

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



**“REMEDIACIÓN DE LOS PASIVOS AMBIENTALES MINEROS
GENERADOS POR LA EX UNIDAD MINERA LICHICOCHA ACTIVOS
MINEROS S.A.C. CON FINES DE DISMINUIR LOS LIXIVIADOS A LA
SUBCUENCA DEL RÍO SANTA EULALIA Y CUENCA DEL RÍO RÍMAC”**

TESIS

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO AMBIENTAL**

Presentado por:

BACH. GARCÍA ALANIA, SANDRO ANIBAL

ASESOR:

M.Sc. Eleutorio Andrés, ZAVALETA SANCHEZ

Cerro de Pasco - Perú - 2018

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



**“REMEDIACIÓN DE LOS PASIVOS AMBIENTALES MINEROS
GENERADOS POR LA EX UNIDAD MINERA LICHICOCHA ACTIVOS
MINEROS S.A.C. CON FINES DE DISMINUIR LOS LIXIVIADOS A LA
SUBCUENCA DEL RÍO SANTA EULALIA Y CUENCA DEL RÍO RÍMAC”**

TESIS

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO AMBIENTAL**

Presentado por:

BACH. GARCÍA ALANIA, SANDRO ANIBAL

Sustentado y Aprobado Ante La Comisión De Jurados

Mg. Julio Antonio ASTO LIÑAN
PRESIDENTE

Mg. Luis Alberto PACHECO PEÑA
MIEMBRO

Mg. Lucio ROJAS VITOR
MIEMBRO

Cerro de Pasco - Perú - 2018

DEDICATORIA

A mis padre

RESUMEN

La presente investigación lo presenté en cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la facultad de Ingeniería de nuestra “Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión”, me permito a presentar la Tesis Intitulada **“REMEDIACIÓN DE LOS PASIVOS AMBIENTALES MINEROS GENERADOS POR LA EX UNIDAD MINERA LICHICOCHA ACTIVOS MINEROS S.A.C. CON FINES DE DISMINUIR LOS LIXIVIADOS A LA SUBCUENCA DEL RÍO SANTA EULALIA Y CUENCA DEL RÍO RÍMAC”** con la finalidad de optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental.

La ex U.M. Lichicocha presenta pasivos ambientales mineros que indican que anteriormente se han realizado trabajos de explotación de minería subterránea.

Los pasivos de la ex U.M. Lichicocha, se compone de 30 subcomponentes, los que comprenden: 7 bocaminas, 1 pique bocamina, 9 trincheras y 13 desmontes de mina.

la investigación se debe a que este pasivo ambiental generado por la ex unidad minera Lichicocha Activos Mineros S.A.C. viene generando lixiviados con metales totales y aguas acidas que viene afectando a las

microcuencas que son afluentes a la subcuenca del río Santa Eulalia y cuenca del río Rímac.

En la remediación se realizó obras que corresponden a movimientos de tierra tales como corte y relleno, estos producen nuevos ángulos más estables en los taludes; y en bocaminas relleno y habilitación de tapones, para posterior para toda remediación impermeabilizar y por ultimo manto de top soil con presencia de vegetación.

Posterior se monitoreo la calidad de agua de las Lagunas Lichis, Laguna Jupay y Laguna Altoandina, lo cual a diferencia del inicio estas aguas se recuperaron en el color, antes de la remediación a los bordes presentaban colores amarillentos y ahora se ven aguas más claras sin la presencia de este color característicos de aguas acidas.

Palabras claves: Pasivos Ambientales Mineros, Lixiviados, MetalesTotales, Calidad de Agua y Aguas Acidas.

SUMMARY

This research was presented in compliance with the Regulation of Degrees and Degrees of the Faculty of Engineering of our "National University Daniel Alcides Carrión", I allow myself to present the thesis entitled "REMEDIATION OF THE MINING ENVIRONMENTAL LIABILITIES GENERATED BY THE EX LITTLE LICHICOCHA ASSET MIN. MINEROS SAC FOR THE PURPOSE OF DECREASING THE LIXIVIATES TO THE SUBCUENCA DEL RÍO SANTA EULALIA AND CUENCA DEL RÍO RÍMAC "" with the purpose of opting for the Professional Title of Environmental Engineer.

La ex U.M. Lichicocha presenta pasivos ambientales mineros que indican que anteriormente se han realizado trabajos de explotación de minería subterránea.

Los pasivos de la ex U.M. Lichicocha, se compone de 30 subcomponentes, los que comprenden: 7 bocaminas, 1 pique bocamina, 9 trincheras y 13 desmontes de mina.

the investigation is due to the fact that this environmental liability generated by the former mining unit Lichicocha Activos Mineros S.A.C. It has been generating leachates with total metals and acid waters that have

affected the micro-basins that are tributaries to the sub-basin of the Santa Eulalia River and the Rímac River basin.

In the remediation work was carried out that correspond to earth movements such as cutting and filling, these produce new more stable angles in the slopes; and in bocaminas filled and habilitation of plugs, for later for all waterproofing remediation and finally mantle of top soil with presence of vegetation.

Later the water quality of the Lichis lagoons, Jupay Lagoon and Altoandina Lagoon was monitored, which unlike the beginning these waters recovered in color, before the remediation the edges presented yellowish colors and now clear waters are seen without the presence of this characteristic color of acid waters.

Keywords: Mining Environmental Liabilities, Leachates, Total Metals, Water Quality and Acid Waters.

ÍNDICE

| | |
|--|-----|
| DEDICATORIA..... | II |
| SUMMARY | V |
| ÍNDICE..... | VII |
| INTRODUCCIÓN | XIV |
| CAPÍTULO I..... | 16 |
| PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA..... | 16 |
| 1.1 DETERMINACIÓN DEL PROBLEMA..... | 16 |
| 1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN | 17 |
| 1.2.1 Problema General: | 17 |
| 1.2.2 Problemas Específicos:..... | 17 |
| 1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN | 18 |
| 1.3.1 Objetivo General: | 18 |
| 1.3.2 Objetivos Específicos:..... | 19 |
| 1.4 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN | 19 |
| 1.5 IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN | 20 |
| 1.6 LIMITACIONES | 20 |
| CAPITULO II..... | 21 |
| MARCO TEÓRICO | 21 |
| 2.1 ANTECEDENTES | 21 |
| 2.2 BASES TEÓRICAS Y CIENTÍFICAS | 30 |
| 2.2 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS: | 37 |
| 2.3 HIPÓTESIS | 39 |
| 2.3.1 Hipótesis General..... | 39 |
| 2.3.2 Hipótesis Específicos | 39 |
| 2.4 . IDENTIFICACIÓN DE LAS VARIABLES | 40 |
| 2.4.2 VARIABLE INDEPENDIENTE..... | 40 |
| 2.4.3 VARIABLE DEPENDIENTE..... | 40 |
| 2.4.4 VARIABLE INTERVINIENTE..... | 40 |
| CAPÍTULO III..... | 41 |
| MATERIALES Y MÉTODOS..... | 41 |
| 3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN | 41 |
| 3.2 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN | 41 |

| | | |
|-------------------------------------|--|----|
| 3.3 | POBLACIÓN Y MUESTRA | 42 |
| 3.4 | MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN | 43 |
| 3.5 | TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS | 43 |
| 3.5.1 | TÉCNICAS | 43 |
| 3.5.2 | INSTRUMENTOS | 44 |
| 3.6 | LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO | 44 |
| 3.6.1 | Accesibilidad a la zona de estudio | 45 |
| 3.7 | Descripción del Pasivo Ambiental ex U.M. Lichicocha | 46 |
| 3.7.1 | Topografía | 46 |
| 3.7.2 | Hidrología | 47 |
| 3.7.3 | Geoquímica | 47 |
| 3.8 | Proceso de Remediación del Pasivo Ambiental ex U.M. Lichicocha | 51 |
| 3.8.1 | Remediación de Desmonteras | 51 |
| d.1 | Encapsulamiento | 59 |
| d.2 | Impermeabilizantes | 60 |
| d.3 | Revestimiento con geotextiles | 61 |
| d.4 | Revegetación | 61 |
| 3.8.2 | Remediación de Bocaminas y Pique-bocamina | 62 |
| 3.8.3 | Remediación de Tricheras | 66 |
| CAPÍTULO IV | | 69 |
| RESULTADOS Y DISCUSIÓN | | 69 |
| 4.1 | TRATAMIENTO ESTADÍSTICO E INTERPRETACIÓN DE CUADROS, PRESENTACIÓN DE RESULTADOS. | 69 |
| 4.1.1 | Resultados de la remediación de los pasivos ambientales mineros generados por la ex unidad minera Lichicocha Activos Mineros S.A.C. | 70 |
| 4.1.1.1 | Remediación de Desmonteras | 70 |
| 4.1.1.2 | Remediación de Bocaminas y Pique-bocamina | 73 |
| 4.1.1.3 | Remediación de Tricheras | 75 |
| 4.1.2 | Calidad de Agua concluida la remediación de los pasivos ambientales mineros generados por la ex unidad minera Lichicocha Activos Mineros S.A.C. | 77 |
| 4.1.2.1 | Resultados Obtenidos | 79 |

| | | |
|-----|-------------------------------|----|
| 4.2 | DISCUSIÓN DE RESULTADOS | 87 |
| 4.3 | PRUEBA DE HIPÓTESIS..... | 88 |
| | CONCLUSIONES | 90 |
| | RECOMENDACIONES | 92 |
| | REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA..... | 93 |
| | ANEXOS..... | 96 |

ÍNDICE DE CUADROS

| | |
|---|-----------|
| Cuadro N° 1: Cuadro N° 01: Rutas y distancias..... | 44 |
| Cuadro N° 02: Estaciones de Monitoreo..... | 75 |
| Cuadro N° 03: Resultados de Calidad de Agua..... | 78 |

ÍNDICE DE IMÁGENES

| | |
|---|----|
| Imagen N° 01 Metodología de proyectos de remediación ambiental..... | 33 |
| Imagen N° 02: Bocamina y Trincheras Generadora de Drenaje Ácidos..... | 47 |
| Imagen N° 03: Bocamina Generadora de Drenaje Ácidos..... | 48 |
| Imagen N° 04: Bocamina Generadora de Drenaje Ácidos..... | 48 |
| Imagen N° 05: Desmontes Generadora de Drenaje Ácidos..... | 49 |
| Imagen N° 06: Estabilidad de Talud..... | 51 |
| Imagen N° 07: Estabilidad con Gaviones en el Talud..... | 56 |
| Imagen N° 08: Estabilidad con Gaviones en el Talud..... | 56 |
| Imagen N° 09: Construcción de Tapón de Concreto..... | 61 |
| Imagen N° 10: Construcción de Tapón de Concreto..... | 62 |
| Imagen N° 11: Tapón Concluido..... | 62 |
| Imagen N° 12: Colocado de material Coluvial o Grava)..... | 63 |
| Imagen N° 13: Bocamina Cerrada..... | 64 |
| Imagen N° 14. Retiro de Agua Acida..... | 65 |
| Imagen N° 15. Rellenado de Trincheras..... | 66 |
| Imagen N° 16. Desmontera Impermiabilizado y Estabilizado..... | 69 |
| Imagen N° 17. Cunetas de Captación y Derivación de Aguas..... | 69 |
| Imagen N° 18. Especie de Ichu en Adaptación después del Cierre..... | 70 |
| Imagen N° 19. Botadero Controlado..... | 70 |
| Imagen N° 20: Bocaminas y Pique-bocamina Cerrado..... | 72 |

| | |
|---|-----------|
| Imagen N° 21: Bocaminas y Pique-bocamina Con Especies de la Zona..... | 73 |
| Imagen N° 22: Vista de Bocaminas Cerradas..... | 73 |
| Imagen N° 23: Vista de Bocaminas Cerradas y Cercadas..... | 74 |
| Imagen N° 24: Vista del Cartel de Obra-Cierre Finalizado..... | 74 |
| Imagen N° 25: Punto de Monitoreo CA-LI-O1A (Laguna Jupay)... | 76 |
| Imagen N° 26: Punto de Monitoreo CA-LI-04 (Laguna Lichis)..... | 76 |
| Imagen N° 27: Punto de Monitoreo CA-LI-O2 (Laguna Altoandina s/n)..... | 77 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura N° 01. Croquis de micro localización..... | 43 |
| Figura N° 02: Consideraciones geométricas para taludes..... | 50 |
| Figura N° 3: Configuración de banquetas N°1..... | 52 |
| Figura N° 4: Configuración de banquetas N° 2..... | 52 |
| Figura N° 5: Configuración de banquetas N° 3..... | 53 |
| Figura N° 6: Configuración por muros flexibles..... | 55 |
| Figura N° 7: Esquema de cobertura..... | 59 |

INTRODUCCIÓN

La ex Unidad Minera Lichicocha se encuentra políticamente en el distrito de Marcapomacocha, provincia de Yauli, región Junín. Las coordenadas del proyecto son: 357 016 E, 8 722 042 N, Datum WGS 84; Zona 18 Sur, a 4810 m s.n.m.

El objetivo de la presente investigación es evaluar si la remediación de los pasivos ambientales mineros generados por la ex unidad minera Lichicocha Activos Mineros S.A.C. disminuirá los lixiviados a la sub subcuenca del río Santa Eulalia y cuenca del Río Rímac.

Con la presente investigación se da a conocer la remediación de los pasivos ambientales mineros generados por la ex unidad minera Lichicocha Activos Mineros S.A.C. lo cual se demostrará la disminución y mitigación de los lixiviados a la subcuenca del río Santa Eulalia y cuenca del río Rímac.

La investigación tiene como referencia del antecedente relacionada a lo realizado por Roberto Rodríguez, Ing. Maria Del Rocío Estupiñán, Dra. Mónica Iglesias y Ing.Efraín Castillo. Evaluación del Riesgo Ambiental de los Pasivos Ambientales de la Cuenca Alta del Río Santa en el Departamento de Ancash, Perú. donde menciona. El objetivo de este trabajo es evaluar el riesgo ambiental de los pasivos ambientales

almacenados en las canchas de relaves Ticapampa y Chahuapampa ubicados en la cuenca alta del río Santa en el departamento de Ancash. Esta zona asimismo presenta diversas áreas de minería abandonada. De acuerdo con los resultados de la cartografía y los análisis físicos y químicos dos tipos de residuos minero metalúrgicos fueron reconocidos. Para evaluar el riesgo ambiental fueron tomadas 20 muestras de residuos mineros metalúrgicos y 10 de agua. El muestreo en las diferentes balsas se efectuó de forma diferenciada. Una muestra en la parte superficial y otra en profundidad. El objetivo de realizar este muestreo es disponer de muestras en condiciones de alteración y muestras inalteradas. Esto permite realizar los ensayos de evaluación de riesgo ambiental considerando muestras de diferentes condiciones de contorno. Los datos analíticos muestran que todos los materiales sólidos y el agua se caracterizan por la alta concentración de metales (Pb, Cd, Zn, Ni, As, Cr y Cu y Mn). El impacto de las actividades de la mina ocurre no sólo en el área de la mina sino en las áreas colindantes. La concentración de los metales pesados en los residuos mineros metalúrgicos y las aguas de minas exceden los valores recomendados por diversas autoridades internacionales (EPA, OMS) y el gobierno peruano.

El Autor.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 DETERMINACIÓN DEL PROBLEMA

La ex U.M. Lichicocha presenta pasivos ambientales mineros que indican que anteriormente se han realizado trabajos de explotación de minería subterránea.

Los pasivos de la ex U.M. Lichicocha, se compone de 30 subcomponentes, los que comprenden: 7 bocaminas, 1 pique bocamina, 9 trincheras y 13 desmontes de mina.

En la actualidad estos 30 componentes considerados pasivos ambientales vienen afectando a través de la generación de sus lixiviados que llevan con ellos presencia de metales pesados y aguas acidas a las microcuencas que aportan sus aguas a la subcuenca del río Santa Eulalia y posteriormente a la cuenca del río Rímac.

Lo cual con la presente investigación se dará a conocer la remediación de los pasivos ambientales mineros generados por la ex unidad minera LICHICOCHA ACTIVOS MINEROS S.A.C. con fines de disminuir los lixiviados a la subcuenca del río Santa Eulalia y cuenca del río Rímac.

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.2.1 Problema General:

¿Cómo ayudara la remediación de los pasivos ambientales mineros generados por la ex unidad minera Lichicocha Activos Mineros S.A.C. a disminuir los lixiviados a la subcuenca del río Santa Eulalia y cuenca del Río Rímac?

1.2.2 Problemas Específicos:

1. ¿Cuál es la calidad física de las aguas de las microcuencas que abastece a la subcuenca del río Santa Eulalia y cuenca del Río Rímac posterior a la remediación de los pasivos

ambientales mineros generados por la ex unidad minera Lichicocha Activos Mineros S.A.C.?

2. ¿Cuál es la calidad química de las aguas de las microcuencas que abastece a la subcuenca del río Santa Eulalia y cuenca del Río Rímac posterior a la remediación de los pasivos ambientales mineros generados por la ex unidad minera Lichicocha Activos Mineros S.A.C.?

3. ¿Cómo mejora el paisaje disturbado después de la remediación de los pasivos ambientales mineros generados por la ex unidad minera Lichicocha Activos Mineros S.A.C.?

1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1 Objetivo General:

Evaluar si la remediación de los pasivos ambientales mineros generados por la ex unidad minera Lichicocha Activos Mineros S.A.C. disminuirá los lixiviados a la sub subcuenca del río Santa Eulalia y cuenca del Río Rímac.

1.3.2 Objetivos Específicos:

1. Determinar la calidad física de las aguas de las microcuencas que abastece a la subcuenca del río Santa Eulalia y cuenca del Río Rímac posterior a la remediación de los pasivos ambientales mineros generados por la ex unidad minera Lichicocha Activos Mineros S.A.C.
2. Determinar la calidad química de las aguas de las microcuencas que abastece a la subcuenca del río Santa Eulalia y cuenca del Río Rímac posterior a la remediación de los pasivos ambientales mineros generados por la ex unidad minera Lichicocha Activos Mineros S.A.C.
3. Evaluar la mejora del paisaje disturbado después de la remediación de los pasivos ambientales mineros generados por la ex unidad minera Lichicocha Activos Mineros S.A.C.

1.4 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Con la presente investigación está justificada, se dará a conocer la remediación de los pasivos ambientales mineros generados por la ex unidad minera Lichicocha Activos Mineros S.A.C. lo cual se demostrará la disminución y mitigación de los lixiviados a la subcuenca del río Santa Eulalia y cuenca del río Rímac.

1.5 IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN

La importancia de la investigación se debe a que este pasivo ambiental generado por la ex unidad minera Lichicocha Activos Mineros S.A.C. viene generando lixiviados con metales totales y aguas acidas que viene afectando a las microcuencas que son afluentes a la subcuenca del río Santa Eulalia y cuenca del río Rímac.

Este trabajo investigativo tiene como alcance contribuir a la preservación las microcuenca del Distrito de Marcapomacocha

1.6 LIMITACIONES

- ✓ Los costos para trasladarse a la zona de investigación ya que queda a 46 Km desde la carretera central (Zona de Casapalca).

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES

Para la presente investigación tenemos 2 antecedente nacionales y una internacional donde se detalla a continuación:

- 2.1.1 Dr. Roberto Rodríguez, Ing. Maria Del Rocío Estupiñán, Dra. Mónica Iglesias y Ing.Efraín Castillo. Facultad de Ciencias. Universidad de Girona. España y Universidad Nacional de Ingeniería (2010) EVALUACIÓN DEL RIESGO AMBIENTAL DE LOS PASIVOS AMBIENTALES DE LA CUENCA ALTA DEL RÍO SANTA EN EL DEPARTAMENTO DE ANCASH, PERÚ; Perú.**

El objetivo de este trabajo es evaluar el riesgo ambiental de los pasivos ambientales almacenados en las canchas de relaves Ticapampa y Chahuapampa ubicados en la cuenca alta del río Santa en el departamento de Ancash. Esta zona asimismo presenta diversas áreas de minería abandonada. De acuerdo con los resultados de la cartografía y los análisis físicos y químicos dos tipos de residuos minero metalúrgicos fueron reconocidos. Para evaluar el riesgo ambiental fueron tomadas 20 muestras de residuos mineros metalúrgicos y 10 de agua. El muestreo en las diferentes balsas se efectuó de forma diferenciada. Una muestra en la parte superficial y otra en profundidad. El objetivo de realizar este muestreo es disponer de muestras en condiciones de alteración y muestras inalteradas. Esto permite realizar los ensayos de evaluación de riesgo ambiental considerando muestras de diferentes condiciones de contorno.

Los datos analíticos muestran que todos los materiales sólidos y el agua se caracterizan por la alta concentración de metales (Pb, Cd, Zn, Ni, As, Cr y Cu y Mn). El impacto de las actividades de la mina ocurre no sólo en el área de la mina sino en las áreas colindantes. La concentración de los metales pesados en los residuos mineros metalúrgicos y las aguas de minas exceden los

valores recomendados por diversas autoridades internacionales (EPA, OMS) y el gobierno peruano.

Las conclusiones de la investigación se llegaron:

- a. El mayor riesgo ambiental que representan estos residuos se debe a los procesos de erosión hídrica y la infiltración de sus lixiviados. Las aguas de lixiviados superan en más de dos órdenes de magnitud muchos de los parámetros establecidos en la legislación sobre concentración de metales y pH en los efluentes de mina.
- b. La estabilidad geotécnica de los depósitos esta afectada mayoritariamente por la presencia de deslizamientos, pequeños desprendimientos y la erosión en cárcavas. Estos procesos están favorecidos por el abandono que son objeto estos depósitos y la falta de medidas correctoras en cada una de las presas.
- c. De acuerdo a la distribución del diámetro de partículas podemos clasificar al material que conforma los residuos mineros como un limo arenoso. Al ser residuos de flotación

diferencial su granulometría es muy fina, más del 50% de los sólidos tiene un diámetro inferior a 38 micras. Esta fina granulometría incrementa la superficie de reacción del material con el oxígeno y el agua del medio ambiente, dando lugar a la oxidación de los sulfuros que lo conforman y a la generación de lixiviados ácidos.

2.1.2 EVALUACIÓN Y DIAGNÓSTICO DE PASIVOS AMBIENTALES MINEROS EN LA CANTERA VILLA GLORIA EN LA LOCALIDAD DE CIUDAD BOLÍVAR, BOGOTÁ D.C.(2011); autores: Ing. César Augusto García Ubaque, Ing. María Camila García Vaca, Arq. Carlos Fernando Agudelo Rodríguez. Universidad Distrital Francisco José de Caldas-Colombia.

En la ciudad de Bogotá la minería de extracción de materiales para la construcción se intensificó desde el siglo XIX hasta principios del siglo XX (Secretaría Distrital de Ambiente, 2007) y durante ese periodo, el crecimiento acelerado de la población, las imprecisiones técnicas de las operaciones mineras y una legislación que no contemplaba conceptos de cuidado del medio ambiente generaron numerosos pasivos ambientales, constituidos por las instalaciones mineras abandonadas o inactivas, áreas expuestas a remociones en masa que en la actualidad generan impactos negativos severos que

afectan a la población y los ecosistemas. El objetivo de este artículo es emplear la metodología de evaluación del impacto ambiental Gómez Orea para diagnosticar y analizar los pasivos ambientales presentes en la cantera Villa Gloria ubicada en la localidad de Ciudad Bolívar, y así determinar las posibles obras de mitigación que permitan darle un nuevo uso a esta zona, como: zonas verdes y/o áreas de recreación (Secretaría Distrital de Ambiente, 2007).

La metodología de Gómez Orea consiste en elaborar una matriz de impacto de doble entrada que correlaciona el pasivo ambiental con los componentes del ambiente, bajo el esquema de incidencias y dependencias. En la matriz se considera cada componente con sus indicadores, donde los componentes ambientales se ponen en las columnas y el pasivo ambiental que se va a evaluar en las filas (Gómez, 1999). La matriz identifica y caracteriza los impactos en las casillas de cruce, asignando el valor de la importancia del pasivo ambiental según la naturaleza de los efectos. Esta matriz permite tanto una valoración cualitativa como una valoración cuantitativa de los elementos e identifica el impacto ambiental generado por una actividad sobre un factor ambiental considerado.

Las conclusiones arribadas en la investigación fueron:

- a. La evaluación de los pasivos ambientales en la cantera Villa Gloria arrojó que los componentes ambientales más afectados fueron el componente físico y el componente biótico. En el componente ambiental físico los impactos ambientales por la remoción de la capa orgánica del suelo y los movimiento en masa obtuvieron la calificación más crítica, lo cual indica que son un riesgo permanente en la zona y por tal razón se requieren medidas de mitigación de forma inmediata.
- b. El componente paisajístico obtuvo resultados de un pasivo ambiental severo, debido a la variación de las geoformas iniciales.
- c. Una vez diagnosticados los pasivos ambientales con mayor incidencia en la cantera, se concluyó que para mitigar la variación de las geoformas iniciales se debe realizar un estudio geológico y económico para establecer los trabajos de remediación y sus costos.
- d. No obstante, se proponen las siguientes medidas de remediación y restauración: estabilización de taludes mediante cortes y rellenos compactados o mediante inyecciones de cemento (colocación de pernos de anclaje, cubrimiento de los taludes con mallas y control de la infiltración del agua por las terrazas y niveles superiores de los cortes), o en su defecto la construcción de estructuras de contención, si las condiciones físicas y otras

condiciones impiden la conformación de los taludes. Para la recuperación de la capa orgánica se estableció que una vez recuperadas las geformas iniciales, se proceda a la implantación de biomantos que permiten, por medio de fibra natural, la generación de capa orgánica y posible reforestación. Adicionalmente, obras de drenaje como lloraderos o cunetas que permitan un manejo adecuado a la escorrentía y las aguas lluvias.

**2.1.3 Eduardo Vega, Defensoría del Pueblo-Perú (2015)
DEFENSORÍA DEL PUEBLO IDENTIFICÓ 4,353 PASIVOS
AMBIENTALES DE ALTO RIESGO.; Defensor del Pueblo.**

En el Perú se identificaron 4,353 pasivos ambientales de alto riesgo, que son resultado de actividades mineras y de hidrocarburos, cuya remediación exige una atención prioritaria por parte del Estado ya que vienen poniendo en riesgo al ambiente, la vida y la salud de las personas, informó el Defensor del Pueblo, Eduardo Vega. Según el informe de la Defensoría, alrededor de 4,281 pasivos de alto riesgo son producto de la actividad minera, mientras que 72 son generados por el sector hidrocarburos.

Asimismo, Vega precisó que el número total de pasivos ambientales registrados en el sector minero es de 8,616, mientras que en el sector hidrocarburos se tienen registrados 156 pasivos ambientales; aunque en el 2002, Perupetro informó que existirían más de 6,000 pozos mal abandonados.

En cuanto a las responsabilidades señaló que, en el sector minero, 7,531 casos carecen de responsables y estudios ambientales; mientras que en el sector de hidrocarburos no se ha identificado responsabilidad alguna. Incluso, existen 61 pasivos ambientales mineros cuyos responsables mantienen la titularidad de la concesión en donde estos fueron generados.

“Los responsables que no remedian los daños que generaron no deben mantener concesiones vigentes, ni mucho menos tener nuevas concesiones”, enfatizó Vega.

Añadió que, al cierre de este informe, la Dirección General de Minería del Ministerio de Energía y Minas (MEM) no había aprobado la lista de impedidos de efectuar petitorios mineros o explorar alguna unidad minera como concesionario.

En cuanto al sector de hidrocarburos, durante la investigación realizada, se detectó un retraso de más de cinco años en el inicio de las acciones destinadas a la remediación, pese a que la ley que regula a este tipo de pasivos se aprobó en el año 2007.

Dicha situación se generó por la demora en la reglamentación de la Ley, así como por la paralización por casi dos años de la identificación de los pasivos en dicho rubro. Producto de dicho retraso, no se han identificado responsables, ni se ha remediado ningún pasivo ambiental en este sector.

Por ello, el representante de la Defensoría del Pueblo recomendó a la Presidencia del Consejo de Ministros (PCM) disponer y coordinar con las entidades competentes la atención prioritaria de dicha problemática. Además, solicitó al Ministerio del Ambiente (MINAM), en su calidad de ente rector, a intensificar su intervención hasta lograr la remediación de los pasivos ambientales, impulsando y liderando las acciones destinadas a su adecuada gestión. Exhortó también tanto al Poder Ejecutivo como al Congreso de la República a garantizar que en el Presupuesto de la República se asignen los recursos económicos que permitan cumplir con la inmediata remediación de los pasivos ambientales considerados de alto riesgo,

sin que para ello sea necesario contar previamente con un responsable determinado.

Finalmente, solicitó al Parlamento derogar el artículo 19 de la Ley N° 30230, ley que estableció medidas tributarias, simplificación de procedimientos y permisos para la promoción y dinamización de la inversión, el mismo que contempla la suspensión de los procedimientos administrativos sancionadores tramitados por el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA) y la reducción del importe de las multas impuestas.

2.2 BASES TEÓRICAS Y CIENTÍFICAS

2.2.1 Pasivos Ambientales Mineros (PAMs)

Son aquellas instalaciones, efluentes, emisiones, restos o depósitos de residuos producidos por operaciones mineras, en la actualidad abandonadas o que constituyen un riesgo permanente y potencial para la salud de la población, el ecosistema circundante y la propiedad (Art. 2° Ley N° 28271, Ley que regula los pasivos ambientales de la actividad minera).

Tipos y subtipos de PAMs: El Ministerio de Energía y Minas considera 3 tipos de PAMs y más de 10 subtipos, como se muestra en la Tabla N° 1.

Tabla N° 01. Tipos de Pasivos Ambientales Mineros (PAM)

| Tipo | Subtipo |
|-----------------|--|
| Labor minera | Bocaminas, chimeneas, piques, tajeos comunicados, trincheras y tajos abiertos. |
| Residuo minero | Relaves, desmontes de mina, botaderos de lixiviación. |
| Infraestructura | Campamentos, oficinas, talleres, plantas de procesamiento y otras instalaciones relacionadas con el proyecto minero. |

Fuente: Red Muqui

2.2.2 Cierre de Pasivos Ambientales Mineros:

Se refiere al conjunto de actividades a ser implementadas a fin de cumplir con los criterios ambientales específicos y alcanzar los objetivos sociales deseados después de la etapa de identificación y aprobación del Plan de Cierre de Pasivos Ambientales Mineros.

El cierre de pasivos ambientales mineros requiere del diseño e implementación de diferentes medidas como desmantelamiento, demolición, estabilización física y química e hidrológica, tratamiento de drenaje ácido de mina y lixiviación de metales, recuperación o rehabilitación de terrenos, revegetación y rehabilitación de hábitats acuáticos¹.

¹ Guía para la elaboración de planes de cierre de pasivos ambientales mineros. Ministerio de Energía y Minas.

2.2.3 Etapas del cierre de PAMs. Comprende dos etapas:

a) Remediación o Cierre: Ejecución de actividades contempladas en el Plan de Cierre que comprende: diseños de ingeniería requeridos para el desmantelamiento; demoliciones; estudios in-situ para la disposición final y/o el rescate de materiales; estabilización física, geoquímica e hidrológica; restablecimiento de la forma del terreno; revegetación; rehabilitación de hábitats acuáticos; rehabilitación de las áreas de préstamo; provisiones para brindar servicios esenciales a la comunidad; transferencia de propiedad; acceso a las tierras; entre otros.

b) Post Cierre: El cierre es seguido de un programa de mantenimiento, monitoreo y seguimiento post cierre, con la finalidad de medir la efectividad del cierre. Para ello el titular del Plan de Cierre de Pasivos Ambientales Mineros está obligado a continuar desarrollando las medidas de tratamiento de efluentes y emisiones, monitoreo, mantenimiento o vigilancia que corresponda, de acuerdo con el Plan de Cierre aprobado por la autoridad competente por un período mínimo de cinco años después del cierre del mismo.

2.2.4 Contaminación de aguas superficiales y subterráneas

El mayor riesgo ambiental de los PAMs es la contaminación de las aguas superficiales y subterráneas. La contaminación de las aguas se debe a liberación de contaminantes tóxicos contenidos en los residuos mineros y

desde las obras mineras, los tajos abiertos y los socavones entre otros. Existen diferentes fuentes y mecanismos de liberación de estos contaminantes. El potencial de liberación de estos elementos y el riesgo asociado dependen de las condiciones específicas del sitio, incluyendo el diseño y la operación de la extracción, del procesamiento, la gestión de los residuos, la calidad de las medidas de mitigación, aspectos ambientales como el clima y la cercanía a posibles receptores.

Los principales mecanismos de transporte a las aguas superficiales y subterráneas son las descargas directas de las aguas de proceso, las aguas de mina, el escurrimiento superficial y la infiltración. Impactos adversos también al agua superficial lo conforman la descarga superficial de sedimentos contaminados, la reducción del pH, la destrucción de ecosistemas hídricos y la contaminación del agua potable.

La presencia de sulfuros en los residuos mineros y en las labores abiertas y la consecuente formación de drenajes ácidos de mina (DAM) con altos contenidos de metales pesados y arsénico han sido reconocidos ampliamente como uno de los grandes problemas ambientales no solo en el Perú sino en muchas regiones en el mundo.

La formación de Drenaje Acido de Mina (DAM) se debe a la oxidación de minerales sulfúricos en presencia del agua y oxígeno, reaccionando para

formar ácidos sulfúricos que fácilmente disuelven metales tales como el hierro, el cobre el aluminio y el plomo. Este proceso puede ser natural, pero el desarrollo minero puede acelerar en gran medida la velocidad a la que se producen tales reacciones que finalmente generaran procesos contaminantes adversos principalmente para los cursos de aguas.

Las aguas superficiales se pueden contaminar debido a la erosión y descarga de sedimentos y materiales provenientes de los tajos abiertos, pilas de lixiviación, tanques de relaves, desmontes, etc. hacia los cuerpos acuáticos. Una alta o elevada concentración de sedimentos o una concentración elevada de contaminantes en el sedimento en el agua pueden producir efectos adversos a la vida acuática.

Las aguas subterráneas pueden verse afectadas por los impactos que emanan de los pasivos. Existen diferentes vías de influencia el cual es más obvio ocurre en las minas que llegan y sobrepasan el nivel freático donde se abre un conducto directo con las aguas subterráneas. Pero también la infiltración natural de las aguas con las aguas de proceso de mina representa una fuente común de contaminación de las aguas subterráneas. Una contaminación también puede ocurrir cuando existe una conexión hidráulica entre las aguas superficiales y as agua subterráneas.

Existe un riesgo de que los pasivos puedan alterar el régimen hidrológico debido a labores mineras como socavones ya que el flujo del agua subterránea podría verse afectado además de la ruptura de estratos impermeables.

Por otro lado, en las actuales operaciones, el uso de sustancias químicas conteniendo cianuro y mercurio también resultan un potencial riesgo ambiental, por lo que se deben tomar las medidas correspondientes para no dejar PAMs de alto riesgo.

2.2.5 Metodología para remediación de los Pasivos Ambientales Mineros (PAM)

La metodología que utiliza Activos Mineros S.A.C. en la ejecución de proyectos de remediación ambiental es la siguiente:

Imagen N° 1: Metodología de proyectos de remediación ambiental.



Fuente: Activos Mineros

2.2.6 Legislación Ambiental Aplicable a los Pasivos Ambientales

- ✓ Ley N° 28271, Ley que regula los Pasivos Ambientales de la Actividad Minera, pub. 14/07/2004. Modificada por la Ley N° 28526, publicada el 25/05/2005 y Decreto Legislativo N° 1042.

- ✓ Decreto Supremo N° 059-2005-EM, Reglamento de Pasivos Ambientales de la Actividad Minera, pub. 09/12/2005, modificado por Decreto Supremo N° 003-2009- EM.

- ✓ Resolución Ministerial N° 290-2006-EM/DM, Inventario Inicial de Pasivos Ambientales Mineros, pub. 19/06/2006, ampliada por Resoluciones Ministeriales N° 487-2007-MEM/DM, N° 079-2008-MEM/DM, N° 164-2008-MEM/DM y N° 591- 2008-MEM/DM

2.2.7 Estándares de Calidad Ambiental para Agua (ECA)

Aprobado mediante Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, que en el numeral 31.1, del artículo de la Ley de Recursos Hídricos – Ley N° 29338, define al Estándar de Calidad Ambiental para Agua (ECA) como la medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos presentes en el aire, agua o suelo, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni el ambiente.

2.2 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS:

2.2.1 Bocamina

Es el espacio físico por donde se hace el ingreso a una mina subterránea. Se puede decir que es el límite entre el espacio exterior y el espacio interior donde se realizan las actividades mineras de explotación de minerales. Sus características están en función del tamaño (ancho x alto) que le dan facilidades para los accesos de los trabajadores, los equipos de transporte para la extracción del mineral y/o los camiones.

2.2.2 Chimenea

Es una perforación vertical que se ejecuta en la roca y que tiene la misión de comunicar a más de una galería en el interior de las minas subterráneas, las que salen a superficie generalmente sirven para la ventilación de la mina.

2.2.3 Depósito de desmonte:

Es el área ocupada por los materiales extraídos del interior de la mina o del área de explotación a tajo abierto, que no contiene valores extraíbles u/o que su extracción no es económica, por lo que se han dispuesto en un lugar donde no se realizan actividades de explotación.

2.2.4 Efluente

Descarga directa de aguas residuales que son descargadas al ambiente, cuya concentración de sustancias contaminantes es medida a través de los Límites Máximos Permisibles (LMP).

2.2.5 Fuentes de contaminación

Es el lugar de donde un contaminante es liberado al ambiente. Las fuentes de contaminación pueden ser fuentes puntuales o fijas, así como fuentes dispersas o de área y también fuentes móviles.

2.2.6 Impacto Ambiental

Alteración, positiva o negativa, de uno o más de los componentes del ambiente, provocada por la acción de un proyecto. El "impacto" es la diferencia entre qué habría pasado con la acción y que habría pasado sin ésta.

2.2.7 Monitoreo ambiental

Comprende la recolección, el análisis, y la evaluación sistemática y comparable de muestras ambientales en un determinado espacio y tiempo; la misma que se realiza a efectos de medir la presencia y concentración de contaminantes en el ambiente.

2.3 HIPÓTESIS

2.3.1 Hipótesis General

La remediación de los pasivos ambientales mineros generados por la ex unidad minera Lichicocha Activos Mineros S.A.C. disminuirá los lixiviados a la sub subcuenca del río Santa Eulalia y cuenca del Río Rímac.

2.3.2 Hipótesis Específicos

1. La calidad física de las aguas de las microcuencas que abastece a la subcuenca del río Santa Eulalia y cuenca del Río Rímac posterior a la remediación de los pasivos ambientales mineros generados por la ex unidad minera Lichicocha Activos Mineros S.A.C. cumplirá con los estándares calidad ambiental.
2. La calidad química de las aguas de las microcuencas que abastece a la subcuenca del río Santa Eulalia y cuenca del Río Rímac posterior a la remediación de los pasivos ambientales mineros generados por la ex unidad minera Lichicocha Activos Mineros S.A.C. cumplirá con los estándares calidad ambiental.
- 3 Después de la remediación de los pasivos ambientales mineros generados por la ex unidad minera Lichicocha Activos Mineros S.A.C. mejora del paisaje disturbado.

2.4 . IDENTIFICACIÓN DE LAS VARIABLES

2.4.2 VARIABLE INDEPENDIENTE

La remediación de los pasivos ambientales mineros

2.4.3 VARIABLE DEPENDIENTE

Disminuirá los lixiviados a la sub subcuenca del río Santa Eulalia y cuenca del Río Rímac.

2.4.4 VARIABLE INTERVINIENTE

- Ex unidad minera Lichicocha
- Evaluación

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

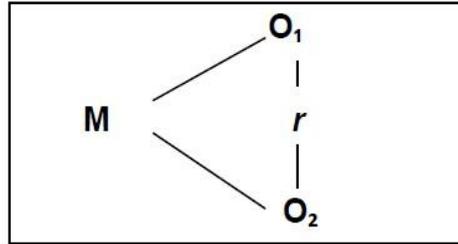
3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

El desarrollo de la Investigación, será de tipo descriptivo y Transversal

Descriptivo por narraremos los fenómenos como aparecen los resultados al inicio de la investigación y Transversal por que el estudio se hace en un tiempo determinado.

3.2 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

El estudio presenta un diseño Descriptivo Correlacional, diseñado científicamente de la siguiente manera:



Dónde:

M = Muestra.:

O₁ = Variable Independiente:

O₂ = Variable Dependiente:

r = Relación de las variables de estudio:

3.3 POBLACIÓN Y MUESTRA

3.3.1 Población y Muestra

Población

La investigación está conformado por 21 hectáreas de ex unidad minera Lichicocha

Muestra

La muestra estará representada por toda el área de los 30 componentes considerados pasivos ambientales vienen afectando a través de la generación de sus lixiviados que llevan con ellos presencia de metales pesados.

3.4 MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN

El método de investigación se realizará mediante el siguiente procedimiento:

3.4.1 Trabajo de Gabinete

Recolección de información de la remediación de la ex unidad minera Lichicocha y sus recursos hídricos aledaños.

3.4.2 Trabajo de campo

Evaluar de la remediación de los pasivos ambientales mineros generados por la ex unidad minera Lichicocha Activos Mineros S.A.C. y la calidad de agua de la sub subcuenca del río Santa Eulalia y cuenca del Río Rímac.

3.5 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.5.1 TÉCNICAS

- ✓ **Recolección de Datos:** Consiste en la recolección de información de los monitoreo de agua realizado.
- ✓ **Observación:** Consiste en una técnica de visualización en campo que zonas están siendo afectados por los vertimientos de agua.
- ✓ **Monitoreo:** Recolección de muestras en campo

- ✓ **Análisis:** Análisis de monitoreo por un laboratorio acreditado por INACAL

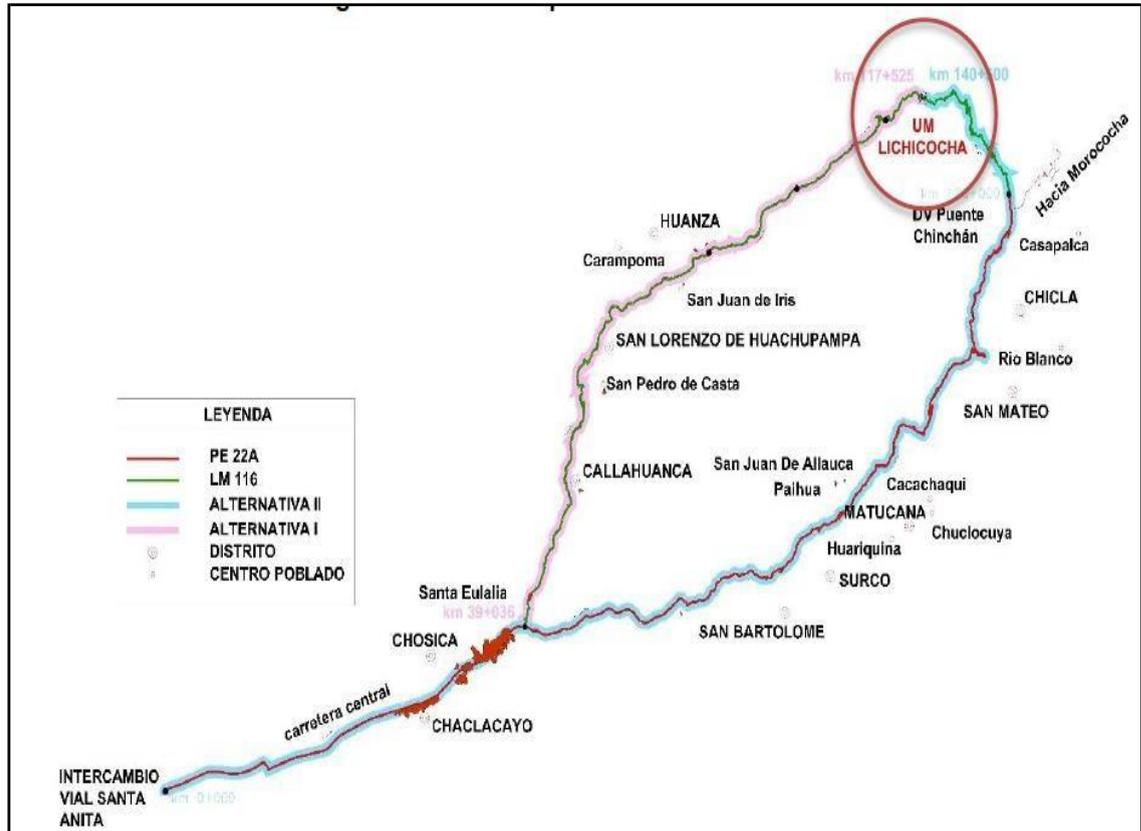
3.5.2 INSTRUMENTOS

- ✓ GPS
- ✓ Formatos de Recolección de datos
- ✓ Cámara Fotográfica

3.6 LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

La ex Unidad Minera Lichicocha se encuentra políticamente en el distrito de Marcapomacocha, provincia de Yauli, región Junín. Las coordenadas del proyecto son: 357 016 E, 8 722 042 N, Datum WGS 84; Zona 18 Sur, a 4810 m s.n.m. como se puede observar en la figura N° 01 y a más detalle en el Anexo N° 03 (Mapa de Ubicación).

Figura N° 01. Croquis de micro localización



Fuente: Activos Mineros

3.6.1 Accesibilidad a la zona de estudio

Las vías de acceso a la zona del proyecto son accesibles. El acceso a la zona de estudio es a través de la Carretera Central hasta la localidad de San Mateo ubicada a 101 km de Lima. Desde Lima hasta la zona en donde se ubica la ex U.M. Lichicocha hay una distancia de 147 km.

A continuación, se presenta el cuadro N° 01, con las rutas, distancias y tipos de vía.

Cuadro N° 01: Rutas y distancias

| Ruta | Distancia (km) | Vía utilizada | Tipo de vía | Tiempo de viaje (horas) |
|------------------------------------|----------------|---------------|-------------|-------------------------|
| Lima – San Mateo | 101 | Terrestre | Asfaltada | 3,0 |
| San Mateo – Cruce puente Chinchán | 25 | Terrestre | Asfaltada | 0,5 |
| Cruce puente Chinchán – Lichicocha | 21 | Terrestre | Afirmado | 1,0 |
| Total | 147 | | | |

Fuente: Elaboración Propio

3.7 Descripción del Pasivo Ambiental ex U.M. Lichicocha

Los pasivos de la ex U.M. Lichicocha se compone de 17 ID (Componentes) que se desagregan en 30 subcomponentes, y que comprenden: 7 bocaminas, un (01) pique bocamina, 9 trincheras y 13 desmontes de mina.

3.7.1 Topografía

En la ex U.M. Lichicocha, se tiene los siguientes componentes:

- Siete (07) bocaminas
- Un (01) pique-bocamina
- Trece (13) desmontes de mina

- Nueve (09) trincheras.

En la ex UM Lichicocha, el área levantada topográficamente abarca 10,6 ha aprox. comprendiendo 17 ID principales, siendo su ubicación geográfica 11° 33' 25" S y 76° 18' 42" W, y a una altitud aprox. de 4810 m s.n.m.

3.7.2 Hidrología

Hidrográficamente, la zona de estudio se ubica en la región hidrográfica del Pacífico, en la Unidad Hidrográfica Lichis, correspondiente a Cuenca Rímac (137554), subcuenca del río Santa Eulalia, Unidad Hidrográfica 1375544 (MINAGRI, 2010), drenando sus aguas hacia el océano Pacífico.

3.7.3 Geoquímica²

La caracterización geoquímica permite definir el tipo de cierre que se aplica a cada componente. Los objetivos trazados en el estudio están enmarcados dentro de los conceptos del sostenimiento de la estabilidad química en el tiempo.

² ACTIVOS MINEROS 2017 "ESTUDIO DEFINITIVO PARA LA REMEDIACIÓN DE LOS PASIVOS AMBIENTALES MINEROS GENERADOS POR LA EX UNIDAD MINERA LICHICOCHA ACTIVOS MINEROS S.A.C."

Para la determinación del Potencial Neto de Neutralización (PNN) se tomaron doce (12) muestras representativas del área de la ex U.M. Lichicocha, las cuales fueron enviadas a los Laboratorios de Espectrometría de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI).

Es preciso indicar que los resultados de las muestras tomadas en los pasivos ambientales mineros de la ex U.M. Lichicocha, indican que son generadores de acidez en los siguientes componentes: desmonte de mina 10002, trinchera 9666 y el desmonte de mina 13625, debido a que en la mineralogía de las muestras proceden de minerales sulfurados, motivo por el cual necesita una cobertura con impermeabilización.

En los siguientes componentes: desmonte de mina 9995, bocamina 9997, desmonte de mina 13620A, desmonte de mina 13622, bocamina 13624 y desmonte de mina 10000, la posibilidad de ser generador de drenaje ácido es incierto, pero en un tiempo futuro hay tendencia a ser generador, motivo por el cual se sugiere instalar una capa de material impermeabilizante.

Por último, las muestras tomadas en las bocaminas 13627, 13621A y 10001 indican que no son generadores de acidez.

Esta generación de drenajes ácidos se puede observar en las siguientes imágenes:

Imagen N° 01. Bocamina y Trincheras Generadora de Drenaje Ácidos



Imagen N° 02. Bocamina Generadora de Drenaje Ácidos



Imagen N° 03. Desmontes Generadora de Drenaje Ácidos



Imagen N° 04. Desmontes Generadora de Drenaje Ácidos



3.8 Proceso de Remediación del Pasivo Ambiental ex U.M. Lichicocha

3.8.1 Remediación de Desmonteras

a. Remoción de material de desmonte

En la remediación se realizó obras que corresponden a movimientos de tierra tales como corte y relleno, estos producen nuevos ángulos más estables en los taludes; existen consideraciones importantes para su estabilidad. Estos taludes se

generarán cuando se proyectan las estructuras de relleno y las plataformas para los depósitos de desmontes, esto se realizó tal como se ve en la figura N° 02 y asimismo se evidencia en la imagen N° 05.

Figura N° 02: Consideraciones geométricas para taludes

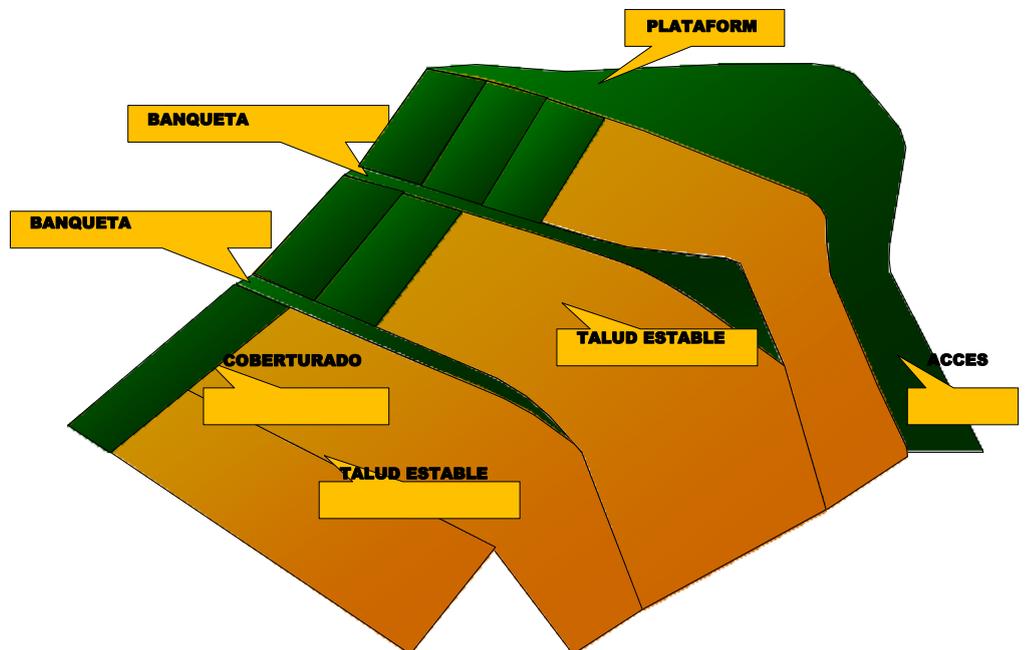


Imagen N° 05. Estabilidad de Talud



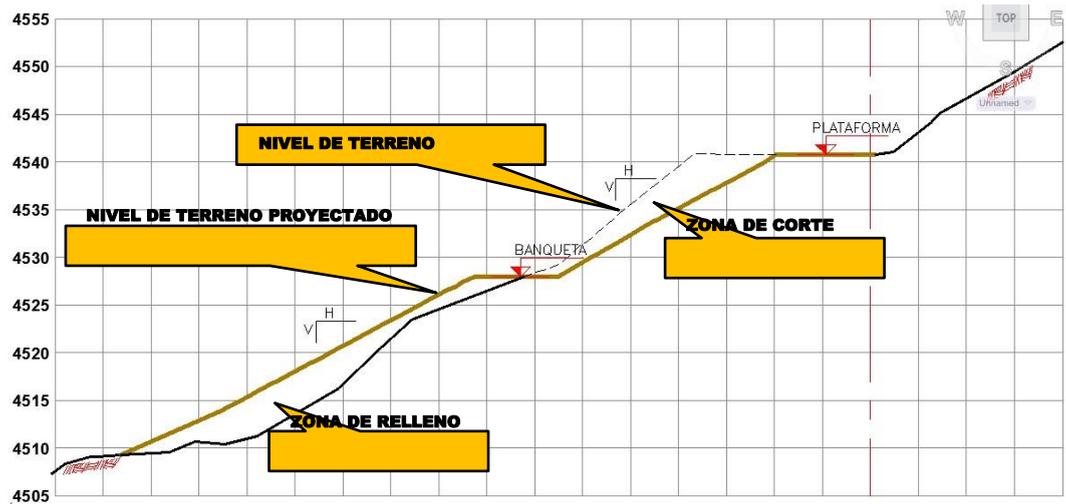
b. Perfilado y nivelación

b.1 Configuración por banquetas

Esta configuración consistió en intersecar el talud inestable en una altura determinada por una plano horizontal con un ancho determinado, dividiendo el talud en dos zonas y tres probables configuraciones, en la primera configuración la parte superior al plano cortante será una zona en corte de material, y la parte inferior al plano cortante, será una zona para relleno de material, en la segunda configuración tanto la parte superior en inferior al plano cortante serán una zona completamente en corte de material, finalmente en la tercera configuración tanto la parte superior e

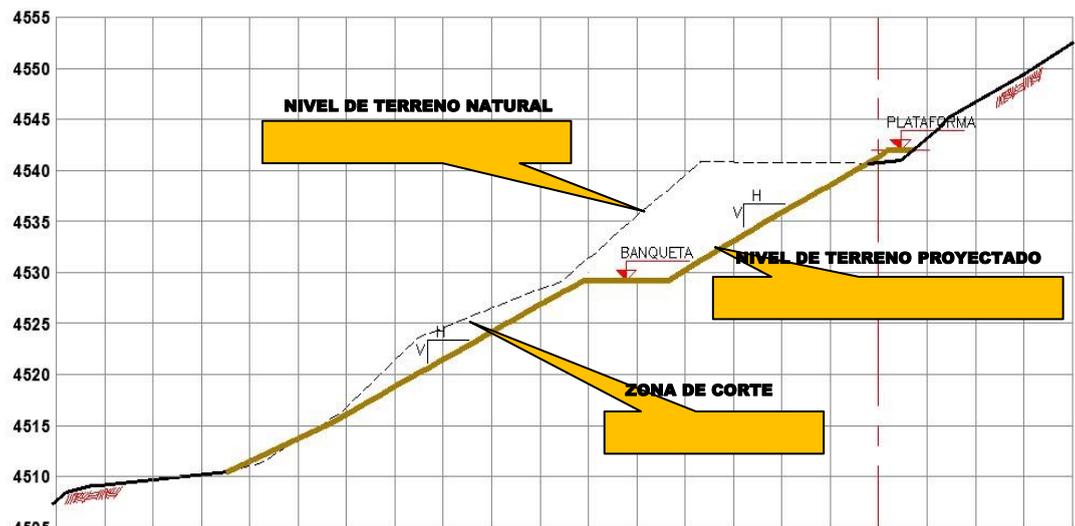
inferior al plano cortante serán una zona completamente en relleno de material ver figura 3, 4 y 5.

Figura N° 3: Configuración de banquetas N°1



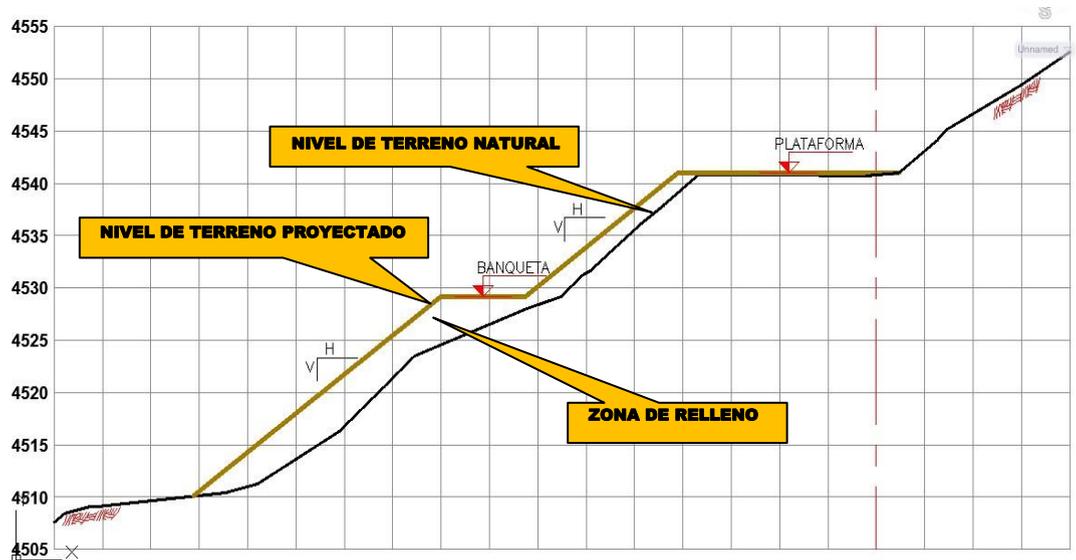
Fuente: CESEL S.A.

Figura N° 4: Configuración de banquetas N° 2



Fuente: CESEL S.A.

Figura N° 5: Configuración de banquetas N° 3



Fuente: CESEL S.A.

Con este método para la configuración 3, logramos conformar el depósito de desmonte de mina proyectado, con el volumen de material cortado de los depósitos de desmonte de mina removidos de su área de emplazamiento como se muestra en la configuración 2. Estos métodos son función directa de las condiciones topográficas de la zona de estudio.

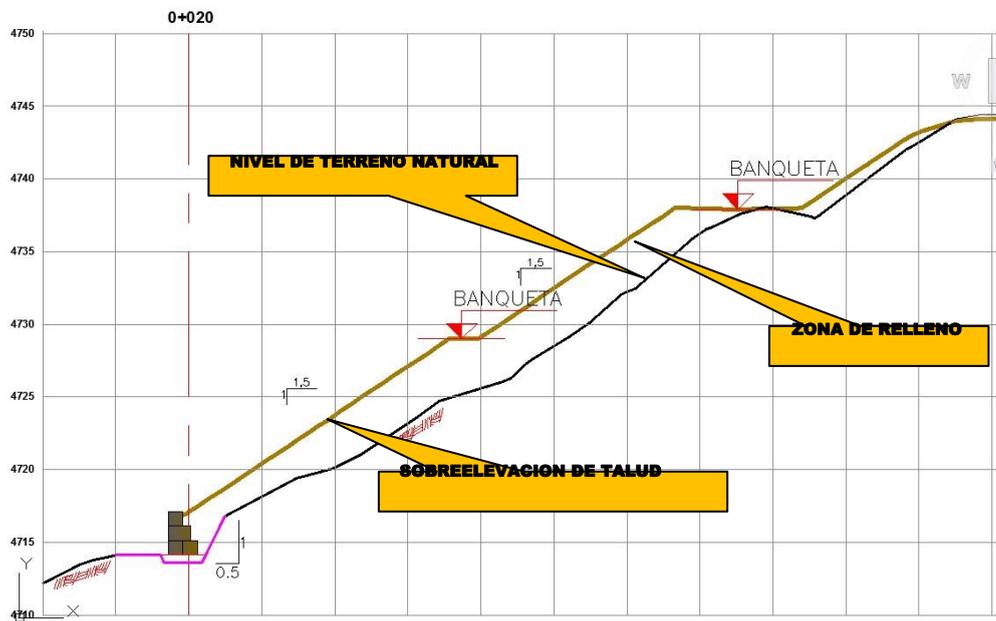
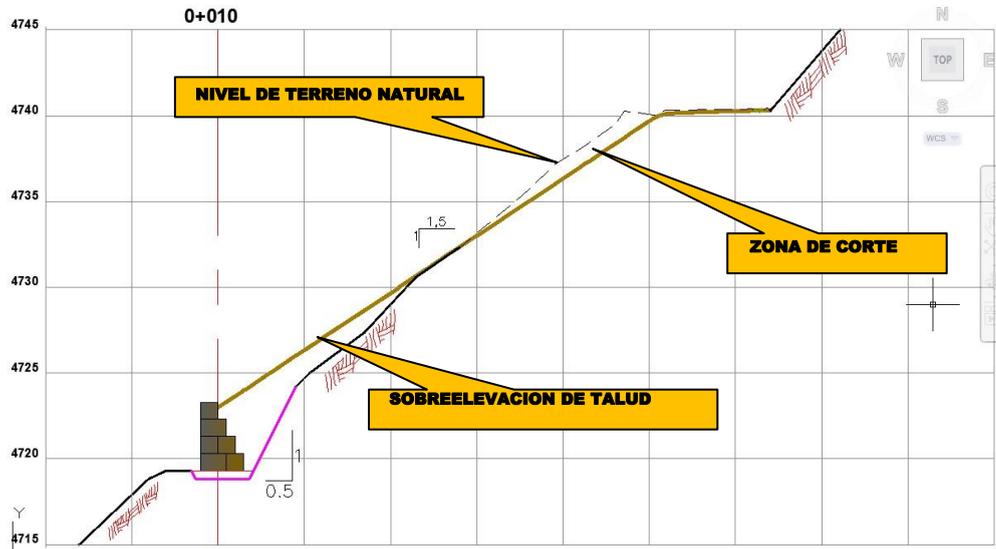
b.2 Configuración por muros flexibles

La configuración por muros flexibles es muy usada para la contención de masas al pie del talud o banquetas intermedias, con esto se restringe el desplazamiento de la masa de tierra en la parte inferior del talud y/o banquetas intermedias. Los muros de contención poseen una altura determinada, con la finalidad de lograr regular el ángulo de inclinación del talud garantizando la estabilidad física de la masa terrea ubicada en la parte superior del muro, ver figura 6.

Mediante esta configuración podemos obtener alturas de taludes mayores a las que se puede obtener en la configuración por banquetas.

La experiencia demuestra que las dos configuraciones mostradas pueden ser combinadas logrando buenos resultados, esto depende de las características del depósito de desmonte y del terreno donde está emplazado. La conformación del muro se puede apreciar en la imagen N° 06 y 07.

Figura Nº 6: Configuración por muros flexibles



Fuente: CESEL S.A.

Imagen N° 06. Estabilidad con Gaviones en el Talud



Imagen N° 07. Estabilidad con Gaviones en el Talud



c. Construcción de canal colector y zanjas de coronación

Las obras hidráulicas se diseñaron a partir de los datos obtenidos del estudio hidrológico, donde a partir de la precipitación máxima en 24 horas se estable el rendimiento de la microcuenca que recolecta la escorrentía superficial, para un valor de tiempo de retorno. Este valor se multiplico por las respectivas áreas de drenaje de cada obra hidráulica, de manera que se obtiene el caudal de diseño.

d. Colocación de cobertura

Se presenta los criterios dirigidos a asegurar la Estabilidad Química (EQ) de las fuentes potencialmente generadoras de drenaje ácido, con la finalidad de alcanzar su estabilidad en el momento de cierre y de minimizar los riesgos que el desarrollo de la actividad minera supone para la salud de las personas y/o el medio ambiente.

d.1 Encapsulamiento

El objetivo principal de las técnicas de encapsulamiento es limitar la percolación del oxígeno y del agua como método de prevención del proceso generador de drenaje ácido.

Como consecuencia, se limita la oxidación de los sulfuros y la generación de efluentes, así como la movilización de elementos contaminantes. Estas barreras se construyen con materiales artificiales, y cubren o encapsulan el PAM. La selección del tipo de barrera a utilizar así como su diseño depende del lugar donde se quiera instalar y de las características sitio-específicas de la instalación.

d.2 Impermeabilizantes

Como se ha visto, los capas impermeables se aplican con el objetivo, por un lado, de limitar la circulación de gases (oxígeno) y, por el otro, la infiltración de agua, previniendo de este modo la reactividad del material y la generación de lixiviado en el PAM. Para ello se aplicó geosintéticos (geomembrana).

En definitiva, las capas impermeabilizantes suponen un encapsulamiento funcional desde el punto de vista hidrogeológico y, además son flexibles mecánicamente, característica que los hace más seguros respecto de los revestimientos de geotextiles, ya que permiten el flujo controlado a través de su sistema poroso.

d.3 Revestimiento con geotextiles

Se colocó geotextiles, que tiene la separación física (y química) del material potencialmente generador de drenaje ácido con el medio. Normalmente estos revestimientos son materiales artificiales con diferentes diseños y espesores, pero también existen aquellos que integran sustratos naturales, como por ejemplo bentonita, mejorando sus capacidades.

Figura N° 7: Esquema de cobertura



d.4 Revegetación

La vegetación cumple un papel muy importante en un ecosistema, no sólo por formar parte del paisaje (componente estético), sino porque influye directamente en el balance hídrico, en la biodiversidad o en la estabilidad física del terreno.

Asimismo, es una de las medidas más eficaces en el control de la erosión hídrica y eólica a la que se expone un suelo o material, dándole un valor añadido a la tierra y por ende a las comunidades donde se localiza.

3.8.2 Remediación de Bocaminas y Pique-bocamina

a. Construcción de tapón de concreto armado

Primero se rellenó las bocaminas; desde los 20,00 m del interior hasta los 6,00 m de la galería, haciendo una longitud total de 13 m. de relleno.

Posterior se realizó la limpieza y excavación de la galería desde los 6,00 m del interior del túnel para la cimentación de la base y construcción del muro de concreto ciclópeo en toda la altura y ancho del túnel.

finalizando en la entrada de la bocamina con un muro de concretó ciclópeo de forma trapezoidal, procurando

mimetizar con la pendiente del terreno.

El cierre de minas con taponés especiales consiste en estructuras de concreto sólido no reforzado (agregados, cemento, agua, etc.), que se han colocado en una zona especialmente escogida de la galería (roca volcánica). En la imágenes 08, 09 y 10 se puede

Imagen N° 08. Construcción de Tapón de Concreto



Imagen N° 09. Construcción de Tapón de Concreto



Imagen N° 10. Tapón Concluido



b. Colocación de cobertura de caliza y material propio

Al final de la bocamina ya se cerrada se adiciono material calizo en un espesor de 2.50 m, para posterior adicionar tierra orgánica de la zona y a la vez se realizó el sembrío de ichu especie andina y natural de la zona. Estas actividades se puede obserar en las imágenes N° 11 y 12

Imagen N° 11. Colocado de material Coluvial o Grava



Imagen Nº 12. Bocamina Cerrada



3.8.3 Remediación de Trincheras

a. Relleno con material propio

Las trincheras son zanjas que existen como producto de explotación superficial del afloramiento de una veta.

En la ex U.M. Lichicocha las trincheras que tuvieron 2 y 3 m. de ancho, cuya profundidad varía de 5 a 8 m.

Estas zanjas se han desmoronado y los lados han ido fallando poco a poco, generando drenaje ácido proveniente de las paredes de rajo.

La clausura de las trincheras comprendieron las siguientes actividades:

- Relleno de las aberturas con bancos de gran diámetro tal como se puede observa en las imágenes N° 13 y 14.

Imagen N° 13. Retiro de Agua Acida



Imagen N° 14. Rellenado de Trincheras



b. Colocación de cobertura con caliza, material orgánico y sembrado

- Luego se complementa con cascajo
- Se cubrió con geomembrana y se sujeto
- Finalmente se cubre con tierra de cultivo y se revegetación .

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 TRATAMIENTO ESTADÍSTICO E INTERPRETACIÓN DE CUADROS, PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.

Con la finalización ya de la remediación de los pasivos ambientales mineros generados por la ex unidad minera Lichicocha Activos Mineros S.A.C. se disminuirá los lixiviados a la subcuenca del río Santa Eulalia y cuenca del río Rímac, para ello se presenta los resultados para lograr este objetivo:

4.1.1 Resultados de la remediación de los pasivos ambientales mineros generados por la ex unidad minera Lichicocha Activos Mineros S.A.C.

4.1.1.1 Remediación de Desmonteras

Finalizado la remediación de la desmontera, como se puede apreciar en las imágenes N° 15, 16, 17 y 18 el contacto con el ambiente fue eliminada, lo cual permitirá que ya no se genere material particulado, lixiviados al ambiente y asimismo la generación de drenaje ácido de mina.

Asimismo, en las imágenes se puede observar en caso se genere precipitaciones pluviales, para evitar su contacto con el material impermeabilizado (Desmonte), para ello se tiene cuneta de coronación, cunetas de derivación hacia zona abajo, lo cual este sistema hidráulico permite el buen funcionamiento de este cierre.

Por otro lado, se muestra también las especies oriundas de la zona como el ichu, donde dan mejor garantía del cierre y por ende un mejor aspecto.

Imagen N° 15. Desmontera Impermiabilizado y Estabilizado



Imagen N° 16. Cunetas de Captación y Derivación de Aguas



Imagen N° 17. Especie de Ichu en Adaptación después del Cierre



Imagen N° 18. Botadero Controlado



4.1.1.2 Remediación de Bocaminas y Pique-bocamina

Finalizado la remediación de Bocaminas y Pique bocaminas, como se puede apreciar en las imágenes N° 19 y 20 el contacto con el ambiente fue eliminada, lo cual permitirá que ya no se genere lixiviados al ambiente y asimismo la generación de drenaje ácido de mina.

Asimismo, en las imágenes se puede observar que las áreas remediadas están cercadas a fin de evitar el ingreso de animales que puedan perjudicar la remediación, lo cual esto permitirá la adaptación de la especie ichu en el componente remediado.

Por otro lado, se muestra también las especies oriundas de la zona como el ichu, donde dan mejor garantía del cierre y por ende un mejor aspecto.

Imagen N° 19: Bocaminas y Pique-bocamina Cerrado



Imagen N° 20: Bocaminas y Pique-bocamina Con Especies de la Zona



4.1.1.3 Remediación de Trincheras

Finalizado la remediación de las trincheras, como se puede apreciar en las imágenes N° 21 y 22 el contacto con el ambiente fue eliminada, lo cual permitirá que ya no se genere lixiviados al ambiente y asimismo la generación de drenaje ácido de mina.

Asimismo, en las imágenes se puede observar que las áreas remediadas están cercadas a fin de evitar el ingreso de animales que puedan perjudicar la remediación, lo cual esto permitirá la adaptación de la especie ichu en el componente remediado.

Imagen N° 21: Vista de Bocaminas Cerradas



Imagen Nº 22: Vista de Bocaminas Cerradas y Cercadas



Imagen Nº 23: Vista del Cartel de Obra-Cierre Finalizado



4.1.2 Calidad de Agua concluida la remediación de los pasivos ambientales mineros generados por la ex unidad minera Lichicocha Activos Mineros S.A.C.

La ubicación de los puntos de monitoreo se describe en el siguiente cuadro:

Cuadro N° 02: Estaciones de Monitoreo

| Estación | Descripción | Coordenadas UTM-WGS84 | | Altitud (msnm) |
|-----------|---|-----------------------|---------|----------------|
| | | Norte | Este | |
| CA-LI-04 | En el cuerpo de agua, ubicado en la Laguna Lichis | 8 722 239 | 356 176 | 4679 |
| CA-LI-01A | En el cuerpo de agua, ubicado en la Laguna Jupay | 8 722 239 | 358 041 | 4750 |
| CA-LI-02 | En el cuerpo de agua, ubicado en la Laguna Altoandina s/n | 8 722 082 | 356 912 | 4817 |

Fuente: Activos Mineros

Asimismo, se muestra las imágenes, los tres puntos de monitoreo, puntos de monitoreo que están rodeados de los pasivos ambientales remediados.

Imagen N° 24: Punto de Monitoreo CA-LI-O1A (Laguna Jupay)



Imagen N° 25: Punto de Monitoreo CA-LI-04 (Laguna Lichis)



Imagen N° 26: Punto de Monitoreo CA-LI-O2 (Laguna Altoandina s/n)



4.1.2.1 Resultados Obtenidos

En el Cuadro N° 03 presentamos los resultados obtenidos de la calidad de agua en 3 cuerpo receptores, monitoreo realizado posterior concluido el cierre final, para lo cual se detalla los siguientes resultados:

Cuadro N° 03: Resultados de Calidad de Agua

| Estación de Muestreo | | CA-LI-04 | CA-LI-01A | CA-LI-02 | ECA de Agua (*) |
|-------------------------------|--------------|---------------|---------------|---------------|-----------------|
| Fecha de Muestreo | Unidad | 26-01-2018 | 26-01-2018 | 26-01-2018 | |
| Hora de Muestreo | | 14:45 | 14:20 | 15:25 | |
| Matriz | | AS | AS | AS | |
| Ensayo | | | | | |
| Ensayos de campo | | | | | |
| Conductividad Específica | uS/cm | 75.4 | 54.4 | 80.3 | 1000 |
| Oxígeno Disuelto | mg/L | 5.7 | 5.8 | 6.0 | ≥ 5 |
| pH | Unidad de pH | 6.85 | 6.45 | 6.97 | 6.5 - 9.0 |
| Temperatura | °C | 12.0 | 12.5 | 11.8 | Δ 3 |
| Metales Totales ICP-MS | | | | | |
| Ni (Tot) | mg/L | 0.0006 | 0.0008 | 0.0006 | 0.052 |
| Cu (Tot) | mg/L | 0.0112 | 0.0085 | 0.1129 | 0.1 |
| Zn (Tot) | mg/L | 0.1565 | 0.1985 | 0.1391 | 0.12 |
| As (Tot) | mg/L | 0.0052 | 0.0043 | 0.0041 | 0.15 |
| Se (Tot) | mg/L | <0.0002 | <0.0002 | <0.0002 | 0.005 |
| Cd (Tot) | mg/L | 0.0007 | 0.0009 | 0.0007 | 0,00025 |
| Sb (Tot) | mg/L | 0.0016 | 0.0013 | 0.0014 | 0.64 |
| Ba (Tot) | mg/L | 0.0059 | 0.0059 | 0.0051 | 0.7 |
| Hg (Tot) | mg/L | <0.0001 | <0.0001 | <0.0001 | 0.0001 |
| Tl (Tot) | mg/L | <0.0003 | <0.0003 | <0.0003 | 0.0008 |
| Pb (Tot) | mg/L | 0.0061 | 0.0040 | 0.0036 | 0.0025 |

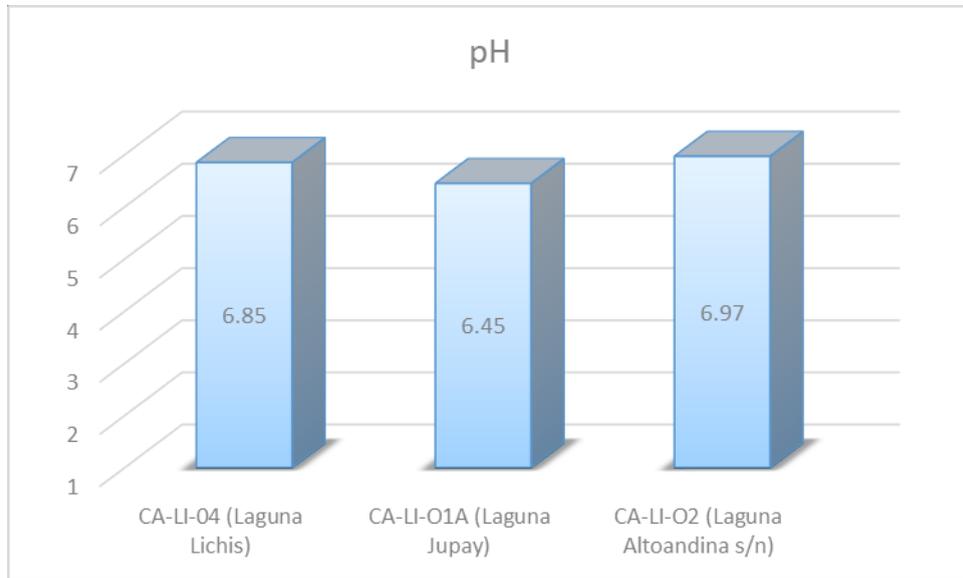
Fuente: Informe de Ensayo con Valor Oficial No. 11095L/18-MA-MB (Inspectorate).

(*) D.S. N° 004-2017-MINAM. Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias.

Δ 3 Significa variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada.

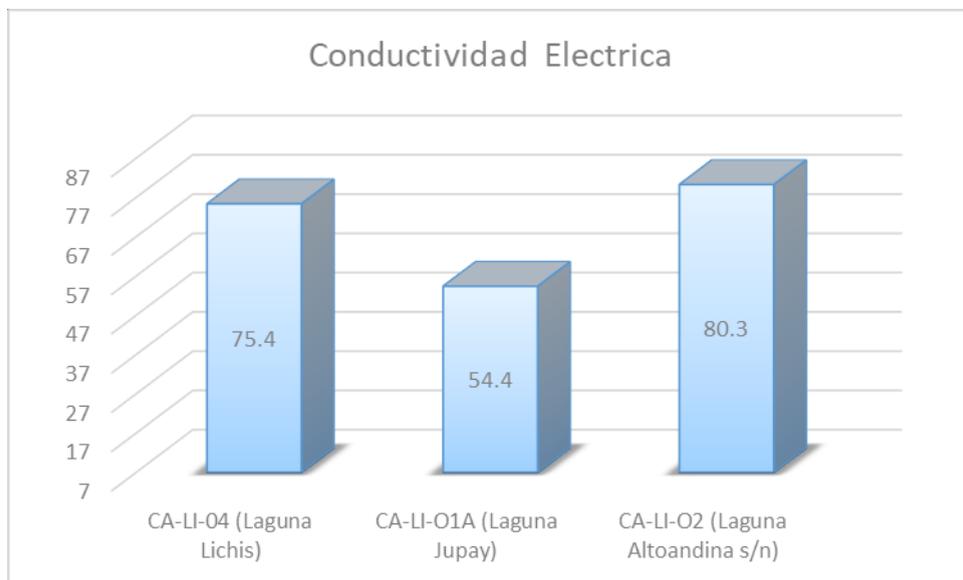
(--) No presenta valor de comparación

Gráfico N° 01: Resultado del Parámetro pH



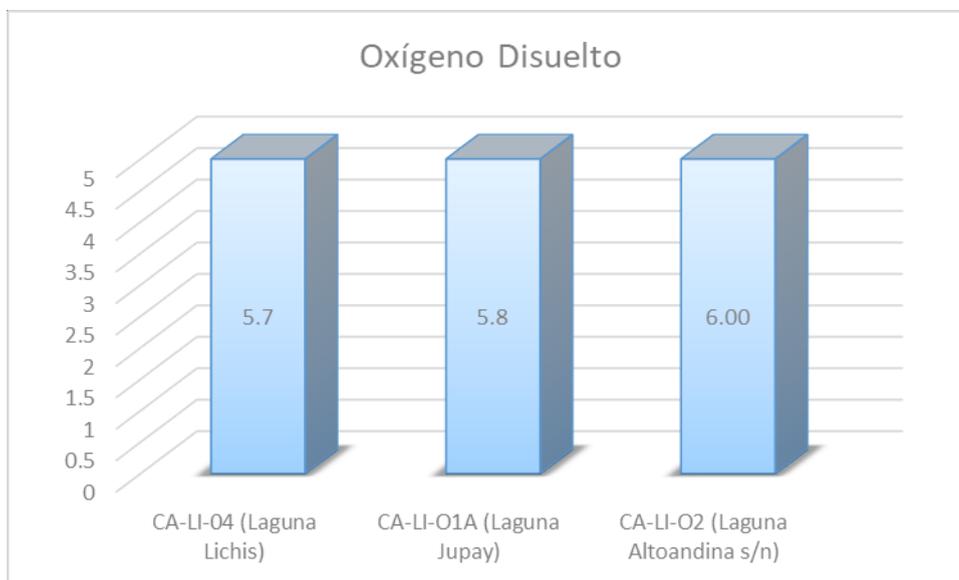
Fuente: Laboratorio Inspectorate

Gráfico N° 02: Resultado del Parámetro Conductividad Eléctrica



Fuente: Laboratorio Inspectorate

Gráfico N° 03: Resultado del Parámetro Oxígeno Disuelto



Fuente: Laboratorio Inspectorate

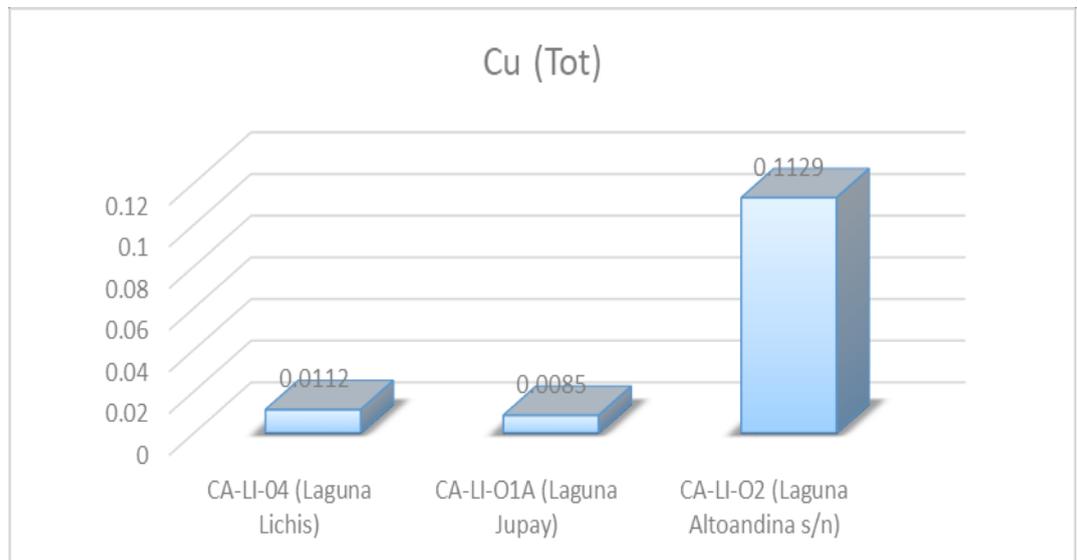
Interpretación de Parámetros Físicos

Según los Estándares de Calidad Ambiental para Categoría 3 (Riego de vegetales y bebida de animales), el potencia de hidrogeno (pH) es de 6,5 – 9, por lo que vemos en los tres puntos de monitoreo (Laguna Lichis y Laguna Altoandina s/n) cumplimos con las ECA para categoría 3, ya que en la laguna Lichis el pH es de 6.85 y en la Laguna Altoandina s/n el pH es de 6.97, con respecto a la Laguna Jupay el pH es de 6.45 en este punto no cumple con los ECA, pero en los trascurros de los días por la no presencia de lixiviados y drenaje ácidos la laguna Jupay seguramente cumplirá con este parámetro.

Para el caso de la conductividad eléctrica los Estándares de Calidad Ambiental para Categoría 3 (Riego de vegetales y bebida de animales), es de 1000 uS/cm, por lo que vemos en los tres puntos de monitoreo cumplimos con las ECA para categoría 3, ya que en la laguna Lichis la CE es de 75.4 uS/cm, la Laguna Altoandina s/n la CE es de 54.4 uS/cm y en la Laguna Jupay la CE es de 80.3 uS/cm, lo cual representa la no presencia de metales en estos tres fuentes hídricas que rodean a la remediación.

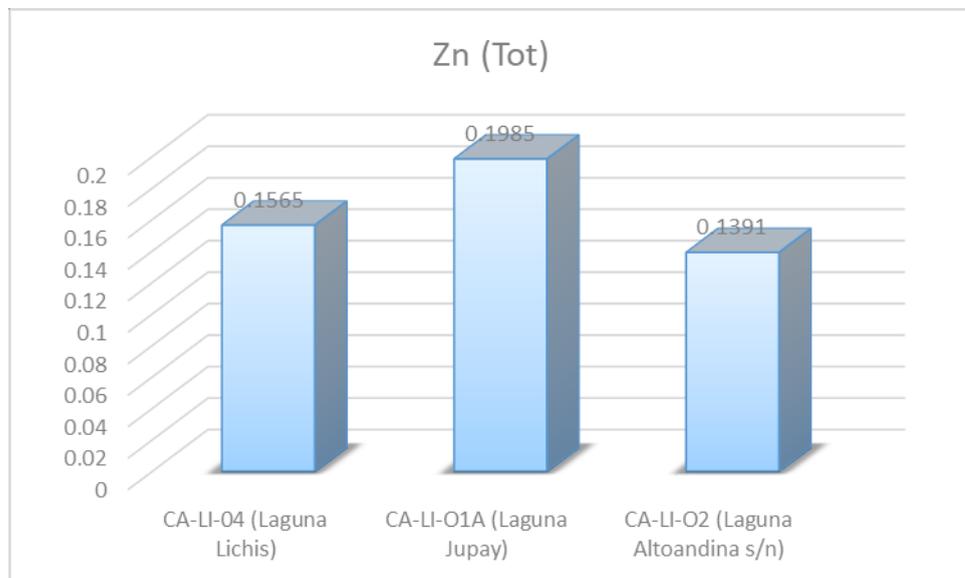
Con respecto al oxígeno, Según los Estándares de Calidad Ambiental para Categoría 3 (Riego de vegetales y bebida de animales), es de ≥ 5 mg/L, por lo que vemos en los tres puntos de monitoreo cumplimos con las ECA para categoría 3, lo cual nos da referencia la presencia de seres vivos en estas fuentes hídricas.

Gráfico N° 04: Presencia de Cobre



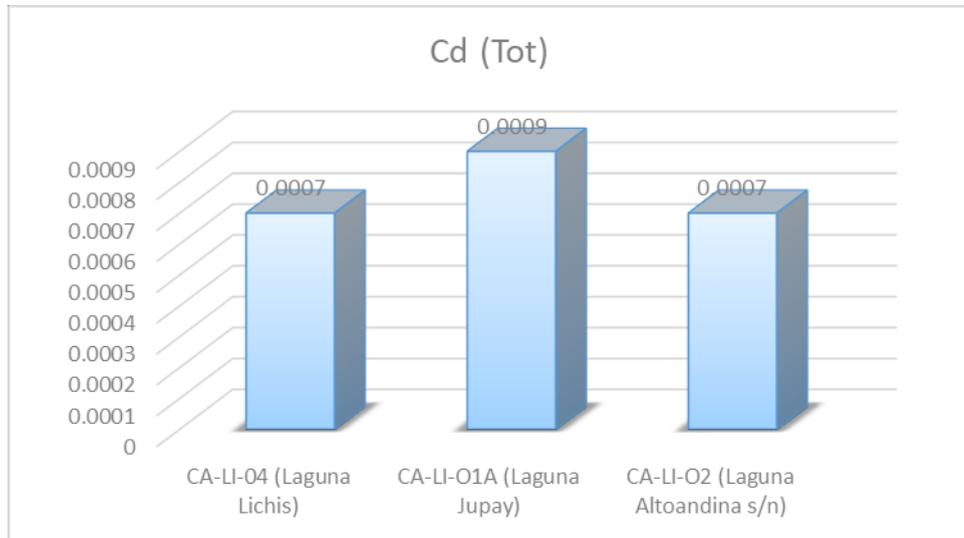
Fuente: Laboratorio Inspectorate

Gráfico N° 05: Presencia de Zinc



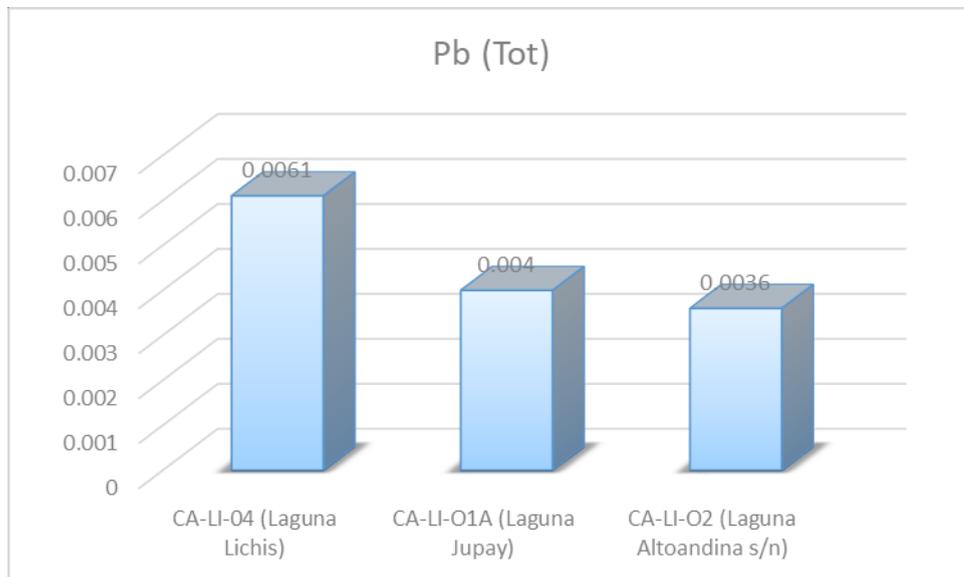
Fuente: Laboratorio Inspectorate

Gráfico N° 06: Presencia de Cadmio



Fuente: Laboratorio Inspectorate

Gráfico N° 07: Presencia de Plomo



Fuente: Laboratorio Inspectorate

Interpretación de Parámetros Químicos

Según los Estándares de Calidad Ambiental para Categoría 3 (Riego de vegetales y bebida de animales), los metales totales lo permitido en el agua es diferentes concentración de acuerdo al tipo de metales, por lo que vemos en los tres puntos de monitoreo aledañas a la remediación, como se puede ver en los tres puntos de monitoreo no se cumple con las ECA para categoría 3 referido a los metales Zinc, Cadmio y Plomo y Cobre (Solo en el punto de Laguna Altoandina s/n), pero como se puede observar esta pasa en su mínima concentración, pero en los trascursos de los días por la no presencia de lixiviados y drenaje ácidos estos recursos hídricos se prevé de su recuperación. Ya que antes del inicio de la remediación estas aguas presentaban color característico de aguas acidas.

4.2 DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Concluida la investigación denominada:

“REMEDIACIÓN DE LOS PASIVOS AMBIENTALES MINEROS GENERADOS POR LA EX UNIDAD MINERA LICHICOCHA ACTIVOS MINEROS S.A.C. CON FINES DE DISMINUIR LOS LIXIVIADOS A LA SUBCUENCA DEL RÍO SANTA EULALIA Y CUENCA DEL RÍO RÍMAC” de lo cual podemos resaltar lo siguiente:

4.2.1 Al inicio de la remediación se pudo observar la generación de lixiviados de los componentes mineros como son botaderos, bocaminas, trincheras y pique, estos a la vez llegaban a parar a las Lagunas Lichis, Laguna Jupay y Laguna Altoandina causando la muerte de todo ser vivo entre flora y fauna.

4.2.2 Posterior con la remediación que duro 4 meses con 13 días se pudo concluir con el proceso de cierre de los botaderos, bocaminas, trincheras y pique hasta observar a simple vista tierra orgánica y vegetación.

4.2.3 Posterior se monitoreo la calidad de agua de las Lagunas

Lichis, Laguna Jupay y Laguna Altoandina, lo cual a diferencia del inicio estas aguas se recuperaron en el color, antes de la remediación a los bordes presentaban colores amarillentos y ahora se ven aguas más claras sin la presencia de este color característicos de aguas acidas.

4.2.4 Asimismo, según estudios estas aguas llegarían a cumplir a posterior con el pH, y la presencia de metales por debajo de los estándares de calidad ambiental, ya que en la actualidad es mínima su nivel elevado con respecto a los estándares de calidad ambiental

4.3 PRUEBA DE HIPÓTESIS

Para nuestra investigación se planteó las hipótesis:

“La remediación de los pasivos ambientales mineros generados por la ex unidad minera Lichicocha Activos Mineros S.A.C. disminuirá los lixiviados a la sub subcuenca del río Santa Eulalia y cuenca del Río Rímac.”.

De lo cual podemos concluir producto a nuestra investigación que los lixiviados fueron eliminados en 100% producto de los

componentes de la ex unidad minera Lichicocha Activos Mineros S.A.C, lo cual permitirá la recuperación las lagunas dl río Santa Eulalia y Cuenca Rímac (Los cual son abastecedores de aguas las lagunas Lichis, Laguna Jupay y Laguna Altoandina).

Por lo cual nuestra hipótesis planteada es valida ya que con la remediación de la ex unidad minera Lichicocha Activos Mineros S.A.C. disminuirá los lixiviados a la sub subcuenca del río Santa Eulalia y cuenca del Río Rímac.”.

CONCLUSIONES

Finalizo la presente investigación con los siguientes:

1. Los pasivos de la ex U.M. Lichicocha, estaban compuesto por 30 subcomponentes, los que comprenden: 7 bocaminas, 1 pique bocamina, 9 trincheras y 13 desmontes de mina.
2. Estos 30 componentes considerados pasivos ambientales venían afectando a través de la generación de sus lixiviados que llevan con ellos presencia de metales pesados y aguas acidas a las microcuencas que aportan sus aguas a la subcuenca del río santa Eulalia y posteriormente a la cuenca del río Rímac.
3. En la remediación se realizó obras que corresponden a movimientos de tierra tales como corte y relleno, estos producen nuevos ángulos más estables en los taludes; y en bocaminas relleno y habilitación de tapones, para posterior para toda remediación impermeabilizar y por ultimo manto de top soil con presencia de vegetación.
4. Posterior se monitoreo la calidad de agua de las Lagunas Lichis, Laguna Jupay y Laguna Altoandina, lo cual a diferencia del inicio estas aguas se recuperaron en el color, antes de la remediación a los

bordes presentaban colores amarillentos y ahora se ven aguas más claras sin la presencia de este color característicos de aguas acidas.

RECOMENDACIONES

Concluida la investigación llego a determinar las siguientes recomendaciones:

- Continuar con los Monitoreo de agua de las de las Lagunas Lichis, Laguna Jupay y Laguna Altoandina que aportan sus aguas a la subcuenca del río santa Eulalia y posteriormente a la cuenca del río Rímac, a fin de determinar si estas están mejorando su calidad física y química.
- Divulgar la presente investigación para los estudiantes de ingeniería ambiental y otras instituciones involucradas al cierre de pasivos ambientales a fin de tener como un base de datos y metodología de cierre.
- Buscar algunas alternativas de adaptación de especies a alturas superior de 4500 msnm ya que las especies que se sembraron su adaptación tiene dificultades por el aspecto de clima principalmente.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

Arístides Sotomayor. 2014. Remediación de Pasivos Ambientales Mineros. Lima- Perú.

Estanislao De la Cruz Carrasco (2004). Análisis del Cierre de Operaciones Mineras Subterráneas Para Alcanzar la Protección Ambiental. Caso: Mimosa.

Universidad Distrital Francisco José de Caldas. 2013. Evaluación y diagnóstico de pasivos ambientales mineros en la Cantera Villa Gloria en la localidad de Ciudad Bolívar, Bogotá.

Alfredo Huamani (2016). Gestión del Agua en Minería Pasivos Ambientales – Ex Unidad Minera Lichicocha S.A.C. Perú.

Dr. Roberto Rodríguez, Ing. Maria Del Rocío Estupiñán, Dra. Mónica Iglesias y Ing. Efraín Castillo. Dr. Roberto Rodríguez, Ing. Maria Del Rocío Estupiñán, Dra. Mónica Iglesias y Ing. Efraín Castillo. 2007. Evaluación del Riesgo Ambiental de los Pasivos Ambientales de la Cuenca Alta del Río Santa en el Departamento de Ancash, Perú.

Defensoría del Pueblo Identificó 4,353 Pasivos Ambientales de Alto Riesgo; Miércoles, 15 de julio del 2015, Defensoría del Pueblo-Perú.

República del Perú, Ministerio de Energía y Minas. 2008. Guía Para la Elaboración de Planes de Cierre de Pasivos Ambientales Mineros. Lima-Perú.

Ley N° 28271, Ley que regula los Pasivos Ambientales de la Actividad Minera, publicado 14/07/2004. Modificada por la Ley N° 28526, publicada el 25/05/2005 Congreso de la Republica, Lima-Perú.

Decreto Supremo N° 059-2005-EM, Reglamento de Pasivos Ambientales de la Actividad Minera, publicado 09/12/2005, modificado por Decreto Supremo N° 003-2009-EM. Ministerio de Energía y Minas, Lima-Perú.

Guía de Evaluación de la Flora Silvestre, 2011, Ministerio del Ambiente
Viceministerio de Desarrollo Estratégico de los Recursos
Naturales Dirección General de Evaluación- Valoración y
Financiamiento del Patrimonio Natural, Lima- Perú.

Páginas de Internet:

1. Proyecto de Tesis extraído de
<http://www.upeu.edu.pe/investigacion/proyecto-tesis/>
2. Guia-para-la-elaboracion-del-proyecto-de-tesis-fcs.pdf extraído de
<http://www.ucss.edu.pe/images/fcs/guia-para-la-elaboracion-del-proyecto-de-tesis-fcs.pdf>
3. Pasos para elaborar una tesis extraído de
http://biblioteca.usil.edu.pe/docs/GB-VA-002%20Guia%20para%20presentacion%20de%20proyectos%20e%20informes%20de%20tesis%20USIL_May13.pdf
4. El Plan de Tesis extraído de <http://blog.pucp.edu.pe/blog/wp-content/uploads/sites/184/2009/01/Guia-plan-tesis.pdf>
5. Plan de Tesis extraído de:
<https://es.scribd.com/doc/104443405/Plan-de-Tesis-Modelo>

ANEXOS

ANEXO N° 01

IMÁGENES ADICIONAL DE LA INVESTIGACIÓN REALIZADA

**VISTA DE CONTROL DE CONCRETO QUE SE REALIZÓ EN LA REMEDIACIÓN
DE LA EX U.M. LICHICOCHA**



**VISTA DE CEMENTO TIPO 5 UTILIZADO EN EL CONCRETO QUE SE REALIZÓ
EN LA REMEDIACIÓN DE LA EX U.M. LICHICOCHA**



VISTA DE LOS CONTROLES DE GESTIÓN DE SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE QUE SE REALIZÓ EN LA REMEDIACIÓN DE LA EX U.M. LICHICOCHA

IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS/ASPECTOS, EVALUACIÓN DE RIESGOS/IMPACTOS Y DETERMINACIÓN DE CONTROLES

UNIDAD LICHIKOCHA

| NOMBRES Y APELLIDOS | | RISGO | | MÁTRIZ DE EVALUACIÓN DE RIESGOS | | | | | PESO LABOR / USUARIOS | |
|--|--|----------|------------|---------------------------------|---|---|---|---|-----------------------|---|
| PARADIGMAS PARTICIPANTES DE LA ACTIVIDAD | | Gravedad | Frecuencia | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | NIVEL | ZONA |
| SUPERVISORES RESPONSABLES | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | BIEN | MODERADO |
| Desviamiento de placa | Abastecimiento, Nuevos Fracturas | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 13 | Supervisión permanente |
| Piso desmenuado | Suelo Fungoso, Líquidos, Caídas, Tránsito | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 17 | Aplicar equipo de detección de tormenta eléctrica |
| Tormenta eléctrica | Electromagnético, Fuentes | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 13 | |
| Procesamientos manuales | Elementos en mal Estado, Cortes, Cables, Fracturas | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 17 | |
| Uso de vista | Cambios al personal por subproceso | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 17 | |
| Crecs | Contaminados a la piel | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 17 | |
| Ries saleros | Nubres a la piel | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 17 | |

VISTA DE LOS CAMPAMENTOS QUE TUVO EN LA REMEDIACIÓN DE LA EX U.M. LICHICOCHA



VISTA DE LOS TRABAJOS DE CIERRE DE BOCAMINAS EN LA EX U.M.

LICHICOCHA



VISTA DEL CIERRE FINAL DE LOS COMPONENTES DE LA EX U.M.

LICHICOCHA



ANEXO N°2

CERTIFICADO DE RESULTADOS DE CALIDAD DE AGUA



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE - 031**



Registro N° LE - 031

Pág. 1 / 6

INSPECTORATE

INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL No. 11095L/18-MA

CLIENTE : Maquinarias del Centro SAC

DIRECCIÓN : Cal. Granada N°132 Urb. Mayorazgo

PRODUCTO : Agua natural

MATRIZ : Agua superficial

NÚMERO DE MUESTRAS : 45

PRESENTACIÓN DE LAS MUESTRAS : Frascos de plástico, Frascos de vidrio ámbar, Viales ámbar

PROCEDENCIA DE LAS MUESTRAS : Muestras recolectadas por Inspectorate Services Perú S.A.C.

PROCEDIMIENTO DE MUESTREO : P-OMA-003 Muestreo de Agua, Conservación y Transporte

FECHA DE MUESTREO : 2018-01-26

LUGAR DE MUESTREO : Marcapomacocha - Yauli - Junín

REFERENCIA DEL CLIENTE : Marcapomacocha

FECHA DE RECEPCIÓN DE LAS MUESTRAS : 2018-01-27

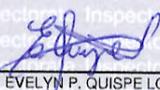
FECHA DE EJECUCIÓN DE ENSAYO : 2018-01-27

FECHA DE TÉRMINO DE ENSAYO : 2018-02-27

ORDEN DE SERVICIO : OS/O-18-01101

Callao, 28 de Febrero de 2018

**Inspectorate Services Perú S.A.C.
A Bureau Veritas Group Company**


ING. EVELYN P. QUISPE LOROÑA
C.I.P. 98232
LABORATORIO MEDIO AMBIENTE

Este informe no podrá ser reproducido parcialmente sin autorización de Inspectorate Services Perú S.A.C.

Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada

<"valor" significa no cuantificable inferior al límite de cuantificación indicado.

>"valor" significa no cuantificable superior al límite máximo de cuantificación indicado, cuando sea aplicable.

A excepción de los productos perecibles los tiempos de custodia dependerán del laboratorio que realice el análisis.

Este tiempo variará desde 7 días hasta 3 meses como máximo.

Av. Elmer Faucett N° 444 Callao - Perú / Central: (511) 613-8080 Fax : (511) 628-9016

www.inspectorate.com.pe



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE - 031



INSPECTORATE

Registro N° LE - 031

Pág. 2 / 6

INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL No. 11095L/18-MA

RESULTADOS DE ANÁLISIS

| | | | |
|-----------------------|------------|------------|------------|
| Estación de Muestreo | CA-LI-04 | CA-LI-01A | CA-LI-02 |
| Fecha de Muestreo | 2018-01-26 | 2018-01-26 | 2018-01-26 |
| Hora de Muestreo | 14:45 | 14:20 | 15:25 |
| Código de Laboratorio | 00898 | 00898 | 00898 |
| | 00001 | 00002 | 00003 |
| Matriz | AS | AS | AS |

| Ensayo | Unidad | L.C. | L.D. | | | |
|--|------------------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|
| Cianuro Libre | mg/L | 0.002 | 0.001 | <0.002 | <0.002 | <0.002 |
| Fenoles | mg/L | 0.0010 | 0.0005 | <0.0010 | <0.0010 | <0.0010 |
| Nitrato | mg/L NO3- | 0.06 | 0.04 | 2.16 | 1.94 | 1.80 |
| Nitrogeno Total (*) | mg/L | 0.10 | 0.07 | 1.54 | 1.80 | 1.45 |
| Fósforo Total | mg/L P Total | 0.01 | 0.007 | <0.01 | <0.01 | <0.01 |
| Color Verdadero | UCV escala Pt/Co | 0.5 | 0.3 | 17.6 | 17.8 | 18.6 |
| Policlorados Bifenilos Totales (PCBs) (*) | mg/L | 0.000011 | 0.000007 | <0.000011 | <0.000011 | <0.000011 |
| Pesticidas Carbamatos (Aldicarb) (*) | mg/L | 0.001 | 0.0007 | <0.001 | <0.001 | <0.001 |
| Hidrocarburos Totales de Petroleo(C10-C40) | mg/L | 0.20 | 0.10 | <0.20 | <0.20 | <0.20 |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno | mg/L O2 | 2.0 | 1.0 | <2.0 | <2.0 | <2.0 |
| Sólidos Totales Suspendidos | mg/L | 3.0 | 1.3 | 6.6 | <3.0 | <3.0 |
| Sulfuro | mg/L S-2 | 0.002 | 0.001 | <0.002 | <0.002 | <0.002 |
| Aceites y Grasas | mg/L | 1.0 | 0.6 | <1.0 | <1.0 | <1.0 |
| Coliformes Fecales o Termotolerantes | NMP/100ml | 1.1 | -- | <1.1 | <1.1 | <1.1 |
| Clorofila A | mg/L | 0.0001 | 0.00006 | <0.0001 | <0.0001 | <0.0001 |

BTEX(Benceno, Etilbenceno, Tolueno,Xilenos)

| | | | | | | |
|---------|------|--------|--------|---------|---------|---------|
| Benceno | mg/L | 0.0008 | 0.0004 | <0.0008 | <0.0008 | <0.0008 |
|---------|------|--------|--------|---------|---------|---------|

Ensayos de Campo

| | | | | | | |
|---|--------------|-----|----|----------|----------|----------|
| Conductividad Específica | uS/cm | 1.0 | -- | 75.4 | 54.4 | 80.3 |
| Oxígeno Disuelto | mg/L | 0.2 | -- | 5.7 | 5.8 | 6.0 |
| pH | Unidad de pH | -- | -- | 6.85 | 6.45 | 6.97 |
| Temperatura | °C | -- | -- | 12.0 | 12.5 | 11.8 |
| Material Flotante de Origen Antropogénico | -- | -- | -- | Ausencia | Ausencia | Ausencia |

Este informe no podrá ser reproducido parcialmente sin autorización de Inspectorate Services Perú S.A.C.

Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada

No deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

<"valor" significa no cuantificable inferior al límite de cuantificación indicado.

>"valor" significa no cuantificable superior al límite máximo de cuantificación indicado, cuando sea aplicable.

A excepción de los productos perecibles los tiempos de custodia dependerán del laboratorio que realice el análisis.

Este tiempo variará desde 7 días hasta 3 meses como máximo.

Av. Elmer Faucett N° 444 Callao - Perú / Central: (511) 613-8080 Fax : (511) 628-9016

www.inspectorate.com.pe



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE - 031



INSPECTORATE

Registro N° LE - 031

Pág. 4 / 6

INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL No. 11095L/18-MA

RESULTADOS DE ANÁLISIS

| | CA-LI-04 | CA-LI-01A | CA-LI-02 |
|-----------------------|------------|------------|------------|
| Estación de Muestreo | | | |
| Fecha de Muestreo | 2018-01-26 | 2018-01-26 | 2018-01-26 |
| Hora de Muestreo | 14:45 | 14:20 | 15:25 |
| Código de Laboratorio | 00898 | 00898 | 00898 |
| | 00001 | 00002 | 00003 |
| Matriz | AS | AS | AS |

| Ensayo | Unidad | L.C. | L.D. |
|--------|--------|------|------|
|--------|--------|------|------|

Pesticidas Organofosforados

| Ensayo | Unidad | L.C. | L.D. | CA-LI-04 | CA-LI-01A | CA-LI-02 |
|--------------------------------|--------|---------|---------|----------|-----------|----------|
| O,O,O-Triethylphosphorothioate | mg/L | 0.00010 | 0.00006 | <0.00010 | <0.00010 | <0.00010 |
| Thionazin | mg/L | 0.00011 | 0.00006 | <0.00011 | <0.00011 | <0.00011 |
| Phorate | mg/L | 0.00010 | 0.00006 | <0.00010 | <0.00010 | <0.00010 |
| Sulfotep | mg/L | 0.00010 | 0.00006 | <0.00010 | <0.00010 | <0.00010 |
| Disulfoton | mg/L | 0.00011 | 0.00006 | <0.00011 | <0.00011 | <0.00011 |
| Dimethoate | mg/L | 0.00011 | 0.00006 | <0.00011 | <0.00011 | <0.00011 |
| Methyl parathion | mg/L | 0.00011 | 0.00007 | <0.00011 | <0.00011 | <0.00011 |
| Parathion | mg/L | 0.00010 | 0.00005 | <0.00010 | <0.00010 | <0.00010 |
| Famphur | mg/L | 0.00011 | 0.00006 | <0.00011 | <0.00011 | <0.00011 |
| Malathion | mg/L | 0.00008 | 0.00005 | <0.00008 | <0.00008 | <0.00008 |

Metales Totales ICP-MS

| Ensayo | Unidad | L.C. | L.D. | CA-LI-04 | CA-LI-01A | CA-LI-02 |
|----------|--------|--------|--------|----------|-----------|----------|
| Ni (Tot) | mg/L | 0.0004 | 0.0002 | 0.0006 | 0.0008 | 0.0006 |
| Cu (Tot) | mg/L | 0.0001 | 0.0001 | 0.0112 | 0.0085 | 0.1129 |
| Zn (Tot) | mg/L | 0.0002 | 0.0001 | 0.1565 | 0.1985 | 0.1391 |
| As (Tot) | mg/L | 0.0004 | 0.0002 | 0.0052 | 0.0043 | 0.0041 |
| Se (Tot) | mg/L | 0.0002 | 0.0001 | <0.0002 | <0.0002 | <0.0002 |
| Cd (Tot) | mg/L | 0.0002 | 0.0001 | 0.0007 | 0.0009 | 0.0007 |
| Sb (Tot) | mg/L | 0.0002 | 0.0001 | 0.0016 | 0.0013 | 0.0014 |
| Ba (Tot) | mg/L | 0.0004 | 0.0002 | 0.0059 | 0.0059 | 0.0051 |
| Hg (Tot) | mg/L | 0.0001 | 0.0001 | <0.0001 | <0.0001 | <0.0001 |
| Ti (Tot) | mg/L | 0.0003 | 0.0002 | <0.0003 | <0.0003 | <0.0003 |
| Pb (Tot) | mg/L | 0.0002 | 0.0001 | 0.0061 | 0.0040 | 0.0036 |

Compuestos Orgánicos Volátiles (VOCs)

| Ensayo | Unidad | L.C. | L.D. | CA-LI-04 | CA-LI-01A | CA-LI-02 |
|--------------------|--------|--------|--------|----------|-----------|----------|
| Hexaclorobutadieno | mg/L | 0.0004 | 0.0002 | <0.0004 | <0.0004 | <0.0004 |

Este informe no podrá ser reproducido parcialmente sin autorización de Inspectorate Services Perú S.A.C.

Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada

No deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

<"valor" significa no cuantificable inferior al límite de cuantificación indicado.

>"valor" significa no cuantificable superior al límite máximo de cuantificación indicado, cuando sea aplicable.

A excepción de los productos perecibles los tiempos de custodia dependerán del laboratorio que realice el análisis.

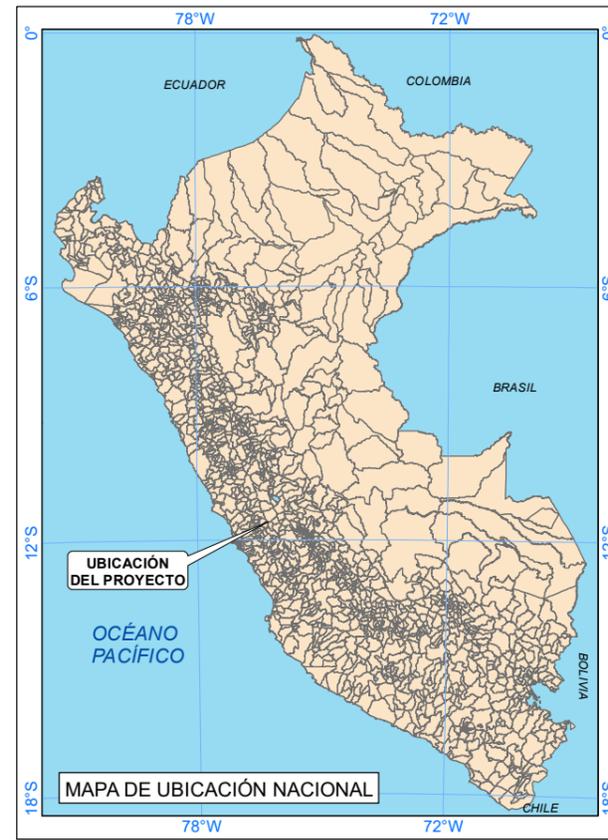
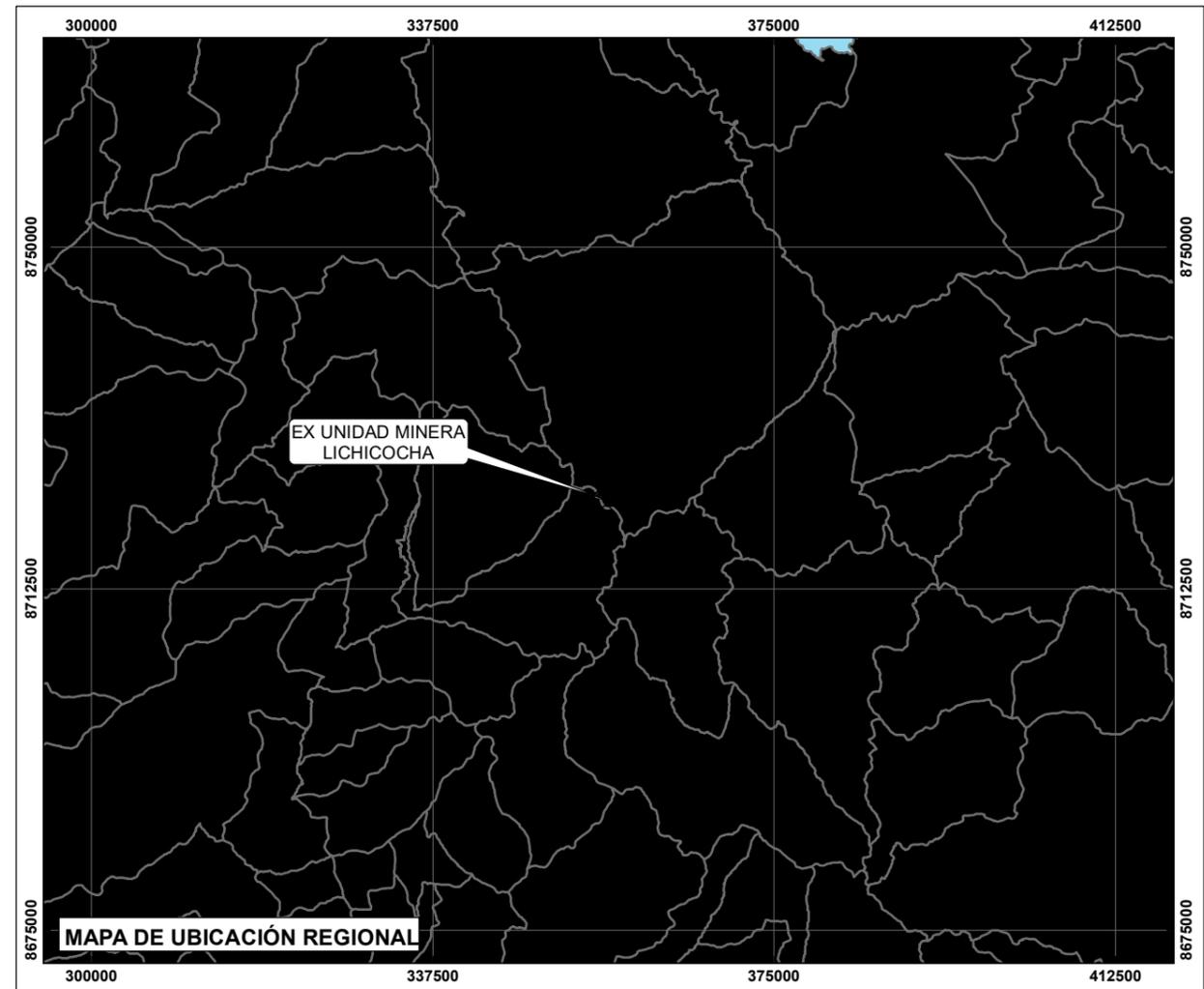
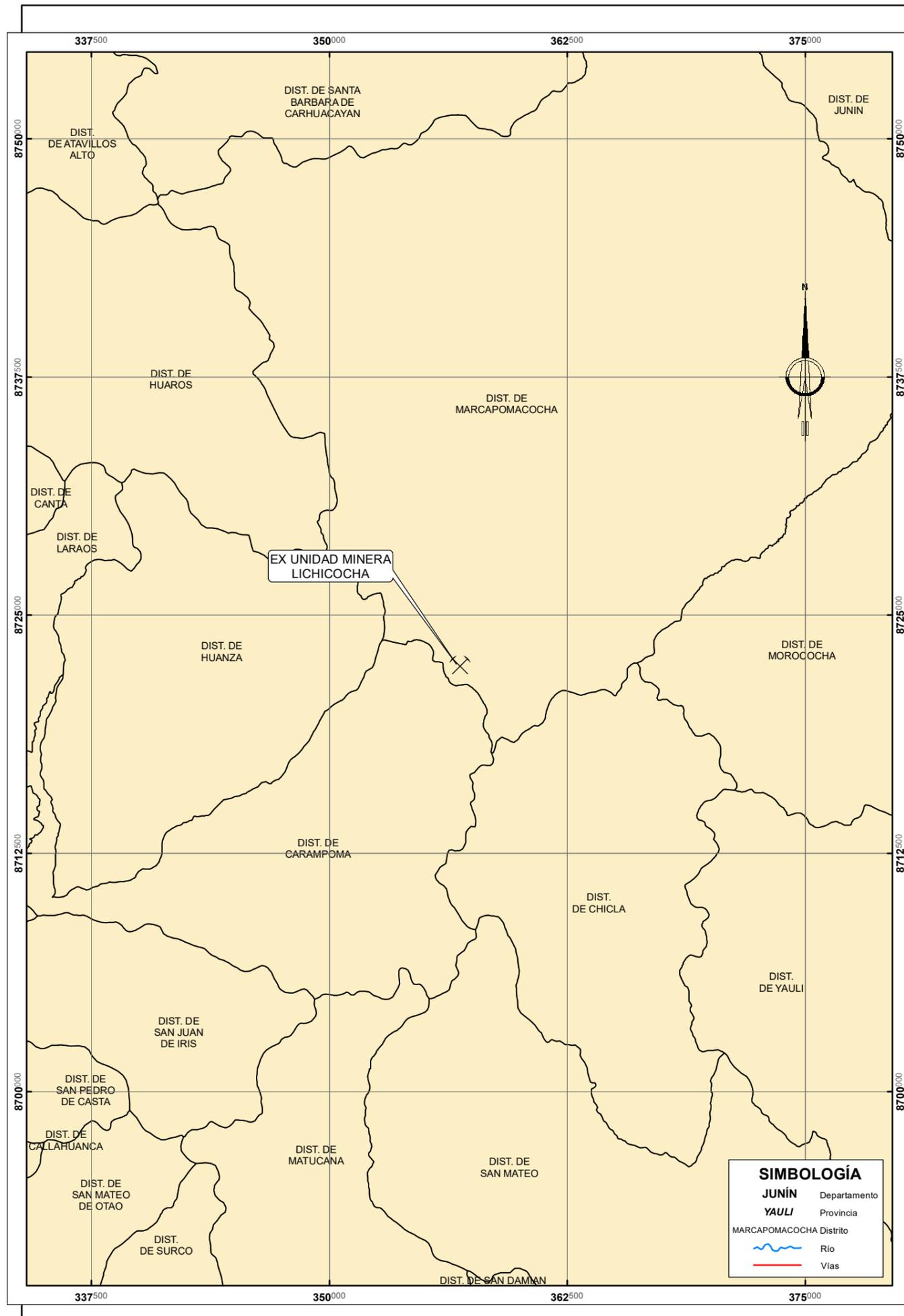
Este tiempo variará desde 7 días hasta 3 meses como máximo.

Av. Elmer Faucett N° 444 Callao - Perú / Central: (511) 613-8080 Fax : (511) 628-9016

www.inspectorate.com.pe

ANEXO N°3

**MAPAS DE UBICACIÓN Y DE ACCESIBILIDAD DE LA EX U.M.
LICHICOCHA**



| DIVISIÓN POLÍTICA | | | |
|-------------------|----------------|-----------|--------------|
| N° | DISTRITO | PROVINCIA | DEPARTAMENTO |
| A | MARCAPOMACOCHA | YAULI | JUNÍN |

NOTAS:

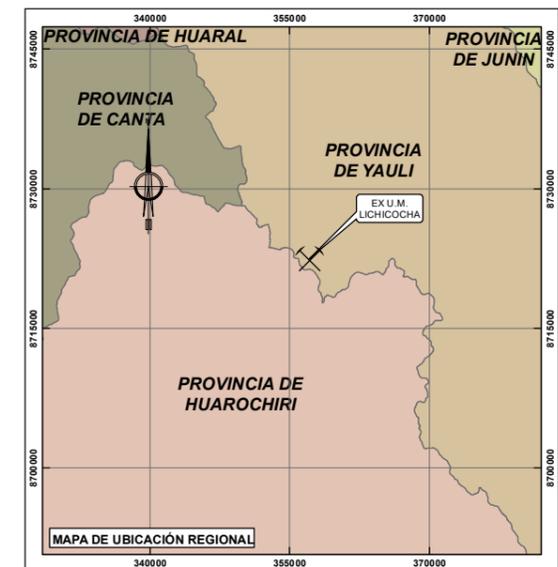
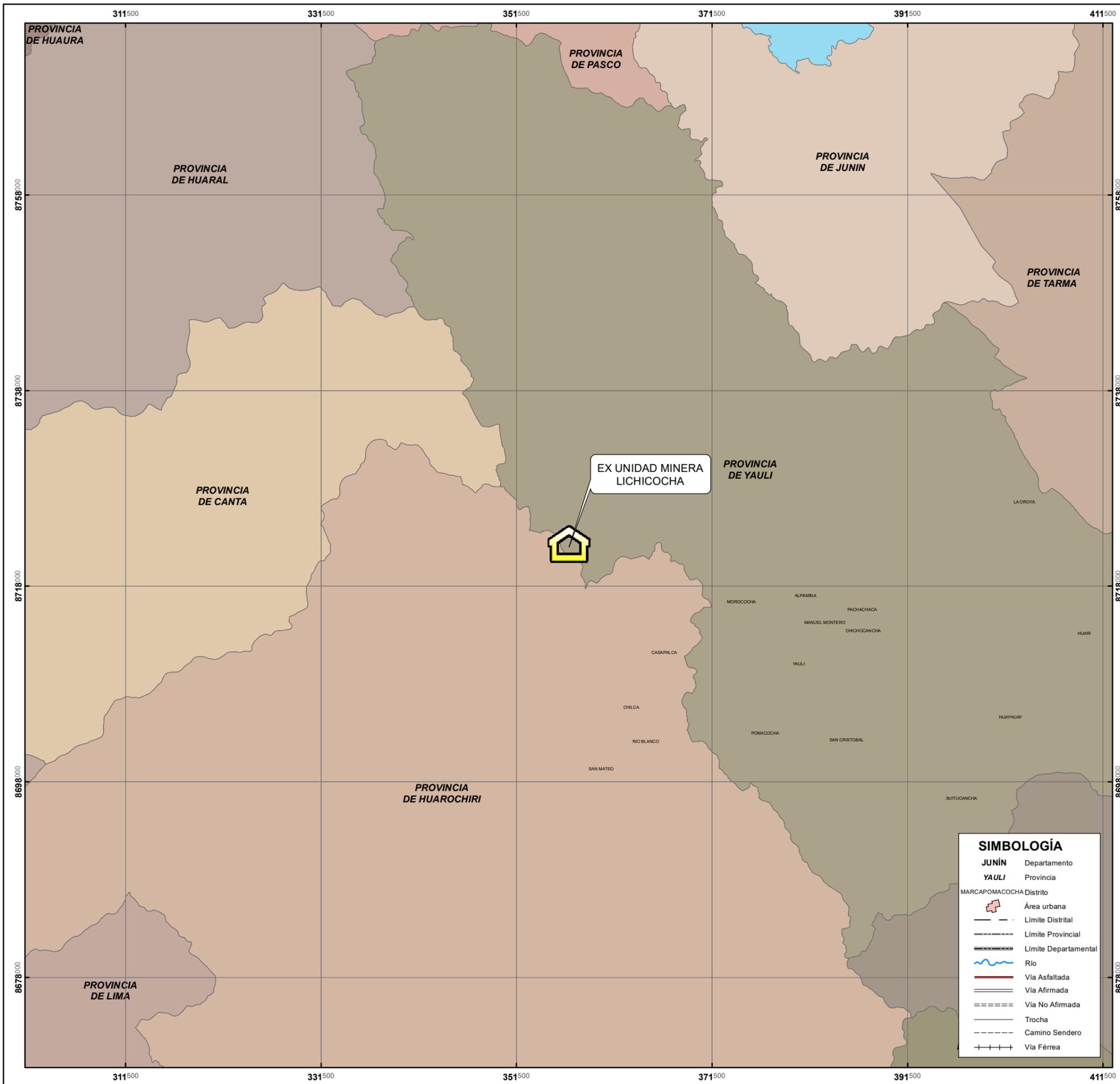
- 1.- SISTEMA DE COORDENADAS UTM Z18S DATUM WGS84
- 2.- FUENTE: CARTOGRAFÍA DIGITAL DEL IGN. ESCALA 1:100 000. LÍMITES POLÍTICO-ADMINISTRATIVOS DEL INEI. AÑO 2007.



J.G.H.S. J.V.G.
A J.G.H.S. J.V.G.

BACH. GARCÍA ALANIA, SANDRO ANIBAL
REMEDIACIÓN DE LOS PASIVOS AMBIENTALES
MINEROS GENERADOS POR LA EX UNIDAD MINERA
LICHICOCHA ACTIVOS
 PROYECTO **MINEROS S.A.C. CON FINES DE DISMINUIR LOS LIXIVIADOS A LA**
SUBCUENCA DEL RÍO SANTA EULALIA Y CUENCA DEL RÍO RÍMAC

MAPA DE UBICACIÓN



| RUTAS Y DISTANCIAS | | |
|----------------------------------|----------------|-------------|
| RUTA | DISTANCIA (Km) | TIPO DE VÍA |
| Lima - San Mateo | 101 | Asfaltada |
| San Mateo - Dv. Puente Chinchán | 25 | Afirmada |
| Dv. Puente Chinchán - Lichicocha | 21 | Afirmada |
| TOTAL | 147 | |



Fuente: Cartografía IGN 1 : 100 000
Sistema de Coordenadas UTM Zona 18S Datum: WGS 84

| SIMBOLOGÍA | |
|----------------|----------------------|
| JUNÍN | Departamento |
| YAULI | Provincia |
| MARCAPOMACOCHA | Distrito |
| | Área urbana |
| | Límite Distrital |
| | Límite Provincial |
| | Límite Departamental |
| | Río |
| | Vía Asfaltada |
| | Vía Afirmada |
| | Vía No Afirmada |
| | Trocha |
| | Camino Sendero |
| | Vía Férrea |

BACH. GARCÍA ALANIA, SANDRO ANIBAL
REMEDIACIÓN DE LOS PASIVOS AMBIENTALES
MINEROS GENERADOS POR LA EX UNIDAD MINERA
LICHICOCHA ACTIVOS
MINEROS S.A.C. CON FINES DE DISMINUIR LOS LIXIVIADOS A LA
SUBCUENCA DEL RÍO SANTA EULALIA Y CUENCA DEL RÍO RÍMAC

MAPA DE VÍAS Y ACCESOS