Crippen, 1996) se realizó un monitoreo de la Laguna Caballococha. Los valores de pH encontrados fueron muy altos, todos cerca de un valor de 10 y altos valores de iones sulfato (alrededor de 300 mg/l).

Los metales pesados que se encuentran sobre límites determinados por la Ley General de Aguas son el cromo y el plomo. Los límites de detección de níquel son muy elevados para poder discutir los valores límites de la LGA, los cuales dicho sean de paso son mucho más estrictos que el estándar internacional.

Las concentraciones de cromo encontradas en 1996 se encuentran entre 0,609 y 0,637 mg/l. Estos valores no cumplen con los límites de la LGA para Uso I (abastecimiento de agua potable) y Uso VI (vida acuática), pero sí con los límites para Uso III (regadío o ganado). Debe hacerse la aclaración que la LGA no distingue entre Cr(III) y Cr(VI).

Los monitoreos efectuados por Raura muestran valores de pH muestran una mejoría y se encuentran en el rango ligeramente básico entre 7 y 8,8. Por lo demás los valores de metales pesados están por debajo de su límite de detección (el cual no se señala) y en concentraciones que cumplen con todos los Usos de la LGA.

Se tomaron muestras de la laguna, parte sur y de la estación de monitoreo E-3, correspondiente al punto de monitoreo de Raura. Los valores de la salida de la Laguna Caballococha muestra un valor de pH de 8, la concentración de plomo

cumplen con los Usos I y III de la LGA. La concentración de Cr es de 0,217 mg/l y cumple con el límite de Uso III.

La concentración de cromo es más elevada que la concentración natural observada en otras lagunas no impactadas. Los valores obtenidos en la muestra de la propia laguna son iguales dentro del margen error a los obtenidos en la estación de monitoreo E-3.

Se puede concluir que la Laguna Caballococha es una laguna impactada por la actividad minera, siendo los metales de preocupación el cromo y el plomo.

Laguna Tinquicocha

Raura monitorea la salida de la Laguna Tinquicocha (Estación E-5). Los valores de pH se encuentran en el rango de neutro a ligeramente básico encontrándose valores entre 6,6 y 8,2. Los metales medidos con excepción del cromo se encuentran por debajo de los límites establecidos para todos los Usos en la LGA. El cromo puede encontrarse en concentraciones de 0,100 mg/l, esta concentración es superior a los límites para Uso I y VI establecidas en la LGA.

El monitoreo realizado en el marco de este estudio de la estación E-5 muestra un valor de cromo de 0,115 mg/l, el cual excede los límites de Uso I y VI. La concentración de plomo encontrada es de 0,004 mg/l y cumple con todas las exigencias de la LGA. Todos los demás valores cumplen con las exigencias de la LGA.
Los valores encontrados para cromo fueron entre 0,042 y 0,049 mg/l, todos por debajo de los límites establecidos por la LGA para todos los Usos. La concentración de sulfato está entre 315 a 335 mg/l.

La muestra de la laguna Tinquicocha analizada en el marco de este estudio muestra valores parecidos a la muestra en la estación E-5 a excepción de valores más elevados de cromo 0,167 mg/l. Los valores de plomo en la laguna

también son más elevados que en la salida 0,011 mg/l, pero por debajo de los límites de la LGA. La concentración de sulfato encontrada fue de 256 mg/l.

9.1.4.3 Calidad de Agua Subterránea

En el curso de los estudios de campo se efectuaron 5 perforaciones para la instalación de pozos de monitoreo de agua subterránea. Estas perforaciones se realizaron en el marco del estudio geotécnico para el desarrollo del proyecto. Se obtuvieron muestras de dos de ellos, el SG-el SG-00.04 y SG-00.05.

Según la LGA, el agua subterránea debe considerarse como agua de Uso I. Los pozos se encuentran ubicados en el eje entre la laguna Caballococha y Nieve Ucro. El pozo SG-2000.04 aguas arriba del pozo SG-2000.05.

El agua del pozo SG-00.04 muestra una concentración de arsénico de 0,713 mg/l, este valor supera el límite de la LGA para Uso I (0,1 mg/l). Esta concentración es mayor a las encontradas en el agua de relave depositada en Nieve Ucro (0,004 mg/l). Podría deberse a una contaminación de la muestra, ya que el agua del pozo SG-00.05 aguas abajo muestra una concentración por debajo del límite de detección (0,004 mg/l).

El manganeso no es un parámetro incluido en la LGA, pero la concentración encontrada en los dos pozos está en el rango de 0,108 – 0,167 mg/l, valores que corresponden a aquellos encontrados en las estaciones de monitoreo Laguna de Santa Ana (E-2), Laguna Caballococha (E-3) y la entrada a la Laguna Tinquicocha (E-21), lo que explicaría esta concentración mayor a la normalmente encontrada en aguas naturales.

No se ha detectado cromo en las muestras y la concentración de plomo está en el rango del límite de detección. Estos parámetros eran aquellos que se encontraban sobre el límite de la LGA en aguas superficiales. Las concentraciones de sulfato encontradas son ligeramente elevadas, debido a la infiltración de los efluentes.

El agua del pozo SG-2000.05 muestra una concentración de 114 mg/l, mientras que la del pozo SG-2000.04 muestra una concentración de 85 mg/l. El ión sulfato no es parámetro determinado en la LGA. Los demás parámetros cumplen con las exigencias de la LGA para Uso I.

9.1.4.4 Calidad del Aire

Raura cuenta con nueve (9) estaciones de monitoreo de calidad de aire en el área del proyecto. El monitoreo se efectúa trimestralmente de acuerdo a la R.M. N° 315-96-EM/VMM.

Los resultados muestran que los parámetros SO_2, PM-10 y arsénico están todos por debajo del límite establecido por la resolución ministerial.

Algunos de los valores de plomo, sobrepasan el límite establecido por la R.M. N° 315-96-EM/VMM. Sin embargo, los monitoreos efectuados tienen una duración de 24 h por lo que no puede aplicarse este límite establecido para concentraciones medias aritméticas anuales.

9.2 MEDIO AMBIENTE BIOLOGICO

9.2.1 DESCRIPCIÓN DEL ECOSISTEMA Y DETERMINACIÓN DE ZONAS DE VIDA

En el área de estudio se encuentran, por sus características biogeográficas y según el Mapa Ecológico del Perú (INRENA, 1986), las siguientes Zonas de Vida:

- NIVAL TROPICAL (NT), ubicada en las partes más altas cubiertas por glaciares;
- TUNDRA PLUVIAL ALPINO TROPICAL (tp-AT), ubicada debajo de la anterior y donde se ubica las instalaciones de la mina, con precipitaciones anuales entre 500 y 1000 mm y biotemperaturas medias anuales entre 1.5 y 3.0°C y
- PARAMO PLUVIAL SUBALPINO TROPICAL (pp-SaT) ubicada en las partes más bajas de la zona de estudio que tendría precipitaciones

anuales entre 1000 y 2000 mm y biotemperaturas medias anuales entre 3,0 y 6,0°C.

En el camino hacia Raura desde Cashaucro (3310 msnm) en la margen derecha de la carretera (en dirección ascendente) llama la atención la ocurrencia desde los 3600 m de un extenso bosque relicto de Polylepis ("queñoales"). En las zonas más bajas se ubica sólo en los refugios que ofrece las partes elevadas de las montañas, pero luego es tan extenso, que llega al borde mismo de la carretera, es decir hasta el borde del río. Este es un bosque mixto de Polylepis, con árboles que muestran regeneración, presenta también árboles de los géneros Gynoxis, Budleia y Escallonia. Este bosque rodea en algunos casos, poblados antiguos y extensos, así como sus respectivas tierras de cultivo aledañas, terminando a 4200 m aproximadamente. En la parte superior la vegetación es principalmente de gramíneas.

9.2.2 ECOSISTEMA TERRESTRE

La zona de estudio se caracteriza por presentar una topografía muy accidentada, teniendo lugares muy altos por encima de los 5500 msnm (cerro Flor de Loto, Glaciar Niño Perdido) y los más bajos se encuentran a 4100 m de altitud aproximadamente en la parte norte de la laguna Patarcocha, cerca del pueblo de Antacallanca.

La zona de estudio está conformada por un sistema de lagunas unidas a lo largo de un "valle" que tiene una orientación NNW (330°) de laderas muy escarpadas, casi todas por encima de 40° de pendiente, determinando que la mayor parte del área de las lagunas tengan orillas muy inclinadas. Únicamente en los afluentes que unen las lagunas se presentan lugares más planos, especialmente entre las lagunas Tinquicocha y Chuspi.

La vegetación es más o menos continua en toda el área. Solamente las partes muy altas, por encima de 5000 msnm o las muy zonas escarpadas se encuentran desprovistas de vegetación. Las zonas más altas están conformadas por grandes masas rocosas y en algunos lugares, especialmente

la parte sur, están cubiertos por glaciares (cerro Siete Caballeros, Niño Perdido-Flor de Loto).

En la parte inferior de los hielos se presentan extensas áreas con material coluvial. Toda el área presenta el "pajonal de Puna". Los bofedales son muy escasos debido a las pendientes elevadas. La zona es utilizada para la explotación minera, el pastoreo especialmente de ovinos, vacunos y camélidos y en menor proporción en la agricultura.

A. Fauna Terrestre

La fauna terrestre silvestre, según encuestas realizadas a los pobladores, está representada en el área de estudio por:

ESPECIE	NOMBRE COMUN
Cavia porcellus	Cuy
Lagidium peruvianum	Vizcacha
Auliscomys sp.	Ratón
*Pseudalopex culpaeus***	Zorro andino
Conepatus chinga	Zorrillo
*Puma concolor**	Puma
*Hippocamelus antisensis**	Taruca

* Incluido en el Apéndice I del CITES.

** Incluido en el Apéndice II del CITES.

***B.* Flora Terrestre**

En el marco del EIA realizado por Golder, como parte de la Línea Base, se realizó un estudio de la flora. El área estudiada comprende las zonas adyacentes a las laguna Puyhuancocha, Caballococha, Tinquicocha, Chuspi y Patarcocha. Para realizar el estudio de las características de los organismos vegetales del área se utilizaron transectos de intercepción de punto.. Además se realizó una colecta de especies entre la Mina Raura (Laguna Caballococha) y el afluente de salida de la laguna de Patarcocha para obtener un inventario florístico de la zona. El

estudio fue realizado entre los 4600 m (Mina Raura) y los 4100 m de altitud (caño norte de laguna Patarcocha, cerca del pueblo de Antacallanca).

En cuanto a la flora del área de estudio, se presenta una lista de la composición florística, con especial referencia a las plantas vasculares del área de estudio. Se estima que la lista contiene alrededor del 70% del total de la flora de la zona. Debido a que numerosas especies no presentaron estructuras reproductivas (muy importantes para la identificación taxonómica) no se ha podido llegar al nivel de especie. Se ha identificado hasta el momento 106 especies distribuidas en 68 géneros y 37 familias. Las familias con mayor número de géneros y especies son las Poaceaes con 27 especies y las Asteraceas con 25 especies. El resto de familias presentaron entre una y cuatro especies. Hasta el momento se han encontrado cuatro especies endémicas a los Andes del Perú, todas perteneciente a la familia Poaceae: *Agrostis glomerata, Calamagrostis densiflora, Dissanthelium laxifolium y Stipa macbridei*.

En lo referente a la configuración de las comunidades vegetales del área de estudio, fue el pajonal de puna la comunidad vegetal dominante. Sin embargo, ésta presentó variaciones debido a los diferentes sustratos y variada microtopografía.

El Pajonal de puna se presentó en zonas con abundante rocas y piedras, en laderas uniformes con suelos profundos y en muy pocos casos en suelos parcialmente inundados. Para tener una idea de la representatividad de los transectos realizados, se menciona que éstos fueron ubicados en diferentes sustratos, tales como el Pajonal con suelo y rocas dispersas (transecto 1), con suelo desarrollado (transecto 2) con suelo muy húmedo (transecto 5) y sustratos intermedios (transectos 3, 4, 6, 7 y 8). Agrupando todos los transectos de la zona de estudio se puede notar que Alchemilla pinnata presentó la mayor cobertura (21.20%)

seguida de Calamagrostis rigescens (16.03%), Agrostis breviculmis (10.87%) y Stipa brachyophylla (9.51%). Esta última especie por su pequeño tamaño puede pasar desapercibida pero siempre está presente. En los lugares más húmedos se presentan además una Cyperaceae y el musgo *Thuidium sp*. El porcentaje de suelo desnudo siempre estuvo en valores bajos a intermedios (0-21%).

En general, el estado de conservación de la vegetación es bueno. Los alrededores de las lagunas de Tinquicocha, Chuspi y Patarcocha presentaron una vegetación poco alterada, solamente se pudo notar un pastoreo bajo de ovinos, vacunos y camélidos y en algunas áreas pequeñas cultivos de papa. No existen tampoco especies endémicas en las zonas de estudio.

9.2.3 ECOSISTEMA ACUÁTICO

A simple vista, como representantes de la fauna acuática de vertebrados son evidentes diversas aves en lagunas o arroyos. Sin embargo, entre los componentes menos visibles se asume la existencia de organismos representantes de la microflora y microfauna adaptados a la vida en arroyos, canales, quebradas y lagunas altoandinas, donde la biota sostiene peces nativos llamados “challuas” (*Orestias*) e introducidos como la “trucha arco iris” (*Oncorhynchus mykiss*) adaptados en varias lagunas y ambientes lóticos en la zona.

El estudio se realizó según la siguiente metodología:

- ***Muestreo de Plantas acuáticas***: Mediante la observación, colecta directa y tomas fotográficas.
- ***Muestreo de Fauna Terrestre***: Mediante la observación, encuesta a pobladores y tomas fotográficas.

- ***Muestreo de plancton***: Filtrado de un volumen determinado de agua (20 lts) con red estándar de plancton con malla de 45 micras.- Fijación directa de las muestras en formalina azucarada al 5%.
- ***Muestreo de bentos***: Toma de sedimentos con Red de fondo (D-net); posterior tamizado de las muestras con malla de 0.5 mm. Fijación directa de las muestras en alcohol al 70%.

La temperatura registrada en el agua (subsuperficial) es la normal para las horas de muestreo y altitudes anotadas que oscilan entre 4140 y 4664 msnm. La temperatura ambiental osciló entre los 10 y 17 ℃ y la del agua entre 8 y 13,5℃. Los valores de pH señalan una condición de ligeramente a moderadamente alcalina, registrándose al valor máximo en el canal de ingreso a Tinquicocha, posiblemente influenciado por el substrato calcáreo y/o los sólidos en suspensión que conducen el curso mencionado. Las cifras de oxígeno disuelto registrados varían de 3,45 mg/l en la Estación 8 (Tinquicocha) a 7,2 mg/l en la Estación 1 (Patarcocha). El valor promedio es 6 mg/l y corresponde a la mayoría, dependiendo a menudo del efecto de los vientos en la zona. Mereciendo un comentario aparte el valor mínimo en Tinquicocha que está relacionado a la fuerte descomposición orgánica observada. La conductividad también es variable, siendo moderada en la mayoría de estaciones y particularmente elevada en el canal de ingreso a la laguna Tinquicocha, el promedio de dos registros fue de 985 µS/cm. Por otra parte, los valores menores se registran en las lagunas Nieve Ucro y Puyhuancocha

A. Fitoplancton

Existe una relación directa entre la composición y riqueza de especies y la distancia a las instalaciones mineras. Mientras que en las lagunas Patarcocha, Chuspi y Tinquicocha se registra una gran riqueza de especies (Chlorophyta 17, Cyanophyta 13 y Bacillariophyta 19), en las lagunas Nieve Ucro, Caballococha, y Puyhuancocha se aprecia una disminución drástica. Por otro lado, debe notarse que las algas verdes están mejor representadas en Patarcocha, Chuspi y Tinquicocha y están ausentes en las tres lagunas cercanas a la actividad minera.

La abundancia de *Mougeotia, Oscillatoria limosa* y *Cymbella* en la Estación 6 se explica por la gran cantidad de materia orgánica en una zona bien iluminada y superficial que recibe el impacto del viento. Otra situación que merece comentar es la abundancia y variedad de las algas Bacillariophyta o diatomeas en general, que están asociadas a la vegetación sumergida, particularmente *Navicula festiva* está presente en todas las estaciones y *Cymbella* así como *Pinnularia* se registran en las nueve primeras estaciones. En el caso especial de la Estación 9 que corresponde al canal de drenaje de mina que ingresa a Tinquicocha, la muestra de plancton fue tomada en el pequeño delta que forma al entrara en contacto con la laguna donde existe vegetación sumergida de *Myriophyllum* y su presencia en las lagunas Nieve Ucro, Caballococha, y Puyhuancocha se explica en parte por el hecho de que las diatomeas son resistentes a los parámetros desfavorables debido a la cubierta dura de silicatos que las protege.

B. Zooplancton

El zooplancton, mayormente representado por los Rotíferos con 16 especies, mientras que los Cladócera y Copépoda presentes con una especie. En las estaciones 4, 5 y 9 están mejor representados y también asociados a la vegetación sumergida o las masas de algas filamentosas observadas. Por otro lado, debe notarse su ausencia y escasa representación en las lagunas Nieve Ucro, Caballococha, y Puyhuancocha que presentan 1 a 2 especies. Probablemente este registro está relacionado con el aporte de materia orgánica a estos cuerpos de agua.

El análisis de las muestras tomadas determinan 2 grupos de ambientes acuáticos con características biológicas bastantes diferentes. Un primer grupo, conformado por las lagunas Patarcocha y Chuspi con sus respectivos afluentes (estaciones 01 al 04), en donde la composición bentónica de los organismos es característica de ecosistemas acuáticos alto-andinos en estado natural. Estos ambientes reportan una mayor diversidad de organismos, en donde se registran hasta 17 especies; incluso se evidencia la presencia de algunos

individuos de taxas indicadoras de aguas limpias, como es el caso de los "tricópteros" y "efemerópteros".

El otro grupo esta conformado por ambientes acuáticos con alteraciones que van desde moderadas hasta graves. La estación 9, que corresponde al delta de los canales provenientes de la Laguna Caballococha, las comunidades de organismos bentónicos prácticamente no existen. Esto se relaciona con los datos fisico-químicos obtenidos del agua, con valores elevados de pH (10,85) y conductividad (1085 µS/cm). Un ambiente acuático algo menos afectado es la Laguna Tinquicocha, cuyas estaciones muestreadas se caracterizan por presentar una baja diversidad de especies (8) así como una menor abundancia de organismos si se compara con las lagunas Patarcocha y Chuspi. Otras lagunas como Nieve Ucro, Caballococha y Puyhuancocha, en general, presentan también una pobre diversidad (3, 3 y 4 especies) así como una baja abundancia de organismos; aunque el elevado número de organismos registrados en Nieve Ucro (448 individuos) posiblemente se deba a la alta tasa de descomposición de materia orgánica que ocurre en el cuerpo de agua, evidenciado por la proliferación de los "anélidos" y "quironómidos".

C. Peces

Dos especies de peces representan la ictiofauna en la zona de estudio, una especie nativa "chalhuas" (*Orestias hardini*) de pequeño porte perteneciente a la familia Cyprinodontidae y otra especie introducida trucha arco iris (*Oncorrhynchus mykiss*) adaptada a las lagunas Tinquicocha, Chuspi, Patarcocha hasta Lauricocha. Los individuos capturados demuestran la predominancia de *Orestias,* posiblemente debido a su proximidad a las orillas en busca de refugio y alimentos, mientras que *Oncorrhynchus* prefiere aguas pelágicas, más profundas y esporádicamente procura las orillas.

Cabe destacar una observación que indica la resistencia de *Orestias* a elevados valores de pH (10,8) y alta conductividad (995 µS/cm). Se pudo capturar un ejemplar a 30 m del delta del canal proveniente de Nieve Ucro en Tinquicocha (Estación 9). No hay registro de peces en las lagunas Nieve Ucro,

Caballococha y Puyhuancocha, debido posiblemente a los factores limnológicos antes mencionados en el caso de Puyhuancocha y Nieve Ucro y la consecuencia de los relaves depositados en el caso de Caballococha.

D. Conclusiones

Existe vida acuática muy variada en las lagunas y ambientes de agua corriente que las conecta. Las diferencias en calidad y cantidad de organismos, pertenecientes a diferentes comunidades están relacionadas con la proximidad a la actividad minera, como se puede corroborar en el estudio realizado por la Universidad Agraria La Molina (UNALM-MEM, 1999).

El mayor número de especies, comunidades y número de individuos, propios de aguas en buen estado, se registran en Patarcocha, Chuspi y Tinquicocha, en ese orden. Sin embargo, el fitoplancton está fuertemente representado en Tinquicocha con organismos que se relacionan con vegetación sumergida y mayor carga orgánica. En cuanto al zooplancton, éste se encuentra en mayor diversidad y número de individuos en Tinquicocha, igualmente asociado a la vegetación sumergida y mayor actividad orgánica; lo contrario ocurre en la laguna Nieve Ucro y Caballococha donde se registra ausencia y rara presencia.

Existen peces, nativos e introducidos en las lagunas Patarcocha, Chuspi y Tinquicocha; pero, probablemente las condiciones de bienestar son mejores en Patarcocha y Chuspi. Por otra parte, las comunidades acuáticas son restringidas en las lagunas Nieve Ucro, Caballococha y Puyhuancocha; en el caso de Caballococha debido al contacto con los relaves y la alteración de los parámetros físico-químicos adecuados para los macro invertebrados y vertebrados. En el caso de Puyhuancocha y Nieve Ucro la vida acuática está escasamente representada debido a factores limnológicos y se ve favorecida por el aporte de materia orgánica de la población vecina y esta basada en organismos de plancton y bentos típicos de ambientes contaminados con elevada carga orgánica.

9.2.4 AVIFAUNA

La zona de estudio ha sido dividida para fines del trabajo del Estudio de Avifauna, en seis zonas:

1) ***Instalaciones***: Un área extensa que incluye las instalaciones mineras, el poblado de Nueva Raura, las pequeñas casas asociadas a las de las instalaciones mineras y carreteras.

2) ***Laguna Santa Ana***: el cuerpo de agua y bordes, totalmente desprovistos de vegetación natural, únicamente presentan algunas parcelas de revegetación experimentales en la proximidad.

3) ***Laguna Caballococha***: Cuerpo de agua y bordes, los cuales en su mayoría forman parte de lo que es denominado instalaciones, considerándose sólo el área del borde mismo de la laguna, como parte de la misma.

4) ***Laguna Tinquicocha***: cuerpo de agua y bordes, sólo fue censado el borde izquierdo en casi toda su longitud, siguiendo el camino de herradura usado por los locales; las formaciones dominantes en los bordes son gramadales con rocas medianas y pequeñas, una ladera rocosa medianamente elevada casi al final de la laguna y la pequeña playa casi llana formada por el desmonte o los sólidos del drenaje de la mina Tinquicocha al inicio de la laguna.

5) ***Laguna Chuspi***: cuerpo de agua y bordes. Esta fue la laguna con mayor diversidad de ambientes en los bordes, un pequeño bofedal cerca al final de Tinquicocha, gramadales cortos ligeramente inundados, otros con rocas, paredes rocosas muy elevadas unas secas, otras con vegetación entre las grietas y otras con caídas de agua y la orilla misma del lago con algo de gramadales altos. Se censo la margen izquierda.

6) ***Laguna Patarcocha***: cuerpo de agua y bordes; esta laguna es la de mayor extensión de las evaluadas y se observa formada en su cabecera por una región de gran pendiente en la margen izquierda por donde recibe el aporte de la Laguna Gayco. En la margen izquierda se observan campos de cultivos y a la margen derecha, que fue el único en ser recorrido, presento los gramadales altos más extensos de toda el área de estudio y con algunas rocas medianas en su extremo final; al final se observa un pequeño cañón con laderas de tierra suelta que las aves perforan para establecer sus refugios.

El inventario de las aves presentes en el área de estudio se realizó mediante observación directa con binoculares y telescopio. Se utilizó el método de Conteo de Puntos (Bibby & Burgess 1992) no limitado a la distancia, tanto para el inventario como para el cálculo de la densidad absoluta, estableciéndose un total de 83 puntos. Los puntos fueron ubicados siguiendo senderos establecidos ya sean a lo largo de la carretera dentro de las instalaciones así como los caminos de herradura seguidos por los locales para recorrer las lagunas. Una vez determinada la ubicación de un punto de observación y censo se dejó pasar por lo menos un minuto antes de empezar el censo, el tiempo de conteo de especies de aves en cada punto fue de 5 minutos. Los puntos fueron ubicados a lo largo del día durante las horas de mayor luz (entre las 6:20 am y 5:20 pm). Dentro de las seis áreas evaluadas se ubicaron los puntos de observación y censo al azar, separados por lo menos 200 metros uno de otro. En todas las áreas, con excepción de la Laguna Santa Ana, se establecieron puntos diferentes en la mañana y tarde.

En cada punto de observación y registro, se tomaron datos adicionales que ayudaron a relacionar su presencia respecto a algún recurso (alimento, agua, refugio, dormideros, lugar para anidar, etc.) que utiliza cada especie o grupo de especies, tomando nota de todo aquello que en su ambiente pueda ser atractivo para ellas. El alimento y lugares para dormir o anidar son recursos de especial interés para las aves, completándose para algunas de las especies

esta información a partir de bibliografía especializada (Blake 1977, Fjeldsa & Krabbe 1990, Ridgely & Tudor 1989, 1994; Isler & Isler 1999).
Se reporta para toda el área de estudio un total de 43 especies, comprendidas en 19 familias y 30 géneros.

La mayoría de ellas (62%) terrestres. La mayoría de las aves son principalmente altoandinas, 13 de ellas están reportadas en el rango de 3000 a 5000 msnm y 5 están comprendidas en el estrecho rango altitudinal de 4000 o más a 5000 msnm.
Cuatro de las especies registradas, no habían sido reportadas antes en el Departamento de Huánuco: *Muscisaxicola albifrons y Diuca speculifera* de amplia distribución pero en el centro del país antes conocidas en los departamentos de Ancash, Lima, Junín y Huancavelica; *Geositta saxicolina* antes registrada sólo en Junín, Lima, Huancavelica y Pasco y *Cinclodes palliatus* antes sólo de Lima, Junín y Huancavelica.

Se encontró que cada zona particular del área de estudio presenta aves distintas. Apreciándose que hay un número muy limitado de especies en las llamadas “Instalaciones” (10 especies); la Laguna Santa Ana no presenta ninguna especie de ave. La Laguna Caballococha presentó únicamente 3 especies; la Laguna Tinquicocha, presentó 23 especies. El mayor número de especies se halló comprendido en el área de la laguna Chuspi (27 especies), pero aún cuando Patarcocha presentó en el momento del muestreo un número menor de especies (22), las especies ausentes fueron principalmente las grandes voladoras que por lo general tienen vastos territorios de explotación de recursos u otros que están en ambientes específicos que si fueron evaluados en Chuspi y no en Patarcocha; de modo que el número de especies que podría esperarse ser observado en esta última laguna, sería de por lo menos 35.
Es evidente el mayor número de especies en la Laguna Chuspi, lo que sería producto de dos principales razones: a) un ambiente terrestre diverso y vasto, y b) la existencia de especies de aves especialistas de grandes altitudes (entre los 4000 y 5000 msnm) como *Cinclodes palliatus* y *Muscisaxicola albifrons* que

no están presentes en Patarcocha y que definitivamente están ausentes en las lagunas con mayor impacto humano como son Santa Ana y Caballococha.

En conclusión, las aves reportadas en el área de estudio junto con las de las inmediaciones suman en total 64 especies, en su mayoría especialistas a grandes alturas. De este total, seis son de mayor importancia, por presentar rangos de distribución restringidos, ser vitales en el mantenimiento del sistema ecológico y además, estar consignadas en alguna categoría de conservación. Estas especies son: *Vultur gryphus* "cóndor andino", *Fulica gigantea* "gallareta gigante", *Geositta saxicolina* "pampero andino", *Upurcerthia serrana* "bandurrita peruana", *Cinclodes palliatus* "churrete de vientre blanco" y *Asthenes pudibunda* "canastero peruano". Las cuatro últimas son endémicas, pero de ellas las tres primeras presentan los rangos de distribución geográfica más estrechos, en especial *Cinclodes palliatus* restringido prácticamente a escasos lugares muy húmedos, ricos en minerales, con plantas acolchonadas (como *Distichia*) entre 4400 y 5000 msnm, hallado en el área de estudio hasta 4100 msnm. Estas seis especies deben ser consideradas con fines de monitoreo y recuperación, en especial la última. *Cinclodes palliatus* parece tener necesidades de hábitat muy específicas (aún de naturaleza sólo parcialmente conocida) y es de esperar que aún con pequeñas variaciones del ambiente las poblaciones de estas aves puedan declinar (Collar *et al.* 1992, 1994).

Referencias orales de los locales informan que efectivamente ha ocurrido una pérdida de especies acuáticas en las lagunas del área de estudio, así por ejemplo refieren que en el pasado en la laguna Tinquicocha el número de las especies acuáticas existentes era mayor y aún que allí podría observarse a la "gallineta común" (*Rallus sanguinolentus*) y a la "gallareta" (*Fulica ardesiaca*) y reportan para Patarcocha un "zambullidor", "yanavicos", "bandurrias" y "patos".

Se realizó un análisis de agrupamiento, entre las lagunas menos afectadas (sistema Tinquicocha, Chuspi y Patarcocha), con la zona llamada "instalaciones". Los resultados muestran que las Lagunas Chuspicocha y Patarcocha constituyen a pasar de sus diferencias una unidad mejor

conservada. Sin embargo, en la Laguna Tinquicocha se puede apreciar la influencia de las “instalaciones”.

En la zona de estudio, incluso en las lagunas bien conservadas, se observan pocas aves, si se le compara con otras zonas similares. Esto se puede deber a que las lagunas son muy profundas y no poseen muchas zonas de playas, las cuales son muy importantes para las aves acuáticas.

- **Estado de Conservación de las Especies de Avifauna**

  De las 43 especies reportadas en el área de estudio seis se encuentran consignadas en alguna categoría de conservación según su estatus global. El “cóndor andino” (*Vultur gryphus*) es considerado como una especie en peligro en la categoría vulnerable y esta consignado en el apéndice I del CITES. La “gallareta gigante” (*Fulica gigantea*) esta consignada en “peligro crítico” (CDC-UNALM 1995). Finalmente, cuatro especies de furnáridos (pequeñas aves de hábitos terrestres) presentan alguna categoría: la “bandurrita peruana” (*Upucerthia serrana*) y el “canastero peruano” (*Asthenes pudibunda*) están incluidos en la categoría global de peligro con “menor preocupación”, con una distribución comprendida en el Area de endemismo de aves (EBA) 051 (Peruvian high Andes), que comprende en toda su longitud las cordilleras Blanca, Negra, Occidental, Vilcanota, Vilcabamba y Carabaya. Por otro lado, otros dos furnáridos, el “pampero andino” (*Geositta saxicolina*) en la categoría de menor preocupación y el “churrete vientre blanco” (*Cinclodes palliatus*) como una especie en peligro y en categoría de vulnerable, tienen un rango restringido y son representativos del EBA 050 (Junín Puna), el cual comprende el área de los lagos Junín, Marcapomacocha, Pampas Pucacocha y Huallay (Stattersfield et al. 1998).

9.3 MEDIO AMIENTE SOCIO ECONOMICO

La zona está escasamente poblada. La ciudad más grande en el camino de Lima hacia las instalaciones es la villa de Churín, ubicada a 76 km. de Raura.

El pueblo más cercano en el camino de acceso en la vertiente del Pacífico es Quichas ubicado a 19 km. El censo de 1993 determinó una población de 480 habitantes, con el 46% de los pobladores entre 15 a 64 años de edad. El analfabetismo es de 25% y el desempleo es del 9%. El promedio de hijos por mujer es 7, valor normal para la zona. Las casas no cuentan con abastecimiento de agua ni servicios higiénicos, pero el 87% de las casas cuentan con alumbrado eléctrico proporcionado por CMRSA.

El pueblo de Raura Chica se encuentra en el sector norte de la Laguna Caballococha, dentro del área de propiedad de Raura. En el censo de 1993 (INEI, 1993) se ha integrado al campamento de Raura, los datos muestran que el campamento de Raura junto con Raura Chica contaban con 2280 pobladores, de los cuales la mayor parte se encuentra en el grupo de edad de 15 a 64 años.

El analfabetismo es de 8 %, relativamente bajo para la zona. Asimismo, existe un bajo desempleo, siendo la gran mayoría de los pobladores trabajadores de la mina o trabajan en servicios para la misma. Con un promedio de 7 hijos por mujer, muestra aun los problemas de zonas apartadas rurales.

En cuanto a los servicios básicos, se cuenta con los caminos de accesos de la mina y las viviendas cuentan con abastecimiento de agua y alumbrado eléctrico proporcionado por CMRSA.

La unidad agropecuaria de Antacallanca está ubicada aguas abajo de Patarcocha a una distancia de 7 km. de Raura y se comunica mediante carretera. Antacallanca cuenta con un colegio que alberga 60 alumnos. Este es

el único servicio con el que cuenta, las casas no poseen abastecimiento de agua potable, ni alumbrado eléctrico, ni desagüe.

Tampoco cuentan con una posta médica. La posta médica más cercana se encuentra a un día de viaje, por lo que la gente va a la mina cuando existe una emergencia. Los pobladores de Antacallanca se dedica a la agricultura y ganadería. Los únicos cultivos presentes en la zona son papa y otros tipos de tubérculos.

La agricultura que se desarrolla en la zona es estacional, se realiza en las laderas escarpadas de los cerros aprovechando las lluvias. No se utiliza el agua de las lagunas para el riego de cultivo. La pesca es una actividad ocasional de los habitantes, la pesca de truchas se realiza en la laguna Chuspi y las otras lagunas aguas abajo.

CAPITULO X

PLAN DE CIERRE

10.1 OBJETIVOS DEL PLAN DE CIERRE

La ejecución del Plan de Cierre tiene como objetivo fundamental, lograr que el medio ambiente del entorno de la unidad minera, recupere una condición de calidad, similar a la que tenía antes del inicio de la actividad minera, y/o que tenga un uso alternativo que vaya acorde con las condiciones ambientales de la zona.

El plan de cierre, posee la particularidad esencial de que puede ser actualizado o modificado en base a los cambios que ocurran en los años siguientes en la unidad de operación minera o a las innovaciones tecnológicas en el sector; estos aspectos han sido contemplados en la normatividad ambiental y por tanto incluidos en el diseño del presente Plan de Cierre, de tal forma que permita el aprovechamiento e incorporación de nuevas tecnologías que permitan una mejor recuperación ambiental.

10.1.1 OBJETIVOS ESPECIFICOS

Los objetivos para el Cierre de las operaciones Mineras de la Compañía Minera Raura son:

- Garantizar la adecuada protección ambiental en toda el área de influencia de las operaciones mineras, mediante la ejecución de medidas y obras, con aplicación de tecnologías orientadas al control de riesgos, estabilización del terreno, contención de descargas físicas y químicas, priorizando el criterio de prevención de la contaminación.

- Asegurar la seguridad y salud pública durante la ejecución de las actividades de cierre progresivo, así como en las etapas de post-cierre, recuperando la calidad ambiental inicial del entorno y desarrollando las

correspondientes obras de rehabilitación y revegetación cuando sea técnica y económicamente factible.

- Lograr el autosostenimiento del entorno, minimizando o reduciendo la necesidad de intervención para el cuidado y mantenimiento de las obras y estrategias de cierre.

- Recuperar el equilibrio de las cuencas y microcuencas, afectadas por la alteración en el régimen de caudales, mediante el desarrollo de estrategias encaminadas a la recuperación de cursos de agua.

- Minimizar los impactos sociales y económicos –cuando sea posible- en los actores sociales involucrados con las actividades mineras, mediante la ejecución de planes de relaciones intercomunitarias que permitan el diseño de las alternativas más factibles.

- Cumplir con la legislación ambiental vigente en el país, adoptando criterios internacionales de protección ambiental.

10.1.2 CRITERIOS GENERALES PARA EL CIERRE DE OPERACIONES

A fin de cumplir con los objetivos trazados para el cierre de las operaciones mineras de Raura, se ha definido los criterios generales de Cierre, que permitirán el diseño de las estrategias de manera tal, que se garantice su viabilidad, tanto técnica y económica, como ambiental.

De esta manera, el diseño de las alternativas de obras de cierre para RAURA se basa en dos enfoques principales, estos son:

a) Dar un importante impulso a la ejecución del cierre progresivo

Es decir, desarrollar las actividades de cierre de los componentes mineros conforme vayan cumpliendo su ciclo de vida, durante la operación de la

unidad minera. Este enfoque brinda grandes ventajas, entre las cuales se puede mencionar:

- Permite la utilización, con ventaja en el costo, de personal, equipo y materiales disponibles en la unidad. Hacerlo después de la paralización definitiva de las operaciones implicaría contratar los servicios de terceros con gastos adicionales de traslado de equipos y personal, utilidades, etc.
- También permite fraccionar el gasto en varios años, en lugar de hacerlo al final del período operativo, cuando la empresa ya no tiene ingresos.
- La rehabilitación anticipada de las áreas disturbadas reduce los impactos ambientales, asegura su estabilidad física y química, y mejora el aspecto paisajístico de la zona.
- Reduce los reclamos y denuncias por parte de la comunidad.

b) Maximizar el Cuidado Pasivo

En la selección de las alternativas, se debe dar prioridad a aquellas que requieren un mínimo mantenimiento de sus estructuras y un monitoreo ocasional después del cierre de operaciones, evitando así el cuidado activo que requiere operaciones, mantenimiento y monitoreo permanentes con el agravante de que después del cierre, la empresa ya no tiene ingresos que los solventen.

Adicionalmente, debe señalarse, que el diseño de las alternativas y estrategias de cierre de operaciones responde a las características propias de la zona de emplazamiento minero, por lo que éstas estarán en función de los siguientes factores:

- Características físicas y químicas de las rocas y minerales

- Clima e hidrogeología y su potencial impacto en la calidad del agua
- Condiciones topográficas, geológicas y sísmicas del lugar
- Balance de agua y condiciones del agua superficial y subterránea
- Diseño de los tajos abiertos, botaderos, depósitos de relaves e instalaciones diversas
- Resultados de controles ambientales
- Uso de tierra post minería.

10.1.3 CRITERIOS NORMATIVOS

Para la óptima planificación y diseño de las obras de cierre de las actividades y operaciones mineras, debe tomarse en cuenta los criterios normativos existentes en el país, referidos a la calidad ambiental que deben mantener de los cuerpos receptores.

La normativa ambiental peruana ha establecido dos criterios fundamentales para garantizar la adecuada protección de la calidad ambiental de los cuerpos receptores; estos son: los Estándares de Calidad Ambiental (ECAs) y los Límites Máximos Permisibles (LMPs).

Debe señalarse que ambos criterios difieren entre sí y han sido establecidos para aplicaciones particulares, pero que de manera general, tienen como fin principal asegurar que el medio ambiente reúna ciertos requerimientos de calidad, que permita el óptimo desarrollo de las poblaciones y ecosistemas. De esta manera, debe indicarse que los valores tanto de los ECAs, como de los LMPs no pueden ser comparables entre sí, ni mucho menos ser aplicados fuera de los fines para los cuales han sido establecidos.

Los ECAs, tienen como principal objetivo proteger la salud de las personas, para ello define los niveles de concentración de contaminantes en los cuerpos

receptores, es decir en el aire ambiental, o los cuerpos de agua. De esta manera, es evidente que los ECAs son aplicables a las condiciones de calidad de estos cuerpos “receptores” para que no dañen la salud de la población.

Los LMPs, por el contrario, establecen los niveles máximos de carga de contaminantes que deben tener las emisiones o descargas resultantes de las actividades, en este caso, mineras. Es decir, que el concepto de LMPs está asociado a las emisiones y no a las condiciones de calidad del aire ambiental, o un cuerpo de agua.

Es evidente entonces señalar que generalmente los grados de concentración de contaminantes definidos en los LMPs son más elevados, ya que debe entenderse que la “descarga” o “emisión” será vertida a una fuente receptora, en la cual, la carga de contaminantes se dispersará, disolverá -según sea el caso- reduciendo su concentración de manera tal, que el cuerpo no superará los ECAs definidos para el país.

A continuación se detalla los criterios normativos más importantes que deben ser tomados en cuenta para el planteamiento y selección de las alternativas de cierre.

Criterios de Calidad de Agua

Los Estándares de Calidad de Agua, han sido establecidos en función del uso que se le dé al agua, es decir que definen y determinan los niveles de concentración de elementos contaminantes y las características físico-químicas que deben reunir para que se le otorgue, el uso correspondiente.

Estos criterios de calidad fueron promulgados mediante la Ley General de Aguas (Decreto Ley Nº 17752), que define seis clases de agua, con los correspondientes requisitos de calidad ambiental para ser consideradas como tales.

TABLA N°10-1: USO DEL AGUA, LEY GENERAL DE AGUAS

Uso	Descripción
I	Aguas de abastecimiento doméstico con simple desinfección.
II	Aguas de abastecimiento doméstico con tratamiento equivalente a procesos combinados de mezcla y coagulación, sedimentación, filtración y coloración aprobados por el Ministerio de Salud.
III	Aguas de riego de vegetales de consumo crudo y bebida de animales.
IV	Aguas de zonas recreativas de contacto primario (baños y similares)
V	Aguas de zonas de pesca de mariscos bivalvos
VI	Aguas de zonas de preservación de fauna acuática y pesca recreativa o comercial.

En la zona donde RAURA desarrolla sus actividades mineras, los cuerpos y cursos de agua existentes, pueden calificarse como de usos III y VI, ya que están conectados a otras lagunas y ríos en los cuales hay vida acuática (truchas y aves), y las más alejadas de éstas alimentan ríos cuyas aguas son utilizadas para riego. De esta manera, los requisitos de calidad que deben reunir y que deben tenerse en cuenta en el diseño de las obras y estrategias de cierre se presenta en el cuadro siguiente:

Foto 10-1: RECUPERACION DE AREAS IMPACTADAS CON PARTICIPACION DE POBLADORES DE COMUNIDADES DEL ENTORNO

TABLA Nº 10-2 : PARÁMETROS DE CALIDAD DEL AGUA

Parámetros	Unidades	Uso de Cursos de Agua	
		II	III
LIMITES BACTERIOLÓGICOS			
Coliformes Totales (1)	NMP/100ml	20 000	5 000
Coliformes Fecales (1)	NMP/100ml	4 000	1 000
Límites de DBO y De OD			
DBO (2)	Mg/l	3	3
Oxígeno Disuelto		5	15

Parámetros	Unidades	Uso de Cursos de Agua	
		II	III
Límites De Sustancias Potencialmente Peligrosas			
Selenio	Mg/l	0.01	0.05
Mercurio	Mg/l	0.002	0.01
PCB	Mg/l	0.001	(3)
Esteres estalatos	Mg/l	0.0003	0.0003
Cadmio	Mg/l	0.01	0.05
Cromo	Mg/l	0.05	1
Níquel	Mg/l	0.002	(3)
Cobre	Mg/l	1	0.5
Plomo	Mg/l	0.05	0.1
Zinc	Mg/l	5	25
Cianuros (6)	Mg/l	0.08	0.1
Fenoles	Mg/l	0.001	(3)
Sulfuros	Mg/l	0.002	(3)
Arsénico	Mg/l	0.1	0.2
Nitratos	Mg/l	0.01	0.1
Pesticidas	Mg/l	(7)	(7)
Límites de Sustancias o Parámetros Potencialmente Perjudiciales			
MEH (8)	Mg/l	1.5	0.5
SAAM (9)	Mg/l	0.5	1
CAE (10)	Mg/l	1.5	5
CCE(11)	Mg/l	0.3	1

De otro lado, los Límites Máximos Permisibles de las Actividades Minero metalúrgicas han sido establecidos por el órgano ambiental competente, es decir el Ministerio de Energía y Minas, a través de la Resolución Ministerial Nº 011-96-EM/VMM. Estos LMPs, tal como se ha señalado líneas arriba, están referidos a los niveles de concentración de contaminantes en las descargas o efluentes de la actividad minera. Los ECAs de aire fueron promulgados a través del Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad de Aire D.S Nº 074-2001-PCM.

TABLA Nº 10-3 : LMP DE EFLUENTES LÍQUIDOS

Parámetro	Valor Máximo	Valor Medio Anual
Ph	>6 y < 9	>6 y < 9
Sólidos Suspendidos (mg/l)	50	25
Plomo (mg/l)[(a)]	0.4	0.2
Cobre (mg/l) [(a)]	1.0	0.3
Zinc (mg/l) [(a)]	3.0	1.0
Hierro (mg/l) [(a)]	2.0	1.0
Arsénico (mg/l) [(a)]	1.0	0.5
Cianuro Total (mg/l) [(b)]	1.0	1.0

[(a)] *Valores disueltos*

[(b)] *Cianuro Total equivalente a 0,1 mg/l*

TABLA Nº 10-4: ESTÁNDARES DE CALIDAD AMBIENTAL DE AIRE

Contaminantes	Período	Forma del Estándar		Método de Análisis
		Valor	Formato	
Dióxido de Azufre	Anual	80	Media aritmética anual	Fluorescencia UV (método automático)
	24 horas	365	NE más de 1 vez al año	
PM-10	Anual	50	Media aritmética anual	Separación Inercial/ filtración Gravimetría
	24 horas	150	NE más de 3 veces al año	
Monóxido de Carbono	8 horas	10000	Promedio móvil	Infrarrojo no dispersivo (NDIR) Método Automático)
	1 hora	30 000	NE más de 1 vez al año	
Dióxido de Nitrógeno	Anual	100	Promedio aritmético anual	Quimiluminiscencia (Método automático)
	1 hora	200	NE más de 24 veces al año	
Ozono	8 horas	120	NE más de 24 veces al año	Fotometría UV (Método Automático)
Plomo	Mensual	1,5	NE más de 4 veces al año	Método para PM 10 (Espectrofotometría de absorción atómica)

Asimismo, el Ministerio de Energía y Minas ha definido los Niveles Máximos Permisibles de elementos y compuestos presentes en emisiones

gaseosas provenientes de las unidades Minero-Metalúrgicas (Resolución Ministerial N° 315-96-EM/VMM). Estos son:

- Nivel Máximo de Emisión de Partículas: 100 mg/m3
- Nivel Máximo de Emisión de Plomo: 25 mg/m3
- Nivel Máximo Permisible de Emisión de Arsénico: 25 mg/m3

Para la elaboración del presente estudio, la Cía. Minera Raura proporcionó una serie de trabajos técnicos desarrollados previamente por sus técnicos y por diversas consultoras, relacionados con temas de geología, topografía, hidrología y los proyectos de expansión minera, almacenamiento de relaves, estabilidad de taludes, etc.

Criterios Específicos de Cierre

Los siguientes criterios serán tomados en cuenta para el cierre de los componentes mineros de Raura.

Los componentes mineros sujetos al cierre son:

- Tajos abiertos
- Labores subterráneas
- Botaderos de desmonte
- Planta concentradora
- Relaveras
- Laguna utilizada como depósito de relaves
- Oficinas y campamentos
- Talleres y almacenes
- Depósitos de combustible
- Central hidroeléctrica, línea de transmisión y subestaciones

- Central termoeléctrica
- Caminos de acceso internos

Una de las prioridades debe ser que las relaveras, botaderos y otros componentes mineros sean estabilizados física y químicamente, y revegetados.

Los tajos abiertos deberán tener taludes estables, y de ser posible técnica y económicamente, podrán recibir desmonte para un relleno, al menos parcial.

Debe reducirse al máximo los riesgos a la seguridad de personas, animales y vehículos. Para dicho fin deberán ser taponeadas las bocaminas y chimeneas, y construir obras que impidan el acceso a zonas peligrosas de los tajos.

En la planta concentradora, los equipos serán desmontados y vendidos, se demolerá el edificio, recuperando las estructuras metálicas para su venta. El desmonte resultante, según su ubicación, será depositado en un botadero de desmonte, en un tajo abierto, o servirá como parte del material de relleno de bocaminas y chimeneas en el taponeo.

Deberá asegurarse la estabilidad de las lagunas ubicadas dentro del área de las operaciones de Raura.

Las carreteras que sirvan para interconectar poblaciones, deberán ser conservadas. Las vías de acceso a bocaminas y otros componentes de la mina deberán ser escarificados y revegetados.

La planta hidroeléctrica de Cashaucro deberá continuar funcionando, para lo cual podrá ser vendida.

Debe minimizarse la posibilidad de generar nuevos pasivos ambientales.

Estos criterios deberán ser actualizados cada cierto número de años.

Uso de la Tierra en la etapa Post Cierre

Se propone los siguientes usos para las zonas ocupadas por diferentes componentes mineros:

Las áreas de mina, botaderos, una vez rehabilitados serían revegetados, con las limitaciones que impone la altitud y clima de la zona.

La relavera Nieve Ucro 2, también será estabilizada y revegetada.

La laguna Caballococha, que será utilizada como depósito subacuático de relaves, una vez terminada la operación, manteniendo una cubierta de agua suficiente, la laguna recuperará gradualmente su vida acuática al irse cubriendo con sedimentos naturales arrastrados por las escorrentías, y podrá tener un uso para hábitat de especies acuáticas.

Algunas de las construcciones podrían ser donadas a la comunidad para su uso. Las demás deben ser demolidas, reperfiladas y revegetadas. El hotel para el staff podría ser entregado a un organismo regional de turismo para usarlo como albergue.

La zona en general, por los nevados y las numerosas y hermosas lagunas que tiene podría convertirse en el futuro en un sitio turístico, para actividades de montañismo, integrándola a las otras lagunas como Lauricocha que es una zona con restos arqueológicos.

10.2 ANTECEDENTES

10.2.1 IDENTIFICACIÓN DEL TITULAR Y/O PROPONENTE

La Compañía Minera Raura desarrolla sus operaciones en el marco jurídico establecido en la Ley General de Minería, por el Decreto Legislativo N° 109 y su Reglamento aprobado por Decreto Supremo N° 025–82–EM/VM, el texto

único ordenado de la Ley General de Minería aprobado por Decreto Supremo N° 014-92-EM y la Ley de Promoción Minera aprobada por Decreto Legislativo 708 del 11 de Noviembre de 1991.

Explota los yacimientos de la zona y opera una Planta de Beneficio con una capacidad instalada de 2000 TMS/día, aprobada por Resolución Directoral N° 266-97-EM/DGM de fecha 21 de julio de 1997, produciendo concentrados de Cu-Ag, Pb-Ag, y Zn.

10.2.2 MARCO LEGAL

Dentro del marco legal aplicable al presente estudio del plan de Cierre de minas de la Cía Raura, se pueden mencionar los siguientes:

10.2.2.1 Normas Generales

Constitución Política del Perú

En el Art. 2º establece que es derecho fundamental de la persona de gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida.

Además, en los Artículos 66º, 67º, 68º y 69º se establece que los recursos naturales No Renovables son patrimonio de la nación promoviendo el Estado el uso sostenible de éstos.

Código del Medio ambiente y de los Recursos Naturales, establecido por el Decreto Legislativo Nº 613 del 07 SET 90

Ley Marco para el Crecimiento de la Inversión Privada, aprobada por Decreto Ley N° 757.

En el Art. 50º establece que las autoridades competentes relacionadas con el medio ambiente y los recursos naturales son los Ministerios del sector donde realizan sus actividades.

En el Art. 51 establece que cada autoridad determinará las actividades con riesgo ambiental, que pueden exceder los niveles tolerables de contaminación o daño ambiental.

Ley de Promoción Minera. Diciembre 1991, DL. N° 708.

Ley General de Aguas, DL. N° 17752.

Establece los tipos de agua de acuerdo a sus usos y los parámetros tanto físico-químicos como de carga de contaminantes que estos deben tener.

Código Penal

El código contempla al medio ambiente como un bien jurídico de carácter socioeconómico. La Ley sanciona los delitos contra los Recursos Naturales y el Medio Ambiente con penas privativas de la libertad individual y sanciones pecuniarias.

10.2.2.2 Normas Ambientales Sectoriales

- Ministerio de Energía y Minas, Prohibición de vertimientos en aguas, Decreto Ley N°17752 del 24 de julio de 1969
- Texto Único Ordenado de la Ley General de Minería sobre Medio Ambiente, Decreto Supremo N° 016- 93-EM del 01.MAY.93
- Reglamento de participación ciudadana, R.M. N°335-96-EM/SG, y R.M. N° 278-99-EM/VMM
- Niveles máximos permisibles de emisiones de gases y partículas para las actividades minero - metalúrgicas. R.M. N° 315-96-EM/VMM.

- Niveles Máximos Permisibles de Emisión de efluentes líquidos para actividades Minero - Metalúrgicas R.M. N°011-96-EM/VMM.
- Ley Del Cierre de Minas, Ley N° 28090: Regula las obligaciones y procedimientos para la elaboración, presentación e implementación del Plan de Cierre de Minas.

Establece las medidas a adoptarse a fin de rehabilitar el área utilizada o perturbada por la actividad minera. Compete al Ministerio de Energía y Minas aprobar los planes de cierre, y controlar las obligaciones asumidas e imponer sanciones administrativas. También dispone que los titulares de una actividad minera deben:

- Implementar su plan de cierre desde el inicio de sus actividades
- Reportar el avance cada 6 meses
- Constituir una garantía por el costo estimado del Cierre.

- Ley N° 28234 prorroga el plazo de presentación del Plan de Cierre establecido por la Ley 28090, hasta el 14 de octubre de 2004.
- R.D. Nº 440-96-EM/ DGM: obligación de efectuar análisis de estabilidad de depósitos de relaves operativos y abandonados.
- R.D.19-97-EM/ DGAA: Términos de Referencia para informe de estabilidad física.
- R.D. Nº 224 -97-EM/DGM: El criterio hidrológico para diseño y operación de depósitos de relaves construidos a través de un valle será el evento de tormenta con período de retorno de 500 años.
- Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental en Aire. D.S. N° 074-2001-PCM.
- Reglamento de Estándares de Calidad Ambiental para Ruidos (D.S. Nº 085-2003-PCM).
- Sistema de Evaluación del Impacto Ambiental (SEIA), Ley Nº 27446 del 23/04/01 .

- Reglamento Ambiental para Actividades de Exploración Minera, D.S.Nº 038-98-EM
- Guías Ambientales de minería elaboradas y publicadas por la Dirección General de Asuntos Ambientales del MEM

10.2.2.3 Normas Legales Sobre Preservación Del Patrimonio Cultural

- Ley General de amparo al Patrimonio Monumental de la Nación, Ley N°24047
- Reglamento de Exploraciones y excavaciones Arqueológicas, R.S. N°559-85-ED, modificada mediante R.S. N°060-95-ED, 2 de Agosto de 1995.

10.2.2.4 Normas Legales Sobre Biodiversidad

- Constitución Política del Perú
- Ley Orgánica de Aprovechamiento de los Recursos Naturales
- Código del Medio Ambiente y los Recursos Naturales
- Convenio sobre Biodiversidad, R. L. N°2618, 11 de Mayo de 1993
- Ley Forestal y de Fauna Silvestre, D.L. N°21147 y D.S. N° 158-77-AG
- Ley de Conservación y Desarrollo Sostenible de la Diversidad Biológica,. Ley N°26839
- Clasificación Oficial de Especies Amenazadas de Fauna Silvestre, Resolución Jefatural N° 013-99-INRENA/DGANPES.

10.2.2.5 Otras Normas

D. Leg. No. 613, Código del Medio Ambiente y los Recursos Naturales, modificado por D. S. No. 014-92-EM, Texto Unico Ordenado de la Ley General de Minería.

Regula lo referente a la descarga de sustancias contaminantes al ambiente, estableciendo la obligación de adoptar precauciones para la depuración, medidas de control y monitoreos (Art. 14°), y prohibe el vertimiento de sustancias a los cuerpos de agua de modo que hagan peligrosa su utilización (Art. 15°).

Ley No. 27314, Ley General de Residuos Sólidos.

Esta ley comprende a los relaves dentro de la categoría general de residuos industriales (Definición de Términos No. 24) y establece que su manejo es regulado por el Ministerio correspondiente (Art. 6°).

D. Ley No. 17752, Ley General de Aguas

Establece la prohibición de modificar el régimen, naturaleza y calidad de las aguas y sus cauces sin la correspondiente autorización y prohibe tales modificaciones si ello afecta a la salud pública, la colectividad, los recursos naturales, la seguridad o la soberanía nacional (Art. 14°). Además consagra el derecho al uso legítimo de las aguas (Art. 15°). Este derecho se encuentra regulado, entre otras, por la obligación de no perjudicar los otros usos (Art.20°, inc. d).

La disposición de residuos en las aguas requiere de su tratamiento previo y que se garantice que no se afectará la capacidad de autopurificación del receptor (Art. 22°). En particular, se establece que los relaves deben ser dispuestos en depósitos apropiados o evacuados de manera que se evite la contaminación de aguas y suelos (Art. 54°). Se prohibe la alteración del curso normal de las aguas, así como su composición física, química o biológica que afecte otros usos (Art. 56°).

D. S. No. 41-70-A, Complementación al Reglamento de los Títulos I, II y III de la Ley General de Aguas

Establece que la descarga de sustancias residuales a los cuerpos requiere de la aprobación de la autoridad sanitaria y sólo será permitida si no supera los objetivos de calidad del cuerpo receptor (Art. 173°).

D. S. No. 016-93-EM, Reglamento para la Protección Ambiental en la Actividad Minero-Metalúrgica, modificado por D. S. No. 059-93-EM

Este reglamento constituye la norma principal que regula los aspectos ambientales de las actividades minero-metalúrgicas. Establece la obligación de

presentar un EIA para los proyectos de plantas de beneficio y las ampliaciones mayores al 50% de capacidad instalada (Art. 20°).

Este reglamento considera expresamente la posibilidad de depositar relaves en el fondo de cuerpos lacustres o del mar, bajo condiciones técnicamente manejables, para los casos en los que la topografía no permite su disposición en superficie o cuando su disposición en superficie representa un mayor riesgo a la población o al ambiente (Art. 38°). Además, se establece la obligación de garantizar la estabilidad física y química del material depositado en la etapa de abandono (Art. 39°).

D. S. No. 053-99-EM, Normas Destinadas a Uniformizar Procedimientos Administrativos ante la Dirección General de Asuntos Ambientales.

Establece que la instancia competente para resolver asuntos ambientales del Sector Energía y Minas es la Dirección General de Asuntos Ambientales (DGAA).

D. S. No. 055-99-EM, Texto Único de Procedimientos Administrativos del Ministerio de Energía y Minas.

Sistematiza los requisitos para todos los trámites que se realizan ante el MEM.

R. M. No. 011-96-EM/VMM, Niveles Máximos Permisibles para Efluentes Líquidos Minero-Metalúrgicos.

Establece los valores límite que deben cumplir los parámetros regulados en los vertimientos de efluentes líquidos procedentes de las operaciones minero-metalúrgicas. Los valores están dados como concentración máxima permisible para los metales, los sólidos suspendidos totales y el cianuro total; y como valores máximo y mínimo para el pH. La concentración de metales se refiere a la fracción disuelta. Se establece límites para el valor en cualquier momento y límites para el promedio anual de muestras mensuales. Los parámetros regulados incluyen pH, sólidos suspendidos, plomo, cobre, zinc, hierro, arsénico y cianuro total.

R. M. No. 315-96-EM/VMM, Niveles Máximos Permisibles de Elementos y Compuestos Presentes en Emisiones Gaseosas Provenientes de las Unidades Minero-Metalúrgicas.

Establece los valores límite que deben cumplir las emisiones a la atmósfera procedentes de las operaciones minero-metalúrgicas y los criterios de calidad tentativos, exigibles a las operaciones del sector. Los parámetros para emisiones incluyen partículas suspendidas totales, plomo y arsénico en las partículas y anhidrido sulfuroso. Por su parte, los parámetros de calidad de aire incluyen PM10 (partículas suspendidas de tamaño menor a 10 μm), plomo y arsénico en las partículas y anhidrido sulfuroso. Los límites para partículas y para metales en las partículas están dados en términos de concentración ($\mu g/m^3$).

10.2.3 COMPROMISOS AMBIENTALES

La CMRSA, en cumplimiento de la legislación ambiental vigente en el país, y de acuerdo a su política de protección ambiental, ha asumido una serie de compromisos ambientales, a fin de asegurar que sus actividades y operaciones se realicen de manera armoniosa con el medio ambiente.

Estos compromisos han sido identificados y asumidos basándose en el Programa de Adecuación y Manejo Ambiental de la empresa, del año 1996.

Estos compromisos no sólo están enfocados al ambiente físico y biológico en el área de influencia de las operaciones mineras, sino también al componente social que muchas veces es determinante para asegurar la sostenibilidad de las operaciones.

De acuerdo a la Política Ambiental interna de Raura, la empresa se compromete a prevenir, minimizar y remediar la contaminación ambiental o cualquier impacto ambiental que resulte de la ejecución de sus operaciones y procesos, empleando la mejor tecnología disponible dentro de la viabilidad económica como parte de la mejora continua, y cumplir con toda la legislación

ambiental vigente relacionada a sus operaciones, conformando un Comité de Gestión Ambiental que conduzca al logro de los objetivos y metas establecidas en el Programa de Gestión Ambiental de CMRSA.

A continuación se describe los compromisos ambientales asumidos por Raura para el óptimo manejo ambiental del entorno.

Los proyectos considerados en el Programa de Adecuación y Manejo Ambiental (PAMA) son los siguientes:

1. Planta de tratamiento básico de agua potable
2. Sistema de colección y tratamiento de desagües
3. Relleno sanitario:
4. Plan de contingencia
5. Reforestación de relaves de Nieve Ucro
6. Relaves Caballococha: Repulpado
7. Almacenamiento y manejo de combustibles
8. Manejo de aceites usados
9. Colección y tratamiento de agua de mina
10. Botadero de desmonte Niño Perdido
11. Tajo Niño Perdido
12. Plan de Cierre

Los doce proyectos del PAMA, a la fecha, tienen un avance físico del 100%.

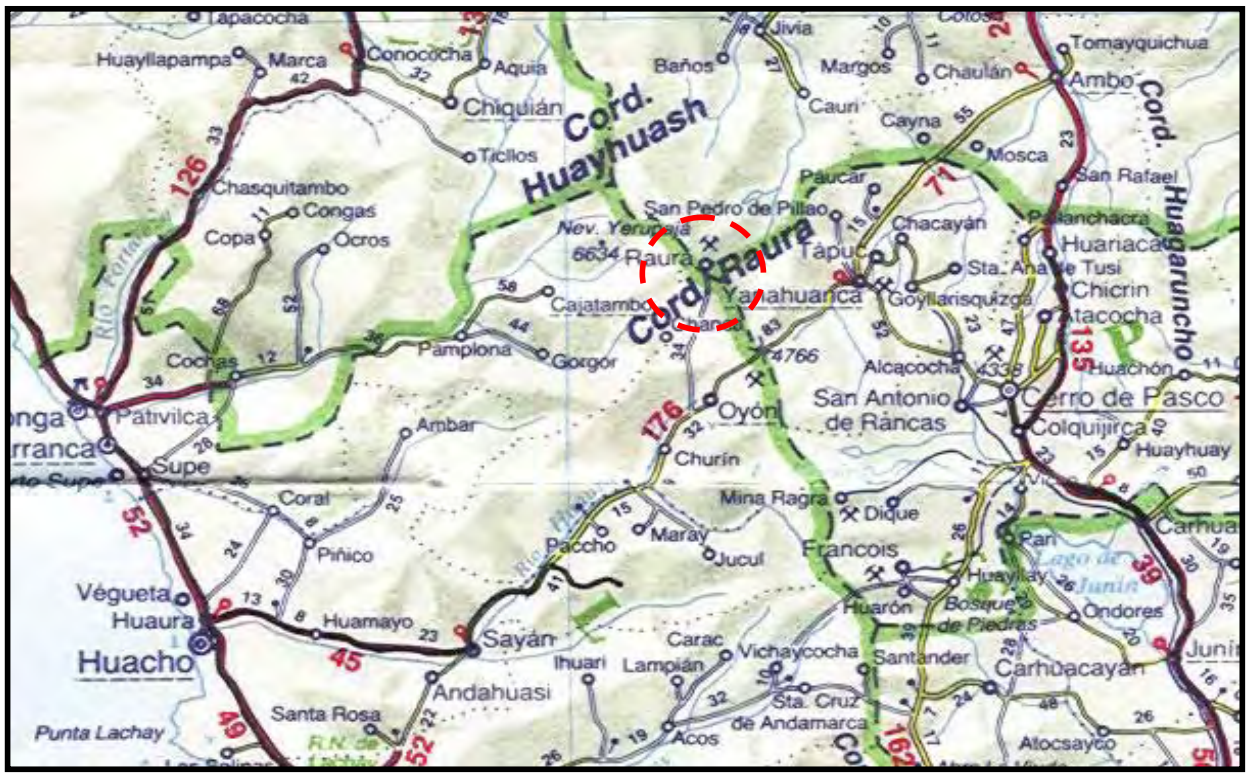


Figura10-1: UBICACIÓN DE LA MINA RAURA

10.3 PROGRAMA DE MONITOREO Y CONTROL

10.3.1 GENERALIDADES

El Programa de Monitoreo tiene por finalidad la observación, medición y evaluación periódica de la estabilidad física, la estabilidad química y del manejo de aguas en el área de influencia de la mina Raura durante la etapa de abandono con el objeto de verificar la eficacia de las obras de Cierre realizadas.

10.3.2 OBJETIVOS DEL MONITOREO AMBIENTAL

Los objetivos del Programa de Monitoreo son:

- Evaluar y registrar detalladamente los cambios que puedan producir las obras de cierre de los botaderos de desmonte, relaveras y bocaminas en la estabilidad física (estabilidad de los taludes) y la calidad del drenaje.
- Evaluar la efectividad de las medidas de cierre para garantizar la estabilidad química (coberturas recomendadas)
- Evaluar el uso de las tierras, de modo que sean preservadas las coberturas recomendadas; para no poner en riesgo la estabilidad física, producto de la erosión hídrica y finalmente proteger la estabilidad química.
- Proponer las medidas de mitigación necesarias ante impactos no previstos.

El monitoreo en el período post-cierre se efectúa con el objeto de evaluar el éxito de las medidas de cierre. El monitoreo de desempeño deberá proporcionar la indicación más temprana posible del éxito de las medidas de cierre. El monitoreo debe contemplar los aspectos siguientes: éxito de la revegetación, estabilidad física del depósito de desmonte y la estabilidad química, esto incluye los recursos agua y tierra. Se deberá adecuar el plan de monitoreo para que se evalúe los problemas ambientales críticos.

10.3.3 FRECUENCIA Y PERÍODO DEL MONITOREO

El plan de monitoreo incluye estaciones en las áreas afectadas que permitan la evaluación de la calidad y cantidad del agua, de las descargas de aguas superficiales, como rezumaderos, manantiales, etc, a fin de evaluar el éxito de las medidas de cierre.
En cada estación de muestreo de agua se tomará muestras cada mes.

El monitoreo post cierre se iniciará después de la culminación de las obras de cierre y se prolongará durante 5 años.

En caso de que el monitoreo indicara cambios en el medio ambiente, podría requerirse de un monitoreo adicional en los lugares afectados a fin de evaluar y confirmar impactos.

El monitoreo consistirá en recorridos de supervisión de las obras de los depósitos de desmontes, especialmente durante la estación de lluvias en la cual pueden producirse los mayores problemas hídricos, como incremento de las filtraciones y de las aguas de escorrentía. En cada recorrido se tomará los datos necesarios a fin de establecer si las medidas de mitigación ejecutadas han dado resultados satisfactorios.

10.3.4 VARIABLES A MONITOREAR

- Monitoreo de la estabilidad física, presencia de fisuras, asentamientos, etc.
- Monitoreo de la cobertura vegetal, afectada por aguas ácidas o posibles causas por las que las plantas seleccionadas no se desarrollan.
- Monitoreo del caudal y calidad del eventual drenaje en las zonas donde se realizó el taponeo de bocaminas.
- Monitoreo de la calidad del agua que discurre por las quebradas antes y después de los botaderos de desmonte rehabilitados. Los análisis incluyen determinación, en el campo, del caudal, temperatura, conductividad eléctrica y sólidos en suspensión y en laboratorio en Lima, sulfatos, nitratos, metales disueltos (Fe, Pb, Zn, Cu, As y Cd).
- Monitoreo de los impactos en las tierras recuperadas, las especies de flora de especial importancia.
- Monitorear que los propietarios rurales que tengan sus terrenos adyacentes al área recuperada no construyan ningún tipo de infraestructura originando por consiguiente posibles daños a las obras, ni realicen pastoreo de ganado en las áreas revegetadas, durante los tres primeros años.

10.3.5 ZONAS DE MONITOREO

Los monitoreos serán realizados en zonas representativas de los suelos, el agua en áreas próximas a los depósitos de desmontes, de las bocaminas cerradas, las obras construidas y sobre todo en aquellas zonas que puedan presentar problemas de erosión, dentro del área de influencia.

10.3.6 TIPOS DE MONITOREO

a) Monitoreo de la Estabilidad Física

El monitoreo de la estabilidad física incluirá observaciones visuales, buscando agrietamientos y escarpas producidos por las tensiones, cambios en los patrones de drenaje; levantamiento topográfico utilizando estación total para determinar fallas y sedimentaciones, instalando hitos en puntos con cotas y coordenadas conocidas para ser evaluadas temporalmente.

b) Monitoreo de la Calidad del Agua

Incluye el monitoreo para detectar la generación de aguas ácidas y su alto contenido de metales pesados como consecuencia de la lixiviación, dando cumplimiento a las normas que establece los LMPs en efluentes de actividades mineras y al Protocolo de Monitoreo correspondiente.

El muestreo de la calidad del agua consiste en la recolección de muestras de efluentes y de cursos de agua, la medición de parámetros físico – químicos en campo y el análisis químico en laboratorio.

c) Monitoreo de Recursos Ambientales

Deberá efectuarse un monitoreo para evaluar el éxito de los trabajos de revegetación. Consiste en inspecciones visuales y/o levantamientos topográficos para definir la producción de la densidad sobre la superficie.

Estas áreas donde la comunidad biológica es sensible, es apropiada para evaluar los cambios en el hábitat.

10.4 MANTENIMIENTO POST CIERRE

10.4.1 MANTENIMIENTO FÍSICO

Con la finalidad de que las obras de cierre no sufran deterioro por efecto de los fenómenos naturales o por acción humana, y que mantengan su efectividad después del cese de las operaciones de mina y planta, se realizará un mantenimiento anual del sistema de manejo de agua, corrigiendo los posibles cortes, acumulaciones de material dentro de los canales de derivación.

También si hubiera asentamiento, fisuras u otras fallas en las obras de estabilización física, se procederá a efectuar las reparaciones del caso.

10.4.2 MANTENIMIENTO GEOQUÍMICO

En las áreas que cuenten con una cobertura para lograr la estabilidad geoquímica, se reparará cualquier defecto que aparezca en esta, ya sea por erosión hídrica o eólica o por asentamiento diferencial o deslizamientos, a fin de mantener las condiciones de baja permeabilidad y así prevenir la aparición de drenaje ácido de roca.

10.4.3 MANTENIMIENTO BIOLÓGICO

En las áreas rehabilitadas, luego del monitoreo del grado de éxito de la revegetación, se hará los repiques necesarios para propiciar el crecimiento de nuevas plantas en las zonas con menor densidad de población de especies vegetales. En caso necesario, se repondrá o enriquecerá con suelo orgánico y/o fertilizantes el suelo en estas áreas. Esto es más importante en la época inmediata posterior a la actividad de revegetacion.

10.5 PROGRAMA DE CIERRE Y REHABILITACION

10.5.1 ALCANCES

El presente Plan de Cierre de la Unidad Minera Raura está dirigido a conseguir un cierre planificado de las operaciones, de manera tal que se minimice los impactos ambientales post-cierre de los componentes mineros, dejando tajos, botaderos y relaveras, física y químicamente estables. Asimismo, presenta los objetivos y criterios de cierre, así como las alternativas técnicas y la selección de la alternativa más adecuada desde los puntos de vista ambiental, técnico y económico.

Como se sabe, las condiciones específicas de cada yacimiento, tanto físicas, geológicas, hidrogeológicas, climáticas y ambientales, así como las características de los métodos mineros y metalúrgicos y las condiciones de operación, determinan los criterios particulares aplicables a dicha realidad. Sin embargo, los aspectos que están siempre presentes son la protección de los recursos del agua, suelo, aire, flora y fauna, así como darle un uso beneficioso a los terrenos después del cierre.

En el informe de la primera fase se planteará un cierre de mina a nivel conceptual.

10.5.2 ESCENARIOS Y DEFINICIÓN DE CONDICIONES PARA INICIO Y FIN DEL PROGRAMA

La Compañía Minera Raura inició sus operaciones productivas en la mina en el año 1960, y en las zonas mineralizadas en actual explotación tiene reservas de mineral para cerca de 2 años de operación aproximadamente.

Por otro lado, Raura, basado en los resultados de la prospección que ha efectuado en su área de influencia, está realizando una serie de exploraciones a fin de prolongar la vida de sus operaciones. Asimismo, cabe señalar que

Raura está planificando la explotación de una nueva zona a través de la galería de Sucshapa.

En base a lo indicado anteriormente, podemos decir que el escenario en el cual se viene desarrollando el Plan de Cierre de la mina Raura corresponde al de una mina con planes de mantener sus niveles de producción, y realizar el cierre progresivo de muchas de las operaciones actuales.

Lo mencionado no sólo brinda una serie de posibilidades que pueden ser aprovechadas de la mejor manera a fin de que el Cierre de la Mina cumpla de manera efectiva con los objetivos trazados para dicho fin, permitiendo que en el futuro las labores de explotación sean realizadas tomando en cuenta los criterios de cierre, lo que finalmente se traducirá en un adecuado manejo ambiental y su consecuente ahorro de recursos.

Adicionalmente, los escenarios previos al cierre se refieren al estado de cada uno de los componentes principales al iniciarse el cierre definitivo de la unidad minera. Estos dependen fundamentalmente de las reservas de mineral y de los métodos de explotación y de procesamiento metalúrgico, además de las condiciones fisiográficas, hidrogeológicas, geológicas y climáticas locales.
En el caso de los tajos abiertos, depende de las dimensiones del mismo, de su proximidad a lagunas y de las comunicaciones que tienen con labores subterráneas.

En los botaderos, depende del nivel freático, topografía de la zona, tipo de material, distribución granulométrica, volumen, altura, talud, calidad del suelo donde está ubicado, entre otros. En las canchas de relaves, los factores son en parte, similares a los citados para los botaderos.

10.5.3 IDENTIFICACIÓN DE EVENTOS RELEVANTES

Los eventos relevantes en la zona de la mina de Raura son los siguientes:

- La posibilidad de ocurrencia de sismos de magnitud, por estar ubicada en una zona de mediana sismisidad.
- La posibilidad de tener precipitaciones muy intensas que en épocas de ocurrencia del fenómeno de El Niño, por estar ubicado el centro minero en la sierra, a más de 4800 msnm.
- La ubicación en las partes altas de microcuencas hidrológicas, que constituyen zonas captadoras de agua y que abastecen a las lagunas y los valles que lo conforman, lo que podría conllevar la posibilidad o riesgo de contaminación aguas abajo.

10.5.4 METAS CALENDARIZADAS DEL PLAN

El Plan de Cierre de las instalaciones y operaciones mineras de la Compañía Minera Raura involucrará la ejecución de una serie de actividades y obras, las mismas que han sido elaboradas de manera tal, que se garantice el cumplimiento de cada uno de los objetivos trazados.

Se debe señalar que se ha definido la estrategia general del cierre definitivo de las operaciones mineras, y de esta forma se ha establecido los criterios generales para el cierre de cada uno de los componentes mineros, tomando en cuenta las consideraciones técnicas, económicas y ambientales; asimismo se ha permitido conocer de manera global los montos de inversión necesarios para cada componente y su plazo de ejecución, que se ven reflejados en las metas calendarizadas del presente Plan de Cierre.

La disposición subacuatica en condicones normales tiene una vida util de 5.6 años a razon de 320,000 TMS de disposición de relaves anuales, en el Plan de Cierre se comprende el monitoreo aguas debajo de la cuenca de Lauricocha, asi como la vigilancia e inspeccion de los vertederos de la laguna. Dentro de los controles mas importantes es el monitoreo de la calidad de agua de la cuenca que se realizara por espacio de 18 meses en condiciones normales en el post-cierre.

❖ CONCLUSIONES

Las siguientes son las CONCLUSIONES más relevantes del estudio realizado:

- Con la promulgación de normas ambientales, el objetivo del sector minero es alentar el incremento de la producción y promover nuevos proyectos mineros, al mismo tiempo exigir un control efectivo de los contaminantes a los titulares mineros. Esta es la sustentación del Ministerio de Energía y Minas como autoridad ambiental del sector energía y minas.
- Las Empresas deben asumir su responsabilidad ambiental al realizar sus actividades mineras compatibles con las normas ambientales vigentes.
- El volumen de la laguna es 3.46 millones de rn^3 y el espacio disponible hasta 3 m. por debajo de la superficie del agua es de 2.60 millones de m^3.
- Todas las muestras de relaves estudiadas son ricas en azufre y son potenciales generadores de ácido, aunque afortunadamente, parecen no haber generado ninguna acidez neta hasta el momento.
- Todos los relaves y sedimento de la laguna tiene niveles elevados de As, Cd, Pb y Zn (excediendo los límites establecidos en las guías Canadienses para remediar suelos de uso industrial).
- Todas las muestras de agua tienen niveles muy bajos de sólidos totales en suspensión (<50 mg/L), indicando que los relaves se sedimentan rápidamente y no son responsables del aspecto turbio de la laguna.
- La disposición subacuática de relaves, en la laguna Caballococha, la laguna puede retomar a su estado ecológico productivo, una vez que las operaciones mineras hayan cesado, aunque el ecosistema final puede diferir en algo del original.
- La tasa de difusión del oxígeno a través del agua, o poros llenos de agua en los relaves, es cerca de 10 000 veces menor que en el aire. Como consecuencia, se reduce enormemente la tasa de oxidación de sulfuro y la liberación de metales mediante la saturación o inundación de los relaves.
- La mejor manera de proteger los recursos acuáticos aguas abajo y receptores del drenaje es evitar la exposición atmosférica de los metales

sulfurosos (en relaves y desmonte). Una manera efectiva de alcanzar esto es disponerlos y mantenerlos bajo agua, donde se inhibe la oxidación.

- Esta demostrado que la disposición subacuatica ofrece la mejor solución para la prevención de la generación de acidez por los relaves, que han sido depositados de manera superficial en pilas. Los impactos ambientales adversos producidos por la disposición subárea de relaves son significativamente más pronunciados y de mayor duración que aquellos producidos por relaves depositados bajo el agua.
- La gran área de captación de agua glacial contribuye a asegurar suficiente agua de reposición que seguirá discurriendo hacia la laguna y manteniendo una cobertura permanente de agua sobre los relaves.
- De los métodos de disposición subacuática de relaves, el uso del anillo flotante al depositar los relaves directamente en el centro de la laguna resulta ser el más eficiente.

❖ RECOMENDACIONES

- Los relaves existentes en la playa formada en el sector Oeste deberán ser movidos debajo del nivel de la superficie de agua para Inhibir su oxidación y prevenir el inicio de generación ácida y la consiguiente liberación de metales pesados.
- La opción del anillo flotante para la disposición subacuática de relaves debe ser mantenida en la medidad que sea posible.
- Deberá iniciarse aplicarse el estudio de línea base ambiental que incluye: ampliar la caracterización de los sedimentos de la laguna, estudiar la mezcla de la columna de agua y evaluar el ambiente biológico de la laguna en forma detallada.
- Se debe continuar aplicando el programa de monitoreo de efectos ambientales.
- Los relaves depositados actualmente en Nieve Ucro deben ser evaluados con mayor detalle, tal como se recomienda en el PAMA.
- Toda empresa minera que aspira un liderazgo debe hacer los esfuerzos necesarios por implementar algún sistema de gestión ambiental. Para ello el sistema ISO 14000 puede servir de referencia tal como lo logro CMR.

o En diciembre del año 2005, Compañía Minera Raura logro la Certificación del Sistema de Gestión Ambiental ISO 14001:2004, aprobado y otorgado por BVQi, con acreditación de ANAB de Estados Unidos, RVA Holanda e INMETRO de Brasil. De esta manera, consiguió adoptar un sistema dirigido al cuidado y protección del ambiente, identificando y mitigando de manera eficiente los impactos ambientales que se derivan de nuestras actividades mineras.

o La competitividad industrial impone un ritmo creciente y en constante evolución y las empresas deben adaptarse a estos vertiginosos cambios que conlleva a una mejora continua de las operaciones. La inclusión de elementos, considerados tradicionalmente como externos a la dinámica de la producción como el medio ambiente, obliga a reestructurar los procesos y componentes que anteriormente

no existían. Con la implementación de nuestro Sistema de Gestión Ambiental (SGA), CMR se reafirma en el compromiso de desarrollar la actividad minera de acuerdo a los más altos estándares en el cuidado y protección del medio ambiente.

- La implementación del SGA tiene como base la identificación de los Aspectos Ambientales Significativos. Ellos se controlan mediante el establecimiento de Objetivos, Metas, Programas y Procesos para mitigarlos, reduciendo significativamente las posibilidades de las no conformidades. El monitoreo se realiza mediante auditorias internas y externas con la participación de personal capacitado como auditores internos. También se tiene como herramientas fundamental la capacitación, el entrenamiento y la sensibilización al personal en todos los niveles. La Alta Dirección periódicamente realiza la evaluación y revisión del desempeño del sistema con la finalidad de asegurar la continua adecuación y su eficacia.

- El Sistema de Gestión Ambiental (SGA), reporta resultados favorables, en lo que respecta a la calidad de aguas, del aire, y de los vertimientos domésticos, de acuerdo a las conclusiones de los Fiscalizadores Externos autorizados por la DGM/MEM.

- En el sentido que la calidad es sinónimo de competitividad las empresas deben buscar instaurar sistemas de calidad.
- La meta de todo profesional debe pasar por lograr una cultura ambiental responsable al momento de realizar las actividades profesionales y personales.

BIBLIOGRAFIA

1. Los Recursos Naturales del Perú.
2. Estudio de Impacto Ambiental (GOLDER ASSOCIATES) – Disposición Subacuatica de Relaves - 2000.
3. Memoria Anual de Compañía Minera Raura 1970.
4. Programa de Adecuacion de Manejo Ambiental PAMA – 1996.
5. Geologia e Hidrologia – Ing. David Cordova 2001.
6. Ingenieria Geotecnia de la Presa de Relaves Nieve Ucro II – Ing. Abel Ordoñez 2006.
7. Estudio Limnologico de la Universidad Agraria La Molina – 1999.
8. Estudio de Pre-Fectibilidad de Klohn Crippen para la Disposición Subacuatica de Relaves 1996.
9. Toxicología Ambiental – Lilia A. Albert 1996.
10. Caracterizacion de Aguas de Relaves – Informe de Laboratorio ECOLAB 2001.
11. Ingenieria Ambiental – Gerard Nelly.
12. Revista "Informativo Mensual" de la Sociedad Nacional de Minería, Petróleo y Energía.
13. Guías Ambientales editados por el Ministerio de Energía y Minas.
14. Memoria Anual 2006.

    Compañía Minera Raura S.AC.
15. Minas y Petróleo

    L&L Editores SRL
16. La Fijación de Standares Ambientales

    Diario El Peruano 1993
17. Limites Máximos Permisibles Para Efluentes Líquidos Minero-Metalurgicos.

    Diario El Peruano 1996

18. Minería y Medio Asmbniente: Un enfoque técnico legal de la minería en el Perú.

    PASCO FONT Alberta.

19. Guia Ambiental para el Manejo de Drenaje Acido de Minas

    DGAA-Ministerio de Energía y Minmas.

20. La Crisis del Ambiente.

    Aylesworth, T.G., Fondo de Cultura Económica, México, 1974.

21. ARD Guidelines for Mine Sites in British Columbia.

    MEMPR 1995

22. Serie de Política y Derecho Ambiental

    Sociedad Peruana de Derecho Ambiental

23. Revisión de la Evaluación de Impacto Ambiental en Países de América Latina y el Caribe

    ESPINOZA Guillermo, ALZINA Virginia – BID-CED. Santiago de Chile

24. Bases Conceptuales para la Formulación de Programas de Manejo de Cuencas Hidrográficas.

    DOUROJEANNI, Axel-CEPAL 1992.

25. Guías Ambientales editados por el Ministerio de Energía y Minas.

26. Página Web Ministerio de Energía y Minas:

    www.mem.gob.pe

27. Página Web de CONAM:

    www.conam.gob.pe

28. Tratamiento de aguas residuales

    www.iama.millicom.com.pe