

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINERA Y METALÚRGICA



**TESIS**

**“DISEÑO DE INGENIERÍA EN EL CIERRE DE PASIVOS AMBIENTALES  
MINEROS PARA LA RECUPERACIÓN DE LOS ECOSISTEMAS DE  
UNA MICRO CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍMAC”**

**PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO EN CIENCIAS  
CON MENCIÓN EN MINERÍA Y MEDIO AMBIENTE**

**ELABORADO POR:  
CELSO IVÁN GAMERO PACHECO**

**ASESOR  
M.Sc. Lic. MARÍA CARMEN TUIRO SALVADOR**

**LIMA – PERÚ  
2024**

### **DEDICATORIA**

A los catedráticos quienes con sus enseñanzas y experiencias nos inculcan a realizar investigaciones.

### **AGRADECIMIENTO**

A mis padres que siempre estuvieron presente brindándome su constante y amoroso apoyo en mi formación profesional.

## ÍNDICE

<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>II</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>III</b>
<b>ÍNDICE.....</b>	<b>IV</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS.....</b>	<b>VIII</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>IX</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>X</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>XI</b>
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>12</b>
<b>CAPÍTULO I</b>	
<b>GENERALIDADES .....</b>	<b>13</b>
<b>1.1. Descripción del problema de investigación .....</b>	<b>13</b>
1.1.1. Justificación del trabajo de investigación .....	16
<b>1.2. Objetivo de la investigación .....</b>	<b>16</b>
1.2.1. Objetivo general.....	16
1.2.2. Objetivos específicos.....	16
<b>1.3. Hipótesis .....</b>	<b>16</b>
1.3.1. Hipótesis general.....	17
1.3.2. Hipótesis específica.....	17
<b>1.4. Manejo de Variables .....</b>	<b>17</b>
1.4.1. Variable dependiente.....	17
1.4.2. Variables independientes .....	17
<b>1.5. Antecedentes de la investigación.....</b>	<b>17</b>
1.5.1. Antecedentes internacionales .....	17
1.5.2. Investigaciones nacionales .....	20
<b>CAPÍTULO II</b>	
<b>EL MARCO TEÓRICO Y MARCO CONCEPTUAL .....</b>	<b>22</b>
<b>2.1. Antecedentes de Investigaciones Realizadas .....</b>	<b>23</b>
2.1.1. Investigaciones internacionales .....	23
2.1.2. Investigaciones nacionales .....	24
<b>2.2. Bases legales .....</b>	<b>24</b>
2.2.1. Constitución Política del Perú .....	24
2.2.2. Ley N° 28245 - Ley Marco del Sistema Nacional de Gestión Ambiental .....	24
2.2.3. Ley N° 27446 - Ley del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental y sus respectivas modificatorias D.L. N° 1078.....	25
2.2.4. D. L. N° 1013 - Ley de creación del Ministerio del Ambiente .....	25

2.2.5. Ley N° 28611-Ley General del Ambiente y sus modificatorias mediante D.L. N° 1055.....	25
2.2.6. Ley N° 28271 - Regula los pasivos ambientales de la actividad minera y su modificatoria Ley N° 28526.....	25
2.2.7. Ley N° 29338: Ley de Recursos Hídricos y su Reglamento D.S. 001-2010-MINAM .....	26
2.2.8. Ley N° 27314: Ley General de Residuos Sólidos y su reglamento mediante modificatoria D.L. N° 1065.....	26
2.2.9. Ley N° 28256: Se regula el transporte terrestre de materiales y residuos peligrosos, el reglamento de la ley y su respectiva modificatoria D.S. N° 030-2008-MTC .....	26
<b>2.3. Bases teóricas.....</b>	<b>27</b>
2.3.1. Pasivo ambiental minero .....	27
2.3.2. Cierre de pasivos ambientales .....	28
2.3.3. Criterio del cierre de pasivos ambientales mineros .....	28
2.3.4. Filosofía del plan de cierre de los PAM .....	29
2.3.5. La remediación o cierre .....	29
2.3.6. Actividades de post cierre .....	30
2.3.7. Escombreras o Desmonteras.....	30
2.3.8. Relaveras.....	30
2.3.9. Ensayo de Compresión Triaxial .....	31
2.3.10. Ensayo de carga puntual o carga concentrada .....	31
<b>2.4. Unidad de análisis.....</b>	<b>31</b>
<b>2.5. Ubicación y acceso de la zona de investigación .....</b>	<b>32</b>
<b>2.6. Historia de la zona de investigación.....</b>	<b>34</b>
<b>2.7. Geología Regional.....</b>	<b>34</b>
2.7.1. Grupo Rímac .....	35
2.7.2. Grupo Colqui.....	35
2.7.3. Volcánico Millotingo .....	35
2.7.4. Depósitos glaciares .....	36
2.7.5. Depósitos fluvioglaciares.....	36
2.7.6. Relieve .....	38
<b>2.8. Características del ecosistema .....</b>	<b>38</b>
<b>CAPÍTULO III</b>	
<b>METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>39</b>
<b>3.1. Método de Investigación, nivel y diseño.....</b>	<b>39</b>

3.1.1. Tipo de investigación.....	39
3.1.2. Nivel de Investigación.....	40
<b>3.2. Desarrollo del trabajo de tesis .....</b>	<b>40</b>
3.2.1. Reconocimiento de Componentes del cierre de PAM en la microcuenca hidrográfica del Rímac .....	41
3.2.1.1. Características del levantamiento topográfico .....	42
3.2.1.2. Componentes identificados – Fichas Técnicas .....	45
3.2.2. Estudio Geológico.....	65
3.2.2.1. Estudio Geomorfológico.....	66
3.2.2.2. Geología local .....	68
3.2.3. Estudio de la geodinámica externa .....	70
3.2.3.1. Sismicidad del área del proyecto .....	70
3.2.3.2. Evaluación del peligro sísmico.....	72
3.2.3.3. Riesgos más frecuentes en la zona de estudio.....	72
3.2.3.4. Trayectoria sísmica del área de influencia .....	77
3.2.4. Estudio hidrológico .....	80
3.2.4.1. Cuenca del rio Rímac.....	80
3.2.4.2. Microcuenca del rio Conay.....	81
3.2.4.3. Hidrometeorología .....	84
3.2.4.4. Registro de cuerpos de agua y efluentes mineros .....	85
3.2.4.5. Aforos.....	88
3.2.4.6. Resultados fisicoquímicos.....	89
3.2.5. Estudio Hidrogeológico.....	93
3.2.5.1. Unidades geológicas de Interés hidrogeológico.....	93
3.2.5.2 Investigaciones Geofísicas .....	94
3.2.5.3 Ensayos de permeabilidad en pozos de infiltración .....	98
3.2.6 Estudio Geotécnico .....	99
3.2.6.1 Criterios de Diseño .....	100
3.2.6.2 Trabajo Geotécnico en suelos .....	102
3.2.6.3 Ensayos Realizados .....	103
3.2.6.4. Resultados Obtenidos .....	109

## **CAPÍTULO IV**

<b>RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>110</b>
4.1. Respecto del estudio Topográfico .....	110
4.2. Respecto al estudio Geológico .....	112
4.3. Respecto al Estudio Hidrológico.....	113
4.4. Respecto al estudio hidrogeológico.....	115
4.5. Respecto al estudio Geotécnico .....	115

4.6. Propuesta de Diseño de Ingeniería en el Cierre de los PAM.....	117
4.7. Actividades del cierre de bocaminas.....	117
4.8. Cierre de áreas donde se encontraban las plantas de beneficio.....	121
4.9. Actividades de cierre del desmonte de mina.....	123
4.10. Actividades de Cierre de Relaveras .....	124
4.11. Actividades de Cierre de otros componentes.....	127
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>129</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>131</b>
<b>REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>132</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>135</b>
<b>ANEXO I MATRIZ DE CONSISTENCIA.....</b>	<b>136</b>
<b>ANEXO II INFORMES DE ENSAYO .....</b>	<b>137</b>
<b>ANEXO III MAPAS DE LÍNEA DE BASE.....</b>	<b>158</b>
<b>ANEXO IV PLANOS LÍNEA DE BASE .....</b>	<b>167</b>
<b>ANEXO V ESTABILIDAD FÍSICA .....</b>	<b>172</b>
<b>ANEXO VI PLANOS DE CIERRE.....</b>	<b>192</b>
<b>ANEXO VII ESPECIES BIOLÓGICAS.....</b>	<b>203</b>
<b>ANEXO VIII OTROS.....</b>	<b>210</b>
<b>ANEXO IX CURRICULUM VITAE.....</b>	<b>211</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.1</b>	Minas Abandonadas en Australia .....	18
<b>Tabla 1.2</b>	Minas Minas Abandonadas en Canadá .....	18
<b>Tabla 1.3</b>	Faenas mineras abandonadas – Chile .....	19
<b>Tabla 2.1</b>	Ruta de acceso hacia la ex unidad minera Huampar.....	32
<b>Tabla 3.1</b>	PAM - identificados por el MEM en el Área de Estudio.....	41
<b>Tabla 3.2</b>	Listado de puntos de enlace en la zona de influencia.....	44
<b>Tabla 3.3</b>	Coordenadas topográficas .....	44
<b>Tabla 3.4</b>	Precipitación Promedio de la cuenca del Rímac y vecinas.....	84
<b>Tabla 3.5</b>	Temperatura media anual (°C) Rímac y cuencas vecinas .....	85
<b>Tabla 3.6</b>	Puntos de monitoreo de manantiales .....	86
<b>Tabla 3.7</b>	Caudales en efluentes de bocaminas.....	89
<b>Tabla 3.8</b>	Caudales y Medición de parámetros de campo en las Quebradas ...	89
<b>Tabla 3.9</b>	Puntos de monitoreo de agua superficial.....	89
<b>Tabla 3.10</b>	Resultados del monitoreo de efluentes – Agua de Bocaminas.....	90
<b>Tabla 3.11</b>	Resultados de los Puntos de Monitoreo de Agua Superficial .....	91
<b>Tabla 3.12</b>	Interpretación cuantitativa de los SEV .....	95
<b>Tabla 3.13</b>	Ensayos de permeabilidad en perforación pozo INF-1 .....	98
<b>Tabla 3.14</b>	Ensayos de permeabilidad en perforación pozo INF-2 .....	99
<b>Tabla 3.15</b>	Ensayos de permeabilidad en perforación pozo INF-3 .....	99
<b>Tabla 3.16</b>	Ensayos de permeabilidad en perforación pozo INF-4 .....	99
<b>Tabla 3.17</b>	Resumen de Ensayos de Clasificación de Suelos .....	102
<b>Tabla 3.18</b>	Resumen del Ensayo de Corte Directo.....	103
<b>Tabla 3.19</b>	Síntesis del Ensayo de Compresión Triaxial en Rocas.....	103
<b>Tabla 3.20</b>	Síntesis de las propiedades para análisis de estabilidad. ....	108
<b>Tabla 3.21</b>	Datos obtenidos de análisis de la estabilidad.....	109
<b>Tabla 4.1</b>	Volúmenes de material de préstamo para el cierre de los PAM .....	111

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.1</b>	Problemática mundial de los PAM.....	19
<b>Figura 1.2</b>	Pasivo remediado de Hualgayoc .....	20
<b>Figura 1.3</b>	Pasivo remediado de Tablachaca.....	20
<b>Figura 1.4</b>	Remediación de la relavera de Goyllarisquizga.....	21
<b>Figura 1.5</b>	Remediación de los PAM de Acobamba y Colqui, provincia de Huarochirí (Lima).....	21
<b>Figura 2.1</b>	Vista satelital de la zona impactada.....	32
<b>Figura 2.2</b>	Plano de Ubicación de los PAM – HUAMPAR LB-01.....	33
<b>Figura 2.3</b>	Geología Regional – LB-02:.....	37
<b>Figura 3.1</b>	Estación de Base H2.....	43
<b>Figura 3.2</b>	Estación de Base H3.....	43
<b>Figura 3.3</b>	Geomorfología.....	67
<b>Figura 3.4</b>	Geología Local - Anexo III-LB-04.....	69
<b>Figura 3.5</b>	Mapa de Zonificación Sísmica.....	71
<b>Figura 3.6</b>	Deslizamiento del relave por erosión hídrica.....	73
<b>Figura 3.7</b>	Erosión hídrica.....	73
<b>Figura 3.8</b>	Peligro de derrumbes en las líneas de alta tensión.....	74
<b>Figura 3.9</b>	Desprendimientos de rocas.....	74
<b>Figura 3.10</b>	Derrumbes frecuentes en las épocas de lluvia.....	75
<b>Figura 3.11</b>	Mapa de isoaceleraciones.....	76
<b>Figura 3.12</b>	Hidrografía de la cuenca del río Rímac.....	82
<b>Figura 3.13</b>	Microcuencas del río Rímac.....	83
<b>Figura 3.14</b>	Bofedales.....	87

## RESUMEN

En el Distrito de Huampar, Provincia de Huarochirí de la región Lima. La presencia de Pasivos Ambientales Mineros, viene perturbando el equilibrio ambiental. En base a ello, se desarrolla el presente trabajo de investigación. Con un análisis situacional multidisciplinario se desarrolló la investigación recolectando los datos específicos de los cambios y efectos negativos ambientales dentro del ecosistema de la micro cuenca hidrográfica. Con los estudios realizados (topografía, hidrología, hidrogeología, balance ABA) y los datos obtenidos; se identificaron los problemas, procediendo a plantear alternativas de solución que serán medidas de estabilización física (diseños de ingeniería aplicada de reperfilado, coberturado y enmurallado), diseño de estabilización geoquímica (coberturado de pasivos ambientales), medidas para la estabilidad hidrológica (sistema de canales y el uso de tapones herméticos) y opciones para preservar la salud humana (aislamiento de pasivos ambientales mineros y recuperación de la calidad ambiental mediante obras de rehabilitación y vegetación).

## **ABSTRACT**

In this project, the research and design of a closure plan for mining environmental liabilities was developed in order to recover the ecosystem of a micro watershed located within the Rimac River, in the District of Huampar, Province of Huarochiri located in the Lima region. The problem lies in the pollution of the ecosystem generating negative impacts on the environment, a situation that must be treated with great urgency, for which the present investigation was developed that proposes sustainable remediation alternatives and legally accepted in the current regulations according to the time of the realization of the same.

Through the situational analysis that will be seen in the development of the research, we collected specific data on the changes and negative environmental effects within the ecosystem of the micro watershed, being these: displacement or tailings of environmental liabilities, water erosion, geochemical destabilization and hydrological contamination.

Also, with the data obtained and the problems identified, we were going to provide ways or alternatives of solution that will be measures of: physical stabilization (applied engineering designs of reprofiling, covering and enclosing), geochemical stabilization design (covering of environmental liabilities), measures for hydrological stability (closure plan in a system of channels and the use of hermeneutic plugs) and measures for the preservation of human health (isolation of mining environmental liabilities and recovery of environmental quality through rehabilitation works and vegetation).

## INTRODUCCIÓN

En el presente trabajo de investigación se ha tratado el diseño de ingeniería en el cierre de Pasivos Ambientales Mineros para la Recuperación de los Ecosistemas de una Micro Cuenca Hidrográfica del Rímac, dado que existe una problemática de los Pasivos Ambientales Mineros (PAM) enfocados en el daño ecológico y ambiental producido por los mismos en la micro cuenca hidrográfica del Rímac. Se han presentado los distintos antecedentes que guardan correlación y ayudan en la línea guía del desarrollo de la investigación, siendo el objetivo principal “evaluar los parámetros del cierre de los Pasivos Ambientales Mineros que garanticen su estabilidad sostenible en el tiempo para alcanzar recuperar los ecosistemas de la microcuenca hidrográfica”. La estabilidad busca la reducción de los contaminantes químicos en los componentes hídricos, para alcanzar los Límites Máximos Permisibles-LMP del efluente agua de mina; busca también aislar los contaminantes químicos presentes en los componentes físicos ya sea desmontera y relaveras. Dichos objetivos direccionan el cierre buscando las mejores medidas de solución ante una problemática presente en las unidades mineras que cierran operaciones.

La unidad de análisis es la microcuenca del río Conay que tributa al río Santa Eulalia la misma que forma parte de la cuenca hidrográfica del río Rímac, en el distrito de Huanza, Provincia de Huarochirí de la región Lima, sobre los pasivos ambientales de la ex unidad minera Huampar situado en la provincia del mismo nombre de la región Lima.

# **CAPÍTULO I**

## **GENERALIDADES**

### **1.1. Descripción del problema de investigación**

Actualmente, la actividad minera constituye el principal motor de la economía de un país; sin embargo, esta actividad puede generar impactos prolongados o perpetuos en el medio ambiente si no se implementan medidas adecuadas antes y una vez concluidas las actividades de explotación y desarrollo.

La actividad minera peruana tiene efectos ambientales que deben ser previstos, evaluados y remediados. Desde el inicio de las actividades mineras, hasta después del cierre de las operaciones se han percibido los efectos negativos en su entorno. Esto es reconocido por la legislación peruana por lo que actualmente se exige el Estudios de Impacto Ambiental (EIA) para iniciar un proyecto nuevo. Sin embargo, se tiene proyectos antiguos a la legislación ambiental de 1993 que no tenían regulación y dejaron muchos pasivos ambientales sin responsables a cargo.

Haciendo referencia a las fuentes legales que respaldan el contenido de la investigación, nos enfocaremos en la Ley N°28271 (2004), específicamente en su artículo 2, el cual regula los Pasivos Ambientales de la Actividad Minera. Esta normativa define los pasivos ambientales como las instalaciones, desechos, emisiones, remanentes o acumulaciones generados por actividades mineras que, en la actualidad, están abandonados o fuera de

operación. Estos representan una amenaza constante para la salud de la comunidad, el entorno ecológico y la propiedad. En resumen, los pasivos ambientales se refieren a los desechos producidos por minas actualmente inactivas que pueden causar daños al ecosistema relacionado con dicha actividad minera.

Así mismo, tomando como referencia la R.M. N°290-2006-MEM/DM (2006), Inventario Inicial de Pasivos Ambientales Mineros, se encontró una diversidad de ellos con un impacto severo al medio donde se ubican; más de 850 pasivos fueron identificados (en la actualidad son más de 7600 pasivos según R.M. N°200-2021-MINEM/DM, (2021), Resolución que aprueba la actualización del Inventario Inicial de Pasivos Ambientales Mineros, aprobado mediante R.M. N°290-2006- MEM/DM) y catalogados como un problema de gravedad en el lugar de su ubicación, afectando severamente al medio edáfico, hidrológico y biológico de la zona.

Entidades públicas y privadas, según Informe N°171-Defensoría del Pueblo (2015), manifiestan que:

Es vital que el Estado intervenga de manera inmediata en todos los niveles gubernamentales, bajo la supervisión de la Presidencia del Consejo de ministros y el Ministerio del Ambiente, debido a la preocupante cantidad de pasivos ambientales. Esta necesidad está respaldada por la Política Nacional del Ambiente y el Plan Nacional de Acción Ambiental. Es crucial realizar rápidamente la evaluación y remediación de más de 4,000 pasivos ambientales identificados como de alto riesgo. Sin embargo, en varios casos, aún no se ha logrado identificar a los responsables.

La presencia de estos pasivos ambientales mineros en el ecosistema de la cuenca del Rímac, viene afectando la calidad de aire por la presencia de sólidos suspendidos en las épocas de verano; afecta la calidad de las aguas por la presencia de drenaje de mina (DAR); la calidad de los suelos por la presencia de residuos de la actividad minero metalúrgico; esto está sustentado por el inventario de pasivos realizado y por la situación de riesgo en la que se encuentra; Ministerio de Energía y Minas (2015) Inventario de PAM, 6ta. Actualización.

Para ello, se propone realizar Diseño de Ingeniería en el Cierre de PAM acorde a las experiencias mundiales.

El diseño de ingeniería en el cierre de PAM se propuso estabilizar el medio físico, químico e hidrológico con la intervención multidisciplinaria de profesionales entendidos en el tema. Logrando esta estabilización se espera alcanzar la recuperación del ecosistema tanto en la etapa de cierre como el post cierre.” Bieniawski, Z. (1989)

En ese aspecto, Corzo Remigio (2015), sostiene la presencia de pasivos ambientales mineros emerge como una de las principales causas de contaminación del recurso hídrico, ya que exponen al entorno a metales y sustancias nocivas. En consecuencia, se genera drenaje ácido de roca y/o contaminación de cuerpos de agua naturales. Estas aguas ácidas liberan metales y metaloides (como plomo, cadmio, cobre, manganeso, zinc y arsénico), los cuales son transportados a lo largo de los cursos de agua y pueden llegar hasta los seres humanos mediante la bioacumulación en la cadena trófica. Se hace necesario preguntarnos entonces:

¿Qué parámetros se deben tener en cuenta para poder realizar un buen diseño de ingeniería para el cierre de pasivos ambientales? ¿Cómo se debe plantear este diseño de ingeniería en el cierre de esos pasivos ambientales para que su remediación sea efectiva en la recuperación del ecosistema?

En la abandonada minera Huampar, que se encuentra ubicada en la zona sur del cinturón polimetálico central del Perú a 75 Km al NE de Lima y a 27 Km al NO de Casapalca en las nacientes del Valle Santa Eulalia, y a 27 km al Noroeste del distrito de Huanza se tiene la presencia de labores subterráneas, residuos mineros, instalaciones de procesamiento y otras infraestructuras, todas en condiciones de abandono, generan impactos diversos al medio ambiente. El problema fundamental es la contaminación de los cuerpos de agua naturales, suelos y aire que al interactuar uno con otro se dispersan los metales pesados presentes en los pasivos identificados; asimismo la escombrera y relaveras presentan riesgos de deslizamientos si no son tratados. Para mitigar esta situación se presentan las estrategias,

las medidas más viables y diseños de ingeniería para controlar las fuentes principales de contaminación.

### **1.1.1. Justificación del trabajo de investigación**

Ante esta problemática, el presente trabajo de investigación titulado “Diseño de ingeniería en el cierre de pasivos ambientales mineros para recuperar los ecosistemas de una micro cuenca hidrográfica del Rímac”, está dirigido a plantear alternativas de remediación de las áreas de 20 pasivos ambientales, bajo estudios de ingeniería que puedan satisfacer la remediación sostenible en el tiempo y de acuerdo a la legislación ambiental vigente reconocidas a nivel nacional como internacional.

Socialmente, la población podrá gozar de recursos naturales libre de contaminantes mejorando la calidad de vida en la población.

Ambientalmente, se mejorará la recuperación del ecosistema y el aspecto paisajístico garantizando aspectos ambientales controlados y estabilizados.

Económicamente, se incrementará el valor económico de las tierras y se contará con un petitorio minero libre de pasivos ambientales apto para reiniciar operaciones de exploración y explotación.

## **1.2. Objetivo de la investigación**

### **1.2.1. Objetivo general**

Establecer el diseño de ingeniería en el cierre de Pasivos Ambientales Mineros para la recuperación de los ecosistemas de una micro cuenca hidrográfica del Rímac

### **1.2.2. Objetivos específicos**

- Evaluar los parámetros de estabilidad de los Pasivos Ambientales Mineros para la recuperación de los ecosistemas de una micro cuenca hidrográfica del Rímac
- Plantear el diseño de ingeniería de los Pasivos Ambientales Mineros para la recuperación de los ecosistemas de una micro cuenca hidrográfica del Rímac.

## **1.3. Hipótesis**

Si se remedian los Pasivos Ambientales Mineros (PAM) sometidos a una estabilidad

física, química e hidrológica permitirá recuperar los ecosistemas de una microcuenca del Rímac.

### **1.3.1. Hipótesis general**

El diseño de ingeniería en el cierre de Pasivos Ambientales Mineros permitirá la recuperación de los ecosistemas de una micro cuenca hidrográfica del Rímac.

La hipótesis es validada por medio de mediciones recopiladas en campo tanto físicas como químicas. Las mediciones físicas como el estudio topográfico y las medidas de estabilidad geotécnica, determinarán el diseño de ingeniería. Las mediciones químicas nos facilitarán información para la estabilidad hidrológica.

### **1.3.2. Hipótesis específica**

- Evaluar los parámetros de estabilidad de los Pasivos Ambientales Mineros llevará a la recuperación de los ecosistemas de una micro cuenca hidrográfica del Rímac
- Plantear el diseño de ingeniería de los Pasivos Ambientales Mineros permitirá la recuperación de los ecosistemas de una micro cuenca hidrográfica del Rímac.

## **1.4. Manejo de Variables**

### **1.4.1. Variable dependiente**

Recuperación del ecosistema.

### **1.4.2. Variables independientes**

Parámetros físicos (Ángulos de inclinación)

Parámetros químicos (Tipo de cobertura)

Parámetros hidrológicos/hidrogeológicos (dimensionamiento hidráulico)

Parámetros Geotécnicos (factores de seguridad)

## **1.5. Antecedentes de la investigación.**

### **1.5.1. Antecedentes internacionales**

Varios informes indican que la presencia de Pasivos Ambientales Mineros (PAM) tiene un impacto negativo en la calidad del agua, la calidad del suelo y la calidad del aire en los ecosistemas que los albergan, como se detalla en el artículo de Kirschbaum, A. (2012)

publicado en la Revista de Ciencias Geológicas. En este estudio sobre Pasivos Ambientales Mineros en el noroeste de Argentina, se examinaron aguas superficiales, sedimentos, suelos y minerales secundarios en cada ubicación.

Los depósitos de residuos mineros, analizados desde una perspectiva estratigráfica, fueron sometidos a un ensayo de caracterización fisicoquímica del agua de poro en el laboratorio. Los resultados obtenidos indican que estos sitios constituyen fuentes de contaminación por metales pesados en aguas, sedimentos fluviales y suelos de la región. La infiltración de agua de lluvia en estos materiales provoca la oxidación de los sulfuros, lo que resulta en una disminución del pH del sistema. Las eflorescencias salinas funcionan como receptores temporales al retener los metales pesados. La repercusión en el medio ambiente persistirá a menos que se implementen medidas de remediación y saneamiento en estos lugares.

Esta problemática se ve también a nivel internacional (CEPAL – Serie Macroeconomía N° 157) ya que países mineros como Australia, Canadá, Chile, etc. presentan un inventario de rezagos de actividad minera que ha sido abandonada y que actualmente los ministerios de minas de cada país se vienen haciendo cargo con grandes inversiones HAZIN M. (2014) Podemos apreciar algunos de los países mencionados:

**Tabla 1.1** Minas Abandonadas en Australia

Estados	Número de Pasivos
Australia occidental	9 870
Nueva Gales del sur	410
Australia del sur	3 638
Queesland	15 380
Victoria	19 010
Tasmania	4 226
<b>TOTAL</b>	<b>52 534</b>

**Fuente:** CEPAL Macroeconomía del Desarrollo N°157

**Tabla 1.2.** Minas Abandonadas en Canadá

Provincias y Territorios	Número de Pasivos
Terranova y Labrador	36
Nueva Escocia	300
Nuevo Brunswick	60
Quebec	1 000
Ontario	6 015
Saskatchewan	505
Alberta	2 100
Columbia Británica	< 20
Territorio Yukon	120
Territorio Nunavut	3
Territorio Noroeste	37
<b>TOTAL</b>	<b>10 176</b>

**Fuente:** Mining for the future. Appendix C: Abandoned Mines. April 2002. Working Paper, Mining, Minerals and Sustainable Development (MMSD)

**Tabla 1.3.** Faenas mineras abandonadas – Chile

Provincias y Territorios	Faenas Mineras abandonadas con Formulario E-400 2003-2011
Arica y Parinacota	7
Tarapacá	63
Antofagasta	83
Atacama	87
Coquimbo	68
Zona Central	99
Zona Sur	44
<b>TOTAL</b>	<b>451</b>

**Fuente:** Elaborado sobre la base de datos del Anuario de la Minería de Chile (2012), SERNAGEOMIN

Podemos apreciar que el problema de los PAM se visualiza a nivel mundial y los países afectados se han visto en la necesidad de destinar fondos económicos para resolver los problemas que estos causan.

**Figura 1.1** Problemática mundial de los PAM.

**Fuente:** Elaboración propia

### 1.5.2. Antecedentes nacionales

Se han realizado remediaciones de Pasivos Ambientales Mineros-PAM en Hualgayoc – Cajamarca a cargo de las compañías mineras Colquirrumi S.A. y El Sinchao Camahuali, W. (2008).



**Figura 1.2** Pasivo remediado de Hualgayoc  
Fuente: Elaboración propia



**Figura 1.3** Pasivo remediado de Tablachaca  
Fuente: Elaboración propia

Los Pasivos Ambientales de Tablachaca ubicados en la quebrada Tacpin-Lima fueron remediados por Activos Mineros. Se estabilizaron en promedio 2.9 millones de toneladas en un área aproximada de 11.6 Ha. Con la estabilización se evita contaminar los cuerpos naturales de agua.

Remediación de la relavera de Goyllarisquizga, ubicada en la provincia Daniel Alcides Carrión a 37 Km de la ciudad de Cerro de Pasco.



**Figura 1.4** Remedición de la relavera de Goyllarisquizga  
**Fuente:** Elaboración propia



**Figura 1.5** Remedición de los PAM de Acobamba y Colqui, provincia de Huarochirí (Lima).  
**Fuente:** Elaboración propia

Para asegurar el progreso efectivo del proyecto de remediación, se tuvieron en cuenta las directrices establecidas en la normativa del país, específicamente en relación con la calidad ambiental que debe ser mantenida en los cuerpos naturales de agua. La legislación ambiental en Perú ha establecido dos criterios esenciales para garantizar una protección adecuada de la calidad ambiental: los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para el cuerpo receptor y los Límites Máximos Permisibles (LMP) para los efluentes.

Es relevante señalar que los criterios de cierre presentan distinciones entre sí, ya que se han definido criterios específicos para cada uno. Sin embargo, en términos generales, comparten el objetivo principal de garantizar que el aspecto ambiental cumpla con los estándares de calidad necesarios para facilitar el desarrollo armónico de las comunidades y ecosistemas. De esta manera, es necesario comparar los valores tanto de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) como de los Límites Máximos Permisibles (LMP) con los establecidos en la legislación nacional.

Estos pasivos ambientales mineros hasta la fecha no presentan óptimas condiciones de cierre ya que no cuentan con estudios previos de cierre y post cierre. Cabe resaltar que cada pasivo ambiental identificado es un caso particular uno del otro por ende el criterio y filosofía de cierre serán independientes en cada caso.

## **CAPÍTULO II**

### **EL MARCO TEÓRICO Y MARCO CONCEPTUAL**

#### **2.1. Antecedentes de Investigaciones Realizadas**

##### **2.1.1. Investigaciones internacionales**

Diversas fuentes señalan que la presencia de Pasivos Ambientales Mineros (PAM) tiene un impacto negativo significativo en la calidad del agua, del suelo y del aire en los ecosistemas donde se ubican. Según un artículo de Kirschbaum, A. (2012) publicado en la Revista de Ciencias Geológicas acerca de Pasivos Ambientales Mineros en el noroeste de Argentina, que aborda aspectos mineralógicos, geoquímicos y consecuencias ambientales, se llevaron a cabo análisis de aguas superficiales, sedimentos, suelos y minerales secundarios en cada ubicación. Los diques de cola fueron examinados en términos estratigráficos, y se realizó un ensayo de caracterización fisicoquímica del agua de poro en laboratorio. Los resultados indican que estos PAM son fuentes significativas de metales pesados en aguas, sedimentos fluviales y suelos afectados en la región. La infiltración de agua de lluvia en estos materiales promueve la oxidación de los sulfuros, disminuyendo el pH del sistema. Las eflorescencias salinas funcionan como receptores temporales al retener los metales pesados. A menos que se implementen medidas de remediación y estabilización en estos sitios, el medio ambiente continuará experimentando daños.

### **2.1.2. Investigaciones nacionales**

La remediación de Pasivos Ambientales Mineros (PAM) en Hualgayoc – Cajamarca fue llevada a cabo por las compañías mineras Colquirrumi S.A. y El Sinchao Camahuali, W. (2008). En la planificación, diseño y ejecución eficientes de las obras de cierre, se tomaron en cuenta los criterios normativos vigentes en el país relacionados con la calidad ambiental que debe mantenerse en los cuerpos receptores. La normativa ambiental de Perú ha establecido dos criterios esenciales para asegurar la protección adecuada de la calidad ambiental: los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para el cuerpo receptor y los Límites Máximos Permisibles (LMP) para los efluentes.

Se debe indicar que las pautas de cierre difieren y son establecidos para aplicaciones diversas, pero de manera general, tienen como fin principal asegurar que el medio ambiente reúna características de calidad, que otorgue el ideal desarrollo de las personas en el ecosistema donde viven. Para ello, se indica que los ECA como de los LMP son analizados independientemente.

Estos pasivos ambientales mineros hasta la fecha no presentan óptimas condiciones de cierre ya que no cuentan con estudios previos de cierre y post cierre. Cabe resaltar que cada pasivo ambiental identificado es caso particular uno del otro por ende el criterio y filosofía de cierre será independiente en cada caso.

## **2.2. Bases legales**

### **2.2.1. Constitución Política del Perú**

La Carta Magna del Perú de 1993, señala en su Artículo 2º, inciso 22 que: “Toda persona tiene derecho a la paz, la tranquilidad, al disfrute del tiempo libre y al descanso, así como a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado para el desarrollo de la vida”

### **2.2.2. Ley N° 28245 - Ley Marco del Sistema Nacional de Gestión Ambiental y su respectivo reglamento aprobado mediante D.S. 008-2005-PCM**

La presente Ley indica el objetivo de la Política Nacional Ambiental donde lo prioritario es la mejora continua de la calidad de vida de las personas, mediante la protección y

recuperación del ambiente y el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales, garantizando la existencia de ecosistemas viables y funcionales en el largo plazo.

**2.2.3. Ley N° 27446 - Ley del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental y sus respectivas modificatorias D.L. N° 1078**

Se crea el Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental, mediante esta norma se categorizan los estudios de impacto ambiental - EIA, de acuerdo a la magnitud, envergadura y ámbito de influencia del proyecto.

**2.2.4. D. L. N° 1013 - Ley de creación del Ministerio del Ambiente**

Se aprueba la ley de creación, organización y funciones del Ministerio del Ambiente el mismo que desplaza al Consejo Nacional del Ambiente (CONAM) y reformula las funciones y responsabilidades de las autoridades ambientales.

**2.2.5. Ley N° 28611-Ley General del Ambiente y sus modificatorias mediante D.L. N° 1055**

En su Artículo 27° “De los Planes de Cierre de Actividades”; indica que los titulares de las actividades económicas deben garantizar que al cierre de operaciones no surjan impactos ambientales negativos, debiendo considerar tal aspecto en el diseño y desarrollo de los instrumentos de gestión ambiental.

**2.2.6. Ley N° 28271 - Regula los pasivos ambientales de la actividad minera y su modificatoria Ley N° 28526**

En las atribuciones conferidas en el numeral 8 del Artículo 118° de la Constitución Política del Perú se aprueba el Reglamento de Pasivos Ambientales de la Actividad Minera, el Art. 31° del Reglamento de Pasivos Ambientales de la actividad minera, define al Plan de Cierre como un Instrumento de Gestión Ambiental que comprende todas las acciones técnicas y legales requeridas para garantizar alcanzar los objetivos de remediación de las áreas con pasivos ambientales mineros.

El Art. 34° establece la preparación de un plan de cierre detallado a nivel de factibilidad, en base a la estructura señalada en el anexo del reglamento, incluirá los resultados de todos

los estudios realizados durante el planeamiento final y las etapas de diseño del proyecto. El diseño de ingeniería en el Plan de Cierre de Pasivos Ambientales indica actividades de remediación, actividades de desmantelamiento, actividades de cuidado y mantenimiento postcierre.

El Reglamento de Pasivos Ambientales de la Actividad Minera, D.S. N°059-2005-EM y su modificatoria, el D.S. N°003-2009-EM: establece los mecanismos que aseguren la identificación de los pasivos ambientales mineros, la responsabilidad y el financiamiento para la remediación de las áreas impactadas, con la finalidad de mitigar sus impactos negativos a la salud de la población, al ecosistema circundante y a la propiedad. Es de especial interés para el Estado la protección del ambiente y de los ecosistemas, tener los medios necesarios para que en el desarrollo de sus actividades se adecue a las normas ambientales, donde las actividades asuman la remediación de los impactos ambientales que pudieron haber surgido en los lugares donde se realizaron.

#### **2.2.7. Ley N°29338: Ley de Recursos Hídricos y su Reglamento D.S. 001-2010-MINAM**

Ley que regula el uso y gestión de los recursos hídricos. Comprende el agua superficial, subterránea, continental y los bienes asociados a esta. Se refiere al agua marítima y atmosférica en lo que se aplique.

#### **2.2.8. Ley N°27314: Ley General de Residuos Sólidos y su reglamento mediante modificatoria D.L. N°1065**

Se incentiva el desarrollo de infraestructura de residuos sólidos, para atender a la creciente demanda de la población y del sector privado.

#### **2.2.9. Ley N°28256: Se regula el transporte terrestre de materiales y residuos peligrosos, el reglamento de la ley y su respectiva modificatoria D.S. N° 030-2008-MTC**

Se regulan las actividades, procesos y operaciones del transporte terrestre de los materiales y residuos peligrosos, con sujeción a los principios de prevención y de protección de las personas, el medio ambiente y la propiedad.

## **2.3. Bases teóricas**

### **2.3.1. Pasivo ambiental minero**

El Reglamento de Pasivos Ambientales de la Actividad Minera (D.S. N°059-2005-EM) y a la vigencia de la Ley N°28271, se denomina pasivo ambiental minero-PAM, a todo aquel que se encontraba sin operar durante dos años o más, en concesión vigente.

Estos PAM han abarcado actividades mineras que por su naturaleza son de gran impacto. En tal sentido se ve la necesidad de desarrollar el “diseño de ingeniería en el Cierre de Pasivos Ambientales Mineros de la Ex Unidad Minera, instrumento de gestión ambiental que demostrará la estabilidad física, química e hidrológica de los PAM después del cierre bajo estudios de investigación e ingeniería.

La ley N°28271 en su Art. 2º publicada el 6 de julio de 2004; define a los PAM como: "Todos los elementos generados por actividades mineras, ya sea instalaciones, vertidos, emisiones o acumulaciones de desechos, que en la actualidad se encuentren en desuso o abandonados, representan un peligro constante y potencial para la salud pública, el entorno ecológico y la propiedad."

De igual manera, en el Art. 20º del Título IV del Reglamento de la Ley 28271- Pasivos Ambientales a cargo del Estado, se indica que “El Estado sólo asume la tarea de remediación de las áreas con PAM que no cuenten con responsables identificados”.

En el artículo 21 se menciona que la identificación de situaciones de interés público que respaldan las acciones de remediación de áreas con Pasivos Ambientales Mineros por parte del Estado se fundamenta en la evaluación de riesgos para la salud, seguridad humana y el medio ambiente en el área afectada por dichos pasivos y sus zonas circundantes. Según el Informe N°235-2014-MEM-DGM/DTM/PAM con fecha del 29 de diciembre de 2014, se señala que los Pasivos Ambientales Mineros en las regiones de Ancash, Lima, Puno y Cajamarca se han categorizado como de riesgo muy alto y alto. Por lo tanto, se considera prioritaria la remediación de estos sitios, y se propone cerrarlos mediante la implementación de proyectos de clausura. En este contexto, se destaca la ex unidad minera Huampar, que

presenta un total de veinte pasivos ambientales mineros relacionados con la cuenca del río Rímac

### **2.3.2. Cierre de pasivos ambientales**

Es el conjunto de actividades que abarcan desde el diseño de ingeniería en el Cierre de Pasivos hasta la etapa de post-cierre. Comprende la estabilización física y química de bocaminas, desmonte de mina, relaveras, plantas de beneficio, etc., el desmantelamiento de instalaciones, la recuperación de suelos y revegetación.

El Cierre de Pasivos Ambientales abarca la rehabilitación ambiental y su posterior mantenimiento y monitoreo. Para ello, es necesario el desarrollo de criterios y tecnologías adecuadas y de este modo mitigar los impactos ambientales significativos.

Para alcanzar con el cierre final de los PAM de la ex U. M. Huampar, se plantean criterios generales de cierre con un equipo multidisciplinario, donde se plantea el diseño de estrategias que garanticen su viabilidad técnica y ambiental.

El cierre de PAM abarca el diseño e implementación de medidas como desmantelamiento, demolición, estabilidad física, química e hidrológica, así como el tratamiento de drenajes de mina, recuperación o rehabilitación de terrenos, revegetación y rehabilitación de hábitats.

### **2.3.3. Criterio del cierre de pasivos ambientales mineros**

Se han planteado criterios generales de cierre, donde se indica el diseño de estrategias que garanticen una factibilidad técnica, económica y ambiental.

Para el presente cierre de PAM se elegirá uno de los siguientes criterios:

✓ **Cuidado activo:**

Consiste en las operaciones de mantenimiento y monitoreo permanentes de los pasivos ambientales cerrados garantizando su estabilidad. Este criterio de cierre será aplicado en la zona de investigación para garantizar la sostenibilidad en el tiempo.

✓ **Cuidado pasivo:**

Consiste en un mínimo de mantenimiento de sus estructuras y un monitoreo ocasional después del cierre de operaciones; NO APLICA.

✓ **Ningún cuidado:**

El titular minero informa a la autoridad competente su abandono de la zona. No se necesita de monitoreo ni de mantenimiento luego que las actividades de cierre hayan culminado; NO APLICA.

#### **2.3.4. Filosofía del plan de cierre de los PAM**

Los elementos experimentan alteraciones constantes en las condiciones tanto superficiales como no superficiales del área circundante. Los cursos de agua experimentan cambios de manera continua. Esta perspectiva planteada sugiere que los efectos adversos del medio ambiente causados por estos elementos pueden ser gestionados de manera que, después de su remediación, el terreno y los cursos de agua vuelvan a una condición ambiental beneficiosa (Ministerio de Energía y Minas, 2010).

#### **2.3.5. La remediación o cierre**

La ejecución del diseño de ingeniería en el cierre de los Pasivos Ambientales con el propósito de alcanzar los objetivos ambientales y sociales específicos, es lo que constituye el cierre. Este proceso engloba una serie de actividades, como la elaboración de diseños de ingeniería necesarios para desmantelar instalaciones, llevar a cabo demoliciones, realizar investigaciones in situ para la disposición final o la recuperación de materiales, garantizar la estabilidad física, geoquímica e hidrológica, restaurar la topografía, fomentar la vegetación, rehabilitar hábitats acuáticos, recuperar áreas de préstamo, asegurar la prestación de servicios esenciales a la comunidad, transferir la propiedad y permitir el acceso a las tierras, entre otras.

### **2.3.6. Actividades de post cierre**

En el D.S. N°059-2005-EM Reglamento de Pasivos Ambientales de la Actividad Minera, Art. 45° se declara que el titular del PAM es necesario seguir implementando las acciones de mantenimiento o supervisión pertinentes, conforme al plan aprobado por el MINEM, durante al menos 5 años después de clausurar la instalación. Después de este período, el Estado o un ente externo podría encargarse de la gestión y mantenimiento posterior al cierre del lugar.

La presencia de estos PAM en el ecosistema de la cuenca del Rímac, viene afectando la calidad de aire por la presencia de sólidos suspendidos en las épocas de verano; afecta la calidad de las aguas por la presencia de efluentes de mina; la calidad de los suelos por la presencia de residuos de la actividad minero metalúrgico; esto está sustentado por el inventario de pasivos realizado y por la situación de riesgo en la que se encuentra; Ministerio de Energía y Minas (2015) Inventario de PAM, 6ta. Actualización. Para ello, se propone realizar un diseño de ingeniería en el Cierre de Pasivos Ambientales Mineros acorde a las experiencias mundiales.

“Para el cierre de los pasivos se necesita estabilizar el medio físico, biológico e hidrológico con la intervención multidisciplinaria de profesionales entendidos en el tema. Logrando esta estabilización se espera alcanzar la recuperación del ecosistema tanto en la etapa de cierre como el post cierre.” Bieniawski, Z. (1989)

### **2.3.7. Escombreras o Desmonteras**

Las actividades mineras superficiales y/o subterráneas generan cantidades grandes de desechos y de rocas estériles que son almacenadas a cielo con ciertos criterios de estabilidad o sin ningún criterio.

### **2.3.8. Relaveras**

Son los rechazos de granulometría fina de la planta de beneficio y concentración sin llegar al rango de arenas y lodos, siendo almacenados en lugares tipo presas. Ayala, F.& Vadillo, L. (2004)

### **2.3.9. Ensayo de Compresión Triaxial**

Ensayo físico que somete una probeta cilíndrica de roca, preparada con una relación de dos veces el diámetro y que se encuentra confinada por medio de una presión hidráulica constante. Se le aplica una carga de fuerza vertical creciente hasta lograr su quiebre, fuerza que debe crecer con una velocidad constante. Recuperado de laboratorio de Geotecnia <https://www.concrelab.com> › ensayo-triaxial.

### **2.3.10. Ensayo de carga puntual o carga concentrada**

Ensayo que se aplica a un área muy pequeña o a un punto específico de un componente estructural. Comúnmente, estas cargas puntuales se desarrollan a nodos, en el caso de estructuras reticulares de columnas y vigas (Guía de Ensayo Uniaxial, Triaxial y Carga Puntual). Se usa para obtener la capacidad de resistencia a la compresión de fragmentos irregulares de roca, núcleos cilíndricos obtenidos de perforaciones, o bloques se determina mediante el índice de resistencia a la carga puntual; Hoek, E. (1980).

## **2.4. Unidad de análisis**

Los análisis se realizaron en la microcuenca de Huanza conformada por los ríos Negro Negro y Piti que al unir sus aguas forman el río Conay el mismo que forma el bofedal antes de tributar a la laguna Antarangra ubicados en la subcuenca del río Santa Eulalia, afluentes de la cuenca hidrográfica del río Rímac, en el distrito de Huanza, Provincia de Huarochirí, región de Lima, se encuentran los pasivos ambientales asociados a la antigua unidad minera Huampar. Esta instalación minera fue sometida a actividades de exploración, extracción y procesamiento de minerales polimetálicos por lo que conllevó a la instalación de bocaminas, desmonteras, relaveras y una planta de densificación de lodos los mismos que no contaron con estudios necesarios para que perduren en el tiempo aún después de finalizada las operaciones.



**Figura 2.1** Vista satelital de la zona impactada  
Fuente: Elaboración propia

## 2.5. Ubicación y acceso de la zona de investigación

La ex unidad minera Huampar, se encuentran ubicada en la zona sur del cinturón polimetálico central del Perú a 75 Km al NE de Lima y a 27 Km al NO de Casapalca en las cabeceras del Valle Santa Eulalia, y a 27 km al Noroeste del distrito de Huanza, en la Provincia de Huarochirí, departamento de Lima. **Ver Plano LB-01:** Ubicación.

Las coordenadas Geográficas aproximadas del área son  $11^{\circ} 34' 16.41''$  de Latitud Sur y  $76^{\circ} 26' 43.85''$  de longitud Oeste, a una altitud de 3,408 m.s.n.m.

**Tabla 2.1** Ruta de acceso hacia la ex unidad minera Huampar

Ruta	Distancia (km)	Tipo de vía
Lima – Chosica	33.92	Carretera asfaltada
Chosica - Santa Eulalia	7.12	Carretera asfaltada
Santa Eulalia - Cx Barba Blanca	6	Carretera no pavimentada
Cx Barba Blanca – Bellavista	5	Carretera no pavimentada
Bellavista (San Jerónimo) - Huinco	6.14	Carretera no pavimentada
Huinco – Cx Autisha	11.5	Carretera no pavimentada
Cx Autisha – Cx Vicas	3.7	Carretera no pavimentada
Cx Vicas - Cx San Juan iris	11.5	Carretera no pavimentada
Cx San Juan iris – Cx Huanza	4.5	Carretera no pavimentada
Huanza - Proyecto	26	Carretera no pavimentada
<b>Total:</b>	<b>115.38</b>	

Fuente: Mapas y datos de campo – ciGP

La vía de acceso desde Lima hasta Huampar, tiene un recorrido aproximado de 115 Km, se realiza mediante el itinerario que se muestra en la Tabla 2.1

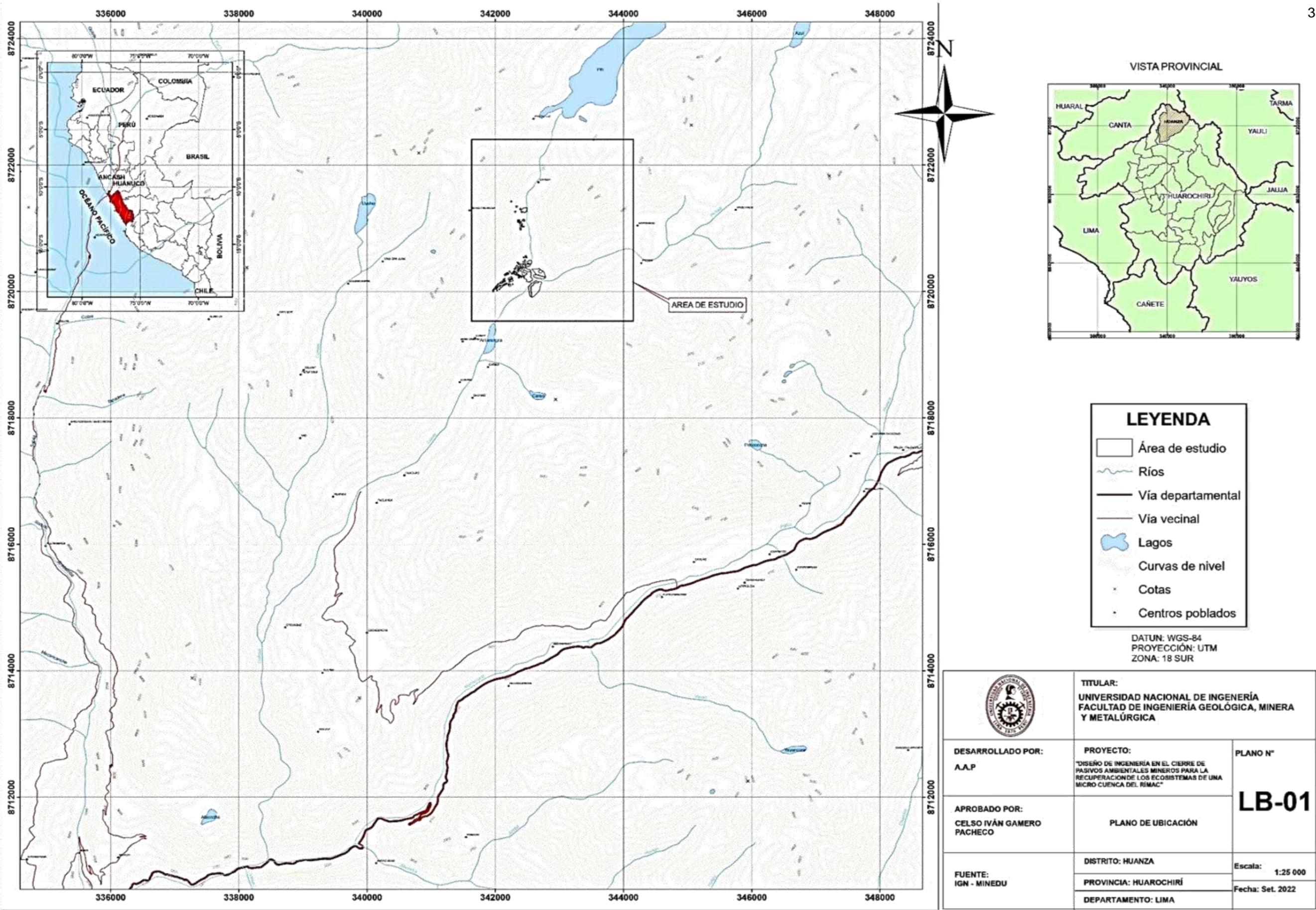


Figura 2.2 Plano de Ubicación de los PAM – HUAMPAR LB-01

Fuente: A.A.P.

## **2.6. Historia de la zona de investigación**

La antigua Unidad Minera Huampar se extiende sobre un depósito polimetálico que contiene oro, plata y zinc, situado en la parte sur del cinturón polimetálico de la sierra central del Perú, aproximadamente a 80 km al noreste de la ciudad de Lima. Este yacimiento se ha desarrollado en una extensión total de 1,450 hectáreas.

La extracción de múltiples vetas polimetálicas tuvo lugar entre los años 1956 y 1991, y la falta de suministro eléctrico llevó al cierre de la mina. Durante ese periodo, se procesaron 2.5 millones de toneladas con leyes promedio de 1.6 gramos por tonelada de oro, 18.5 gramos por tonelada de plata, 3.8% de plomo y 5.0% de zinc, a una tasa promedio de 250 toneladas por día (TPD). Entre los años 1997 y 2000, se reanudaron de manera intermitente las operaciones, alcanzando una capacidad de 400 TPD, y estudios de factibilidad avanzados llevaron a aumentar la producción a 1000 TPD. No obstante, las operaciones mineras se detuvieron en el año 2000 debido a la falta de desarrollo y a los bajos precios de los metales.

## **2.7. Geología Regional**

La litología regional está formada por la secuencia volcánica, probablemente de edad terciaria Media a Superior que cubre grandes áreas de la cordillera.

La secuencia pseudo-estratificada de origen volcánico está compuesta principalmente por aglomerados, brechas, tufos y lavas de composición andesítica. En la base, se encuentran cuarcitas y hacia la parte superior, calizas que presentan un marcado plegamiento con orientación N 12-20 W. Estas formaciones han experimentado erosión y han sido cubiertas de manera discordante por las rocas volcánicas del período Terciario. En esta área, se observan varios cuerpos intrusivos, como stocks y diques, que atraviesan la litología previamente mencionada. Estos cuerpos muestran una variabilidad que va desde granodiorita y micro diorita hasta pórfidos andesíticos y andesita porfirítica. Una parte significativa de la mineralización está asociada a la presencia de estos intrusivos. Dentro del aspecto regional se encuentran aflorando las siguientes unidades:

### 2.7.1. Grupo Rímac

Con esta denominación se conoce al grupo de unidades volcánicas y sedimentarias constituido por andesitas, flujo de brechas, andesitas tufáceas, o tufos andesíticos con intercalaciones ocasionales de areniscas tufáceas (Edad: Terciario Inferior). Localmente se puede diferenciar una unidad Serie Volcánico-Sedimentaria con predominancia de especies tobáceas y un alto contenido de minerales ferromagnesianos. Surge ampliamente en la parte Occidental del cuadrante Huarochirí, donde se ha tenido un gran desarrollo en los valles Santa Eulalia, Rímac.

### 2.7.2. Grupo Colqui

Se denomina así a la gruesa formación de unidades volcánicas con derrames andesíticos gris porfíricos que alternan en menor proporción con tufos finos redepositados, gris verdosos, tufos lapillíticos pardo blanquecinos; aglomerado volcánico y ocasionalmente con capas de calizas y areniscas tufáceas gris verdosa y violácea. Este grupo descansa concordante encima del Grupo Rímac. (Edad: Terciario Medio).

En la zona de la mina del piso al techo (U. Petersen; N. Diaz - 1972), han reconocido unidades locales como son:

- ❖ **Volcánico Usho U:** masivo de composición andesítica, color pardo rojizo, con 150 metros, aproximadamente de grosor.
- ❖ **Volcánico Lourdes L:** de estratificación delgada de color abigarrado, con niveles calcáreos en la base; espesor aprox. 150 metros.
- ❖ **Volcánico Finlandia F:** masivo constituido por tufos, aglomerados y horizontes de andesita tufácea. Se estima un espesor de 400 m.
- ❖ **Colqui Superior\_Cs:** Volcánico sedimentario tufáceo de color abigarrado, con tufo lapillítico blanquecino, areniscas, andesitas tufáceas en capas medianas y delgadas.
- ❖ **Colqui medio\_Cm:** Ocasionalmente capas de caliza y limolita gris rojiza; aprox. 200 m. de grosor.
- ❖ **Colqui Inferior\_Ci:** Volcánico masivo con unos 100 m. de espesor.

### 2.7.3. Volcánico Millotingo

Esta denominación se refiere a una serie de rocas volcánicas, principalmente de naturaleza lávica, que provienen de centros de emisión que han generado una sucesión de

flujos de lava de tipo andesítico y riodacítico, ocasionalmente traquiandesítico, en forma de diques y capas. Estas rocas tienen una edad correspondiente al Terciario Medio. Se trata de un conjunto de rocas piroclásticas de composición que varía desde andesítica hasta riodacítica, con intercalaciones de tobas y flujos de brecha. Estas formaciones geológicas se encuentran en las áreas elevadas, coincidiendo con la divisoria de las cuencas de los ríos Rímac y Chillón, en su sector medio. Los ángulos de inclinación de las capas varían entre 15° y 20°, generalmente con orientación hacia el sureste.

#### **2.7.4. Depósitos glaciares**

Están en forma muy localizada en cabeceras de los valles glaciales y cubriendo al fondo y las laderas de los mismos, se pueden observar vestigios de antiguas morrenas en la zona, siendo las más notables las que se encuentran en las cercanías inferiores de la laguna Piti, donde estas morrenas se encuentran parcialmente consolidadas. Estos depósitos antiguos se caracterizan por estar compuestos por una mezcla heterogénea de fragmentos de roca de diversas formas y tamaños, que están incrustados en una matriz de arena con limo y arcilla. En general, estos depósitos son muy compactos, presentan espesores que varían significativamente y tienen un color principalmente marrón grisáceo.

#### **2.7.5. Depósitos fluvioglaciares**

Las manifestaciones de este material se encuentran en la porción suroeste de la cuenca, siendo el resultado de la acumulación de sedimentos transportados por los ríos y la disminución de los antiguos glaciares. Este fenómeno está vinculado al proceso erosivo desencadenado por el gradual levantamiento andino y las fases de glaciación. Como resultado, se han generado terrazas compuestas por sedimentos aluviales a lo largo de las orillas del río Conay o Colqui, siendo las más recientes cercanas al lecho del río. Estas terrazas se componen de la acumulación de depósitos glaciares transportados por las aguas del deshielo, presentando una heterogeneidad en términos de tamaño, composición litológica y forma, que varía desde subredondeada hasta subangulosa.



### **2.7.6. Relieve**

La zona presenta un accidentado, escarpado con pendientes abruptas y elevaciones que llegan a los 5.400 m.s.n.m, y con fuertes contrastes topográficos y climáticos.

### **2.8. Características del ecosistema**

En concordancia con el Mapa Nacional de Ecosistemas del Perú publicado por el Ministerio del Ambiente el año 2019 y enmarcado en las tres regiones que cubren el país, la ex unidad minera Huampar se encuentra ubicada en las zonas de vida: páramo (Pa), pajonal de puna húmeda (Pjph) y bofedal (Bo), en la región natural puna, en la que destacan especies como el ichu o plantas como las Puyas o Juncos. La región está mayormente cubierta por extensas áreas de pajonales, con presencia notable de formaciones rocosas y bofedales. Se han identificado tres especies protegidas, todas ellas incluidas en la lista roja de especies amenazadas de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) a nivel mundial. Además, una de estas especies está amparada por el apéndice II de la Convención Internacional sobre la Comercialización de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre (CITES).

Este es un ecosistema andino en la región norte del país, caracterizado por una vegetación herbácea y arbustiva que se extiende sobre paisajes afectados por lluvias estacionales y lloviznas persistentes a lo largo de todo el año, junto con marcadas variaciones diarias de temperatura. Los suelos son profundos, saturados e hidromórficos. La apariencia general se define por herbazales de 1 a 1.5 metros de altura, intercalados con arbustos de 1 a 3 metros, y ocasionalmente con individuos emergentes que alcanzan hasta 4 o 5 metros. Este ecosistema alberga endemismos y presenta una riqueza relativamente alta de especies de flora. Se han identificado 17 especies de fauna, de las cuales 12 figuran en la lista roja de especies amenazadas de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) a nivel global. Consultar Anexo VII: Especies Biológicas para más detalles.

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **3.1. Método de Investigación, nivel y diseño**

El presente trabajo de investigación “Diseño de Ingeniería en el Cierre de Pasivos Ambientales Mineros-PAM para la recuperación de los ecosistemas de una microcuenca hidrográfica del Rímac” es una investigación cuantitativa con variables que son analizadas después la toma de muestras en campo y la descripción de cada componente, donde se busca describir los datos y posteriormente efectuar un análisis, como menciona Hernández-Sampieri, Fernández, & Baptista (2023, p. 321) consiste en interpretar los resultados y plantear alternativas de cierre de los pasivos ambientales emplazados en la zona.

##### **3.1.1. Tipo de investigación**

La investigación se documentó con la realización de trabajos técnicos de campo definido como exploratoria donde sus resultados se definirán a la visión aproximada de Arias (2006, p. 24) el cual entiende a la investigación exploratoria como el desarrollo en búsqueda de la ampliación de conocimiento sobre temas que no han sido profundizados bajo un estudio científico. Por otro lado, el tipo de investigación es considerado como no experimental dado que no se tuvo manejo sobre las condiciones u objeto de estudio dentro de la variable dependiente o independiente.

### 3.1.2. Nivel de Investigación

En una primera etapa se obtuvo datos en gabinete; luego ya inmerso en los y en el lugar de los pasivos ambientales se procedió a levantar información técnica necesaria.

- Se fotografió cada componente para la elaboración de los estudios multidisciplinarios y se definió la remediación respectiva.
- Los estudios que se realizaron fueron de topografía, geología, hidrología, hidrogeología, mecánica de rocas, test ABA.
- La información fue unificada en gabinete por cada tema orientando el estudio al planteamiento técnico de las remediaciones que se proponen como parte de la recuperación del ecosistema.
- Con los datos técnicos recopilados se elaboran fichas técnicas de línea de base de cada pasivo ambiental inventariado por el Ministerio de Energía y Minas -MEM. Con las fichas de línea de base descritas y analizadas se propone una estabilidad física, química y/o hidrológica o todo en su conjunto si fuese necesario, generando planos a nivel de ingeniería para los componentes de mayor impacto. Se elaboraron fichas técnicas de cierre para cada componente incidiendo en los componentes de mayor impacto los mismos que tendrán un mayor análisis y una confección de planos a nivel factibilidad.

### 3.2. Desarrollo del trabajo de tesis

Para desarrollar el Diseño de Ingeniería en el Cierre de PAM y recuperar una microcuenca del Rímac se conformó un equipo multidisciplinario liderado por el tesista eligiendo especialistas como ingenieros mineros, metalurgistas, químicos, geólogos, hidrogeólogos, y civiles, así como licenciados en sociología de acuerdo al listado de Pasivos Ambientales emitido por el Ministerio de Energía y Minas. Cada especialidad realizó su trabajo de gabinete y de campo obteniendo información que determinó los parámetros de cierre. Los primeros trabajos de campo fueron con las autoridades del lugar y sociedad civil para solicitar permisos y autorizaciones de desplazamiento y toma de muestras. Hubo predisposición y apoyo de la comunidad y autoridades no encontrándose impedimento para el desarrollo de los estudios.

### 3.2.1. Reconocimiento de Componentes del cierre de PAM en la microcuenca

#### hidrográfica del Rímac

Para la descripción a detalle de los componentes del cierre se procedió a un estudio topográfico del área de influencia directa. El estudio de topografía tiene por finalidad representar gráficamente la superficie del terreno a intervenir y ver a detalle las curvas de nivel de todos los Pasivos Ambientales existentes.

De acuerdo a la Ley N°28271 que regula los pasivos ambientales de la actividad minera y su modificatoria Ley N°28526 mediante su reglamento el Decreto Supremo N°059-2005-EM; se aprueba el Reglamento de Pasivos Ambientales de la actividad minera y su inventario a nivel nacional los mismos que fueron identificados con un código MEM, con ubicación en coordenadas geodésicas y la cantidad que existen en el lugar que serán tratados en esta investigación.

**Tabla 3.1** Pasivos Ambientales Mineros identificados por el MEM en el Área de Estudio

PAM	TIPO	SUB TIPO	CODIGO MEM	COORDENADAS UTM WGS 84		Cantidad (Un)
				ESTE	NORTE	
1	Labores Mineras	Bocamina	13053	342362	8720448	04
2			13058	342315	8721260	
3			13059	342333	8721340	
4			13060	342403	8721297	
5	Instalaciones de procesamiento	Plantas de Procesamiento	13064	342441	8720416	02
6			13066	342387	8721304	
7	Residuos Mineros	Desmante Mina	13056	342426	8720408	04
8		Relaves	9988	342631	8720046	
9			13061	342446	8721301	
10			13063	342624	8720254	
11	Otras infraestructuras	Patio de testigos de perforación diamantina	13065	342394	8720354	02
12		Caminos, helipuertos, pistas de aterrizaje, líneas férreas.	13057	342516	8720464	
13	Infraestructura para personal	Campamentos, oficinas, talleres.	514	342186	8720123	08
14			9977	342174	8720158	
15			9979	342171	8720162	
16			9989	342159	8720178	
17			9991	342189	8720109	
18			9993	342216	8720172	
19			13055	342377	8720442	
20			13062	342342	8721108	
<b>Total:</b>						<b>20</b>

Fuente: Ministerio de Energía y Minas-MEM Anexo IV: Plano Topo\_4.1-A y 4.1-B

### 3.2.1.1. Características del levantamiento topográfico

El levantamiento topográfico determina la ubicación de cada pasivo ambiental y el volumen de material almacenado que pudo haber cambiado en el tiempo, para poder proponer las propuestas de cierre abarcando los términos indicados por el MEM.

La topografía se llevó a cabo mediante la técnica de RTK (cinemática en tiempo real o Cinemática en Tiempo Real Kinemática), la cual se basa en la utilización de un punto fijo de referencia (una base equipada con una radio de enlace) y una estación móvil (un rover también equipado con una radio de enlace).

El trabajo consistió en la colocación de 02 puntos de control geodésico (H2, H3) y levantamiento topográfico del área de la antigua Mina Huampar, principalmente desmonteras, relaveras, bocaminas y las instalaciones que todavía están en la zona de mina.

Los trabajos se iniciaron con la monumentación de los dos puntos de control geodésicos (H2 y H3). Se plantearon dos puntos de control monumentados y dos puntos auxiliares (H1 y H4), con la estación total S3 Trimble; se leyeron los 4 puntos tomando sus respectivas coordenadas topográficas luego del cual con los equipos GPS se realizó una calibración local de la zona iniciándose de esta manera el levantamiento topográfico. Para la calibración local se tuvo como puntos de control: H1, H2, H3 y H4. El levantamiento topográfico se inició instalándose la base RTK en el punto H3 configurándose además con almacenamiento para post-proceso, pasados tres horas se cambió de base, se instaló la base RTK en el punto H2 configurado para almacenamiento con post-proceso también. Para el levantamiento topográfico se emplearon dos tipos de equipos: Estación Total S3 Trimble y GPS diferencial R8 Trimble.



**Figura 3.1** Estación de Base H2  
Fuente: Elaboración propia



**Figura 3.2** Estación de Base H3  
Fuente: Elaboración propia

Se obtuvo las curvas de nivel de los PAM, la ubicación, dimensiones y características.

La información que se tomó en campo de la Estación Total fue descargado al computador donde se procesó la data en el software Civil 3D para el caso de archivos CSV.

Para los datos de los GPS, los archivos de observación de los puntos de control H2 y H3 se descargó al software Business Center HCE, donde fue procesado.

**Tabla 3.2** Listado de puntos de enlace en la zona de influencia

ID	ESTE (metro)	Norte (Metro)	Elevación (Metro)	Código de característica	Factor de escala de proyección	Factor de escala de altura	Ángulo de convergencia de meridiano
H2	342365.158	8720693.3	4360.7358		0.99990745	0.999312	0°17'24"
H3	342445.157	8720537.7	4345.3193		0.99990714	0.9993144	0°17'24"

**Fuente:** Datos recopilados en campo. Anexo IV Plano 4.1-C

- a) El trabajo geodésico se basa en el Marco de Referencia Terrestre Internacional 2000 (ITRF2000) proporcionado por el Servicio Internacional de Rotación de la Tierra (IERS), el cual se establece como el Sistema Geodésico de Referencia oficial para el territorio peruano.
- b) El modelo geoidal usado fue el EGM 2008.
- c) Se ha realizado el enlace a la Estación Permanente de orden "0" ubicado en Chaclacayo.
- d) Se han obtenido puntos de Orden "C".
- e) La zona intervenida se ubica en la Zona 18 Sur UTM.
- f) Los valores del PDOP en las correlaciones tuvo una variación de entre 1 y 3, lo que determina una buena geometría de los satélites en la obtención de información.
- g) Para el post procesamiento se captaron satélites de la constelación Navstar y Glonass obteniendo en promedio información de trece satélites en las mediciones.
- h) Existe visual entre los puntos GPS observados.
- i) La topografía en la zona de estudio es abrupta y fluctúa entre los 4361 m.s.n.m. de cota máxima y 4345 m.s.n.m. de cota mínima.
- j) Las coordenadas topográficas de los puntos de control son las siguientes:

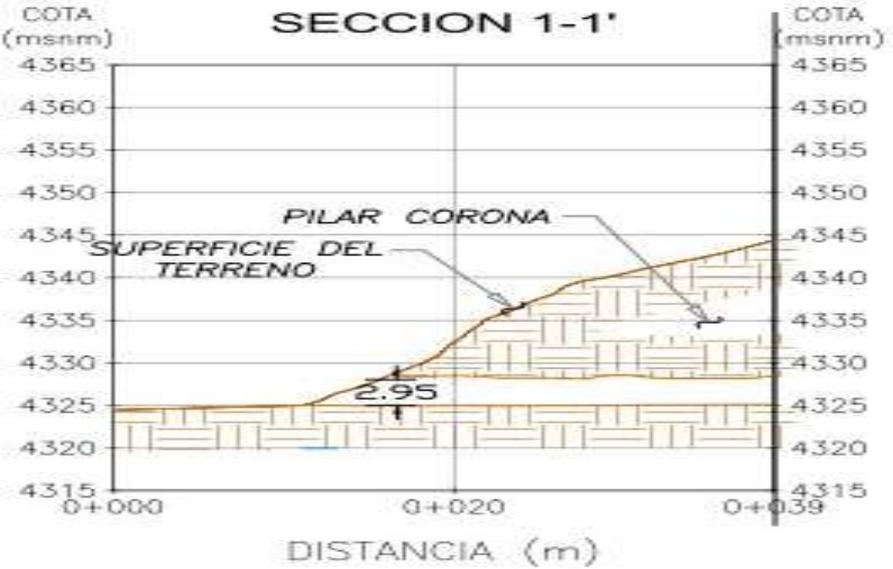
**Tabla 3.3** Coordenadas topográficas

COORDENADAS TOTALES TOPOGRÁFICAS		ALTURA ORTHO	VERTICE
NORTE	ESTE		
8720693.298	342365.16	4360.736	H2
8720537.601	342445.22	4345.319	H3

**Fuente:** Parámetros recabados en campo **Anexo IV: Plano 4.1-C-** Topografía de los P.A.M.

### 3.2.1.2. Componentes identificados – Fichas Técnicas

Como resultado del levantamiento topográfico se elaboró un plano general y planos específicos de cada Pasivo Ambiental clasificándolos por tipos y subtipos. Para mejor detalle se elaboraron Fichas Técnicas de Línea de Base donde se describen las características encontradas acompañada de datos topográficos evidenciado con vistas fotográficas.

<b>FICHA TÉCNICA DE LÍNEA DE BASE</b>	
Línea de Base de los PAM	
	<p><b>BOCAMINA</b>  <b>PAM</b> : 13053</p> <p><b>E</b> : 342362  <b>N</b> : 8720448  <b>msnm</b> : 4325</p>
<p><b>Sección transversal de la Bocamina 13053</b></p> 	
<p><b>Descripción:</b>  Es una labor antigua de la ex U.M. "Nueva Cóndor" con una labor de sección de 2.95 m x 3.65 m. Presenta tuberías de hierro de 4", letreros de seguridad, tuberías de hierro de 2". No se aprecia reforzamiento estructural en el portal de entrada. Presenta un efluente minero de 120 l/seg que a través del tiempo se mantiene en ese flujo. Se ha caracterizado el efluente dando los siguientes resultados:</p>	

**Parámetros Analizados**

Parámetros	Unidad	Resultados	LMP (*)
pH	Un	6.90	<b>6-9</b>
Temperatura	°C	11.4	-
CE	uS/cm	480	-
Oxígeno Disuelto	mg/L	5.77	-
TSS	mg/L	7.18	<b>50</b>
A&G	mg/L	< 0.5	<b>20</b>
CN Total	mg/L	< 0.005	<b>1</b>
Cromo hexavalente	mg/L	< 0.007	<b>0.1</b>
As Tot.	mg/L	0.034	<b>0.1</b>
Cd Tot.	mg/L	0.0012	<b>0.05</b>
Cu Tot.	mg/L	0.0011	<b>0.5</b>
Pb Tot.	mg/L	< 0.0004	<b>0.2</b>
Hg Tot.	mg/L	< 0.001	<b>0.002</b>
Zn Tot.	mg/L	<b>4.335</b>	<b>1.5</b>
Fe Disuelto	mg/L	<b>3.382</b>	<b>2</b>

**Fuente:** Informe de Ensayo N° 10317-2016 – ciGP

**Condiciones Iniciales de Investigación**

1. Presenta un efluente de mina de 123.0 L/seg que descarga al río Conay.
2. El elemento Zn supera en 2.9 veces los LMP del D.S. N° 010-2010-MINAM-LMP
3. El elemento Fe supera en 1.7 veces los LMP del D.S. N° 010-2010-MINAM-LMP
4. Existe un flujo másico de 4.335 gr/m<sup>3</sup> de Zn elemental y de 3.382 gr/m<sup>3</sup> de Fe elemental. Estos son los elementos que han sobrepasado los LMP exigidos por ley.
5. Según la caracterización del acuífero se evaluará su comportamiento MARTINEZ ALFARO, P (2006)
- 6.

### FICHA TÉCNICA DE LÍNEA DE BASE

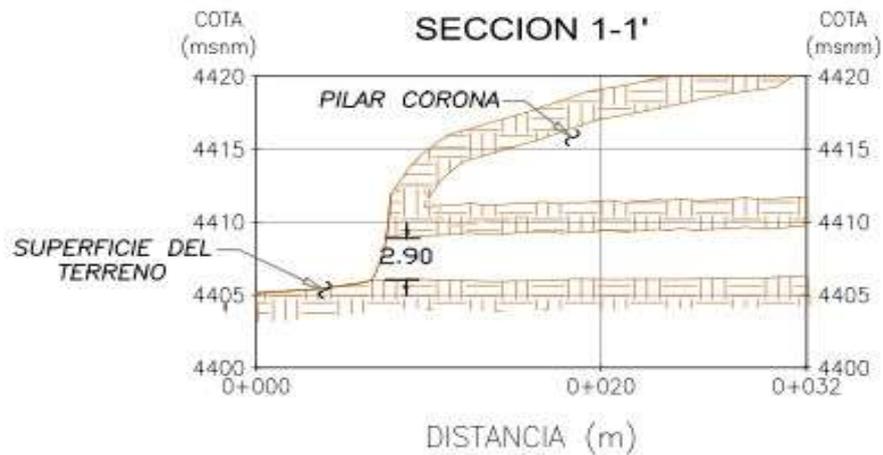
Línea Base de los PAM



#### BOCAMINA

PAM : 13058  
E : 342315  
N : 8721260  
msnm : 4405

#### Sección transversal Bocamina 13058



#### Descripción:

Es una labor antigua de la ex U.M. "Nueva Cóndor" con una labor de sección de 2.95 m x 3.65 m. Presenta tuberías de fierro de 4", letreros de seguridad, tuberías de fierro de 2". Cerca a esta bocamina se aprecia una gruta en religiosa.

No se aprecia reforzamiento estructural en el ingreso. Internamente se aprecia una reja encadenada que permitió mayores estudios ya que la seguridad de esta ex unidad Minera solicitó una autorización del Titular en coordinación con el MEM.

No presenta efluente minero.

#### Condiciones Iniciales de Investigación

1. Se encuentra cercana al material estéril, es una bocamina sin línea férrea.

### FICHA TÉCNICA DE LÍNEA DE BASE

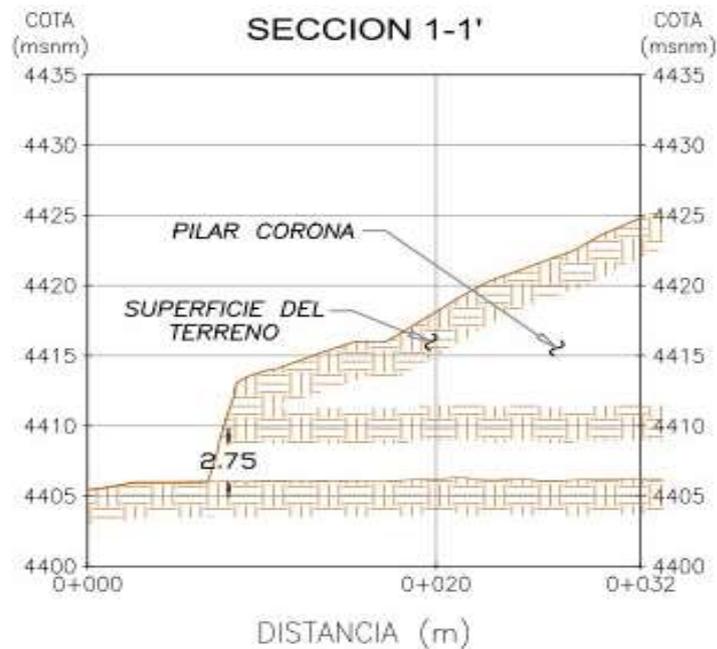
Línea Base de los PAM



#### BOCAMINA

PAM : 13059  
E : 342333  
N : 8721340  
msnm : 4405

#### Sección transversal del desmonte 13059



#### Descripción:

Es una labor antigua con una labor de sección de 3.45m x 2.75m con poca presencia de especies vegetales a su alrededor. Es una bocamina con servicios de carros mineros. No se aprecia reforzamiento estructural en el ingreso.

#### Parámetros Analizados

No presenta efluente minero.

#### Condiciones Iniciales de Investigación

1. Bocamina con servicios de carros mineros.
2. No se aprecia reforzamiento estructural en el ingreso por la forma del macizo que presenta un RMR de 70 a 80

## FICHA TÉCNICA DE LÍNEA DE BASE

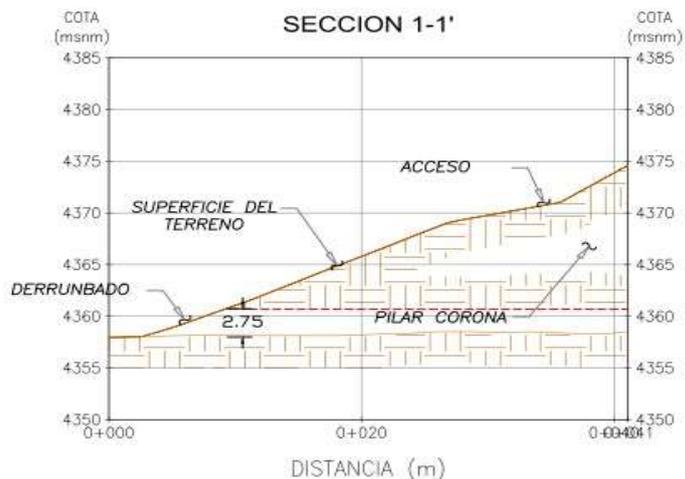
Línea Base de los PAM



### BOCAMINA

**PAM** : 13060  
**E** : 342403  
**N** : 8721297  
**msnm** : 4358

### Sección transversal del desmote 13060



### Descripción:

Bocamina de hace mucho tiempo que fue tapada material estéril y solo se puede ver restos de los trabajos antiguos.

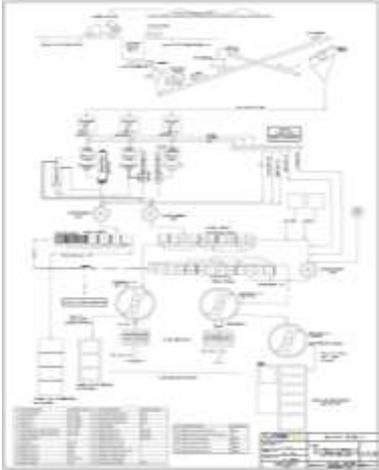
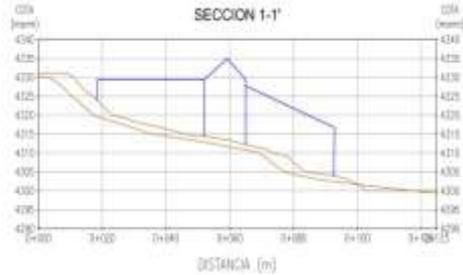
Está sumergida dentro en un mineral cuaternario por ello el derrumbe del ingreso a la bocamina.

### Parámetros Analizados

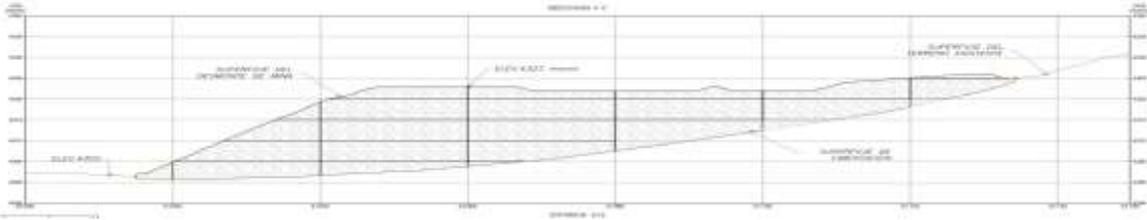
Se aprecia efluente de mina imperceptible de muestrear.

### Condiciones Iniciales de Investigación

1. Mina de mucho tiempo que ha sido cubierta con material estéril de mina que solo se aprecia huellas trabajos antiguos.
2. Inmersa dentro de un mineral cuaternario lo que ocasionó el derrumbe del ingreso de la bocamina; se aprecia derrumbada.

<b>FICHA TÉCNICA DE LÍNEA DE BASE</b>	
Línea Base de los PAM	
	<p><b>PLANTA DE PROCESAMIENTO</b></p> <p><b>PAM : 13064</b></p> <p><b>E : 342441</b></p> <p><b>N : 8720416</b></p> <p><b>msnm : 4370</b></p>
<p><b>Vista en Planta</b></p> 	<p><b>Diagrama de Flujo</b></p> 
<p><b>Sección transversal del desmonte 13064</b></p> 	
<p><b>Descripción:</b></p> <p>La Planta Concentradora referida, está cercada con una infraestructura metálica cubierta con calaminas en techo y paredes, siendo los pisos, soportes y demás instalaciones de concreto armado.</p>	
<p><b>Parámetros Analizados</b></p> <p>En la inspección de campo se pudo nominar los equipos propios de una planta concentradora y una planta complementaria de relleno hidráulico.</p>	
<p><b>Condiciones Iniciales de Investigación</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Infraestructura metálica cubierta con calaminas en techo y paredes, siendo los pisos, soportes y demás instalaciones de concreto armado.</li> <li>2. Componentes de la Planta Concentradora: cancha de mineral, chute de descarga, tolva de gruesos, apron feeder, chancadora primaria de quijadas, zaranda, sala de reactivos, tanque de CNNa, circuito de molienda 1, circuito de molienda 2, circuito de molienda 3, flotación Pb-Ag, flotación Pb, flotación Zn, espesador Pb, espesador Zn, cochas Pb- Ag, planta de relleno hidráulico.</li> </ol>	
<p><b>Ver Anexo III: Plano PB-01 Flujograma de Planta de Beneficio</b></p>	

<b>FICHA TÉCNICA DE LÍNEA DE BASE</b>	
Línea Base de los PAM	
 	<p><b>PLANTA DE PROCESAMIENTO</b></p> <p><b>PAM : 13066</b></p> <p><b>E : 342387</b></p> <p><b>N : 8721304</b></p> <p><b>msnm : 4315</b></p>
<p><b>Parámetros Analizados</b></p> <p>Mediciones y cálculos del área ocupada.</p> <p>Instalaciones de concreto armado a pequeña escala.</p>	
<p><b>Condiciones Iniciales de Investigación</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Comprenden cochas de concreto semi demolido que sirvieron para la segregación de fases sólido-líquido de los concentrados.</li> <li>2. Entre ellas se encuentran: cochas para la segregación solido- liquido de los concentrados producidos; plataformas de concreto semi demolidas con mechas de fierro sobresaliendo.</li> </ol>	

<b>FICHA TÉCNICA DE LÍNEA DE BASE</b>			
Línea Base de los PAM			
	<b>PAM : DESMONTE 13056</b> <b>E : 342426</b> <b>N : 8720408</b> <b>msnm : 4322</b>  <b>V : 101195 m3</b>		
<b>Sección transversal del desmonte 13056</b>			
			
<b>Descripción:</b> Es un pasivo ambiental minero de mediano impacto, formado por el almacenamiento de rocas inertes que no ingresaron al proceso de flotación en la planta concentradora extraído de interior mina. Ha sido almacenado sin estudios previos de estabilidad. No se aprecia componentes adicionales ni información de seguridad. El análisis geotécnico de la estabilidad física de la condición actual, muestra factores de seguridad por debajo del mínimo recomendado, lo cual podría generar algún tipo de inestabilidad y deslizamientos.			
<b>Descripción:</b> Se encuentra ubicada en las laderas cercanas a los componentes mineros complementarios de la Planta de Beneficio de la ex U. M. Huampar en las coordenadas. Por sus linderos inferiores discurre agua de la Quebrada Piti.			
<b>Parámetros Analizados</b>			
<b>Test ABA</b>			
Parámetros Químicos		Test ABA	
pH	7.42	PN (Kg/T)	25.38
Sulfatos (mg/kg)	538.0	PA (Kg/T)	0
Sulfuros (mg/kg)	<0.2	PNN (Kg/T)	25.38
		PN/PA	Indefinido*
<b>Fuente: **Informe Técnico N° 102228-2016 LAB. SAG</b>			
<b>Condiciones Iniciales de Investigación</b>			
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. PAM de mediano impacto, formado por el almacenamiento de roca inerte que no ingresó al proceso de concentración.</li> <li>2. La muestra medida en pH muestra un valor básico, indicando de que se trata de un mineral neutro incapaz de cambiar su pH.</li> <li>3. En el Test ABA realizado (desmonte 13056), el Potencial neto de neutralización resulta 25.38 lo cual indica que el pasivo presenta un Nulo potencial de Generación de Ácido.</li> <li>4. Las condiciones estáticas del desmonte presentan un factor de seguridad por debajo de 1.00 siendo su valor actual de 0.965 valor que nos indica una inestabilidad.</li> <li>5. Las condiciones pseudo estáticas del desmonte presenta un valor muy inferior a lo recomendado siendo este en la actualidad igual a 0.663 indicando que cualquier movimiento sísmico o erosión de sus laderas el componente sufrirá un desmoronamiento pudiendo llegar al colapso.</li> </ol>			
<b>Ver Anexo V: 6-1 Análisis de Estabilidad Física situación actual.</b>			

### FICHA TÉCNICA DE LÍNEA DE BASE

Línea Base de los PAM



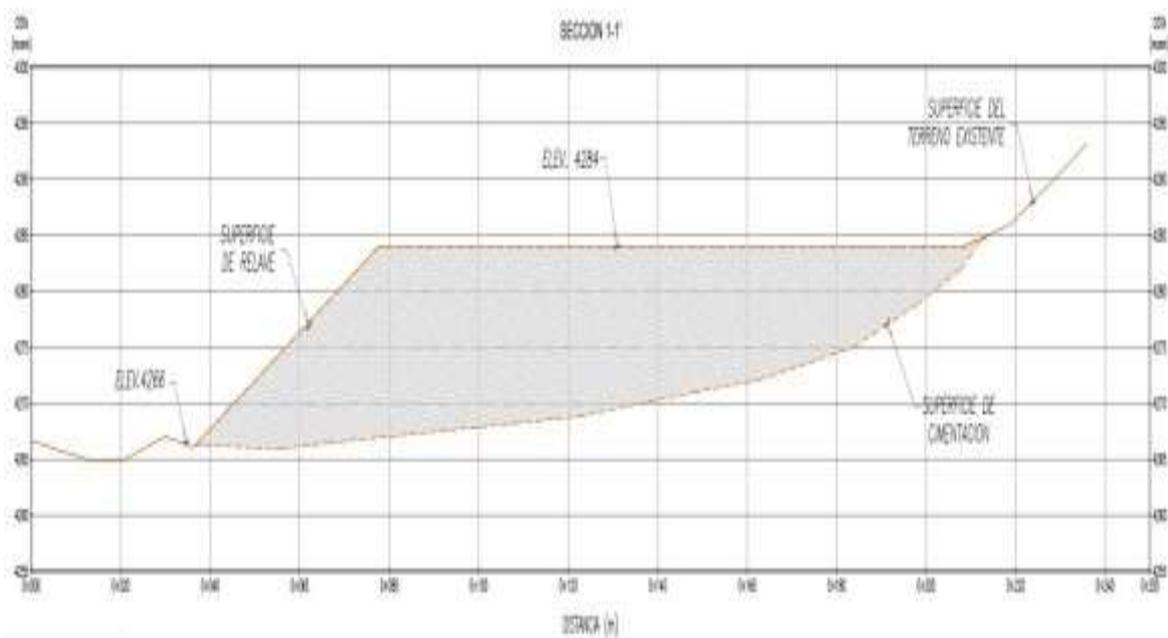
Discurren aguas superficiales pendiente arriba de los componentes.

#### RELAVES

**PAM** : 9988  
**E** : 342631  
**N** : 8720046  
**msnm** : 4284  
**V** : 312719 m<sup>3</sup>

Se encuentra ubicada al lado derecho del río Negro Negro en la margen izquierda de la quebrada Piti frente a la planta de beneficio de la ex U. M. Huampar.

#### Sección transversal del relave 9988



#### Descripción:

Es un pasivo ambiental minero de mediana envergadura que viene ocasionando un impacto al ambiente. El análisis geotécnico de la estabilidad física de la condición actual, muestra factores de seguridad por debajo del mínimo recomendado, lo cual podría generar algún tipo de inestabilidad y deslizamientos.

**Parámetros Analizados****Parámetro de Suelo**

Parámetro	Unidad	ANALISIS EXPLORATORIO*	ANALISIS FINAL**	ECA SUELO
Plomo	mg/Kg	711	1244.58	70
Cadmio	mg/Kg	18	21.57	1.4
Arsénico	mg/Kg	1028	3724.8	50
Mercurio	mg/Kg	6	4.33	6.6
CN Libre	mg/Kg	1.4	---	0.9
CN WAD	mg/Kg	4.2	---	---
CN Total	mg/Kg	19.8	<0.05	---

**Fuente:** \*Informe Técnico N° 02-10LAB.21/

\*\*Informe Técnico N° 102228-2016 LAB. SAG

D.S.\_002-2014-MINAM: Aprueban disposiciones complementarias para la aplicación de los ECA para Suelo

**Test ABA**

ANALISIS EXPLORATORIO*				ANALISIS FINAL**			
Parámetros Químicos		Test ABA		Parámetros Químicos		Test ABA	
pH	8.11	PN	1.86	pH	7.34	PN	38.82
%S	0.01	PA	0.79	SO4=(mg/Kg)	1164.5	PA	0.58
%Cl-	0.014	PN/PA	2.34	S- (mg/Kg)	0.212	PNN	38.24
%SO4=	0.032	PNN	1.07			PN/PA	66.9

**Fuente:** \*Informe Técnico N° 02-10LAB.21/ \*\*Informe Técnico N° 102228-2016 LAB.SAG - ciGP

**Condiciones Iniciales de Investigación**

1. Emplazada sobre la mineralización Finlandia circundado de masas intrusivas.
2. El análisis geotécnico de la estabilidad física de la condición actual, muestra factores de seguridad por debajo del mínimo recomendado, lo cual podría generar algún tipo de inestabilidad y deslizamientos.
3. El Pb supera en diez veces el estándar ambiental de calidad de suelos, el Cd supera en doce veces, el As supera en veinte veces.
4. La concentración de CN libre excede el ECA para suelo.
5. En el Test ABA realizado (Relave 9988), el Potencial Neto de Neutralización resulta 38.82 lo cual indica que el pasivo presenta un Bajo potencial de Generación de Ácido (No genera drenaje ácido de roca).
6. La estabilidad física a condiciones estáticas presenta un valor de 1.410 indicando este valor que su estabilidad física se encuentra dentro de un valor seguro pero el componente no presenta otras infraestructuras que garanticen esta estabilidad.
7. La estabilidad física a condiciones pseudoestáticas presenta un valor de 0.902 indicando este valor que el componente colapsa ante cualquier situación de riesgo. Además de ello, el componente no presenta infraestructuras hidráulicas ni una cobertura que lo aisle.

**Ver Anexo VI:** Plano 6-1 - Análisis de Estabilidad Física situación actual.

## FICHA TÉCNICA DE LÍNEA DE BASE

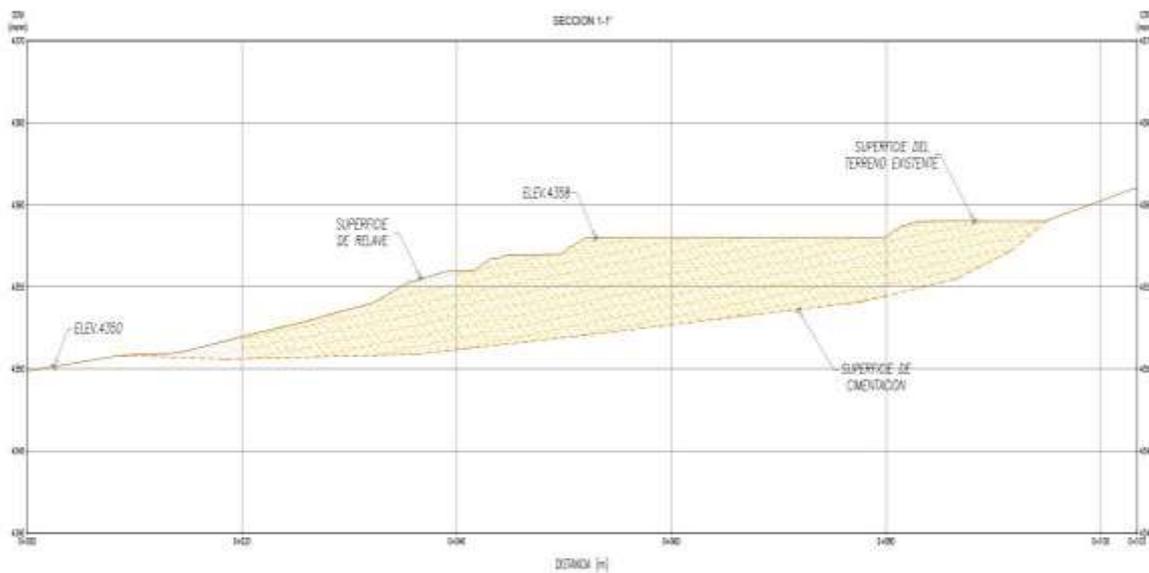
### Línea Base de los PAM



#### RELAVES

**PAM** : 13061  
**E** : 342446  
**N** : 8721301  
**msnm** : 4359  
**V** : 8419 m<sup>3</sup>

### Sección transversal del relave 13061



#### Descripción:

Es un PAM de impacto y volumen mínimo. Está asentada sobre una masa consolidada donde las aguas superficiales discurren hacia los humedales adyacentes.

El volumen que presenta es mínimo en comparación con los otros dos. En las épocas lluvia las aguas de contacto discurren a las fuentes de agua natural pudiendo generar algún tipo de contaminación.

**Parámetros Analizados****Parámetro de Suelo**

Parámetro	Unidad	ANALISIS EXPLORATORIO*	ANALISIS FINAL**	ECA SUELO
Pb	mg/Kg	---	1371.92	70
Cd	mg/Kg	---	12.92	1.4
As	mg/Kg	---	614.7	50
Hg	mg/Kg	---	7.47	6.6
CN Libre	mg/Kg	---	-	0.9
CN WAD	mg/Kg	---	-	---
CN Total	mg/Kg	---	<0.05	---

**Fuente:** \*Informe Técnico N° 02-10LAB.21/

\*\*Informe Técnico N° 102228-2016 LAB. SAG

D.S.\_002-2014-MINAM: Aprueban disposiciones complementarias para la aplicación de los ECA para Suelo.

**Test ABA**

ANALISIS EXPLORATORIO*				ANALISIS FINAL**			
Parámetros Químicos		Test ABA		Parámetros Químicos		Test ABA	
pH	8.11	PN	1.86	pH	3.67	PN	52.5
%S	0.01	PA	0.79	SO4= (mg/Kg)	3689	PA	0.95
%Cl-	0.014	PN/PA	2.34	S- (mg/Kg)	<0.2	PNN	51.55
%SO4=	0.032	PNN	1.07			PN/PA	55.3

**Fuente:** \*Informe Técnico N° 02-10LAB.21/\*\*Informe Técnico N° 102228-2016 LAB. SAG.

**Condiciones Iniciales de Investigación**

1. Ubicada sobre un macizo rocoso consolidado donde las aguas de contacto discurren los humedales bofedales adyacentes.
2. En las épocas de precipitaciones, las constantes lluvias presentan inestabilidad y deslizamientos hacia los bofedales contiguos contaminando las aguas y suelos naturales por el alto contenido de metales pesados.
3. El pH muestra un valor de 3.67, indicando de que se trata de un material ácido.
4. El material muestra un alto contenido de sulfatos, mostrando solubilidad en medio húmedo.
5. El Pb, As, Cd y Hg superan el ECA suelo de acuerdo al análisis final.
6. En el Test ABA realizado (Relave 13061), el Potencial Neto de Neutralización resulta 52.5 lo cual indica que el pasivo No genera drenaje ácido de Roca.
7. Por ser un componente muy pequeño y de poco volumen se evalúa su situación para ser removido y juntado con otro componente similar y proceder a su cierre final.

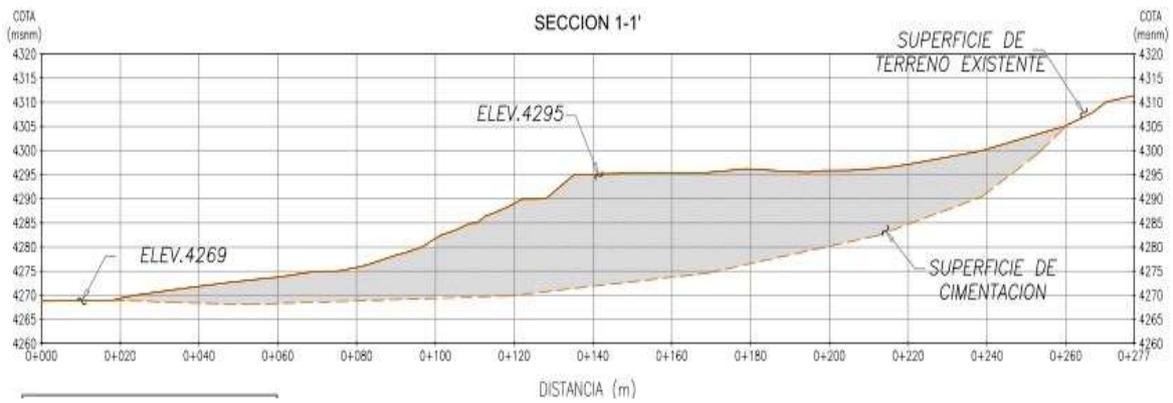
**FICHA TÉCNICA DE LÍNEA DE BASE**

Línea Base Pasivos Ambientales Mineros

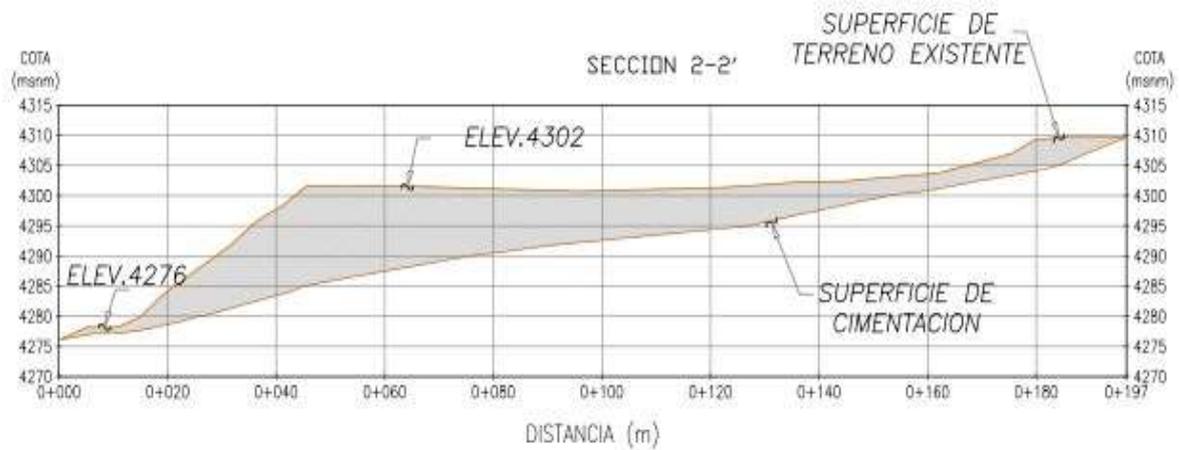


**PAM : Relave 13063**  
**E : 342624**  
**N : 8720254**  
**msnm : 4304**  
**V : 152828 m3**

**Sección transversal del relave 13063 – Sección 1**



**Sección transversal del relave 13063- Sección 2**



**Ver Anexo VI: Estabilidad física inicial**

**Descripción:**

Se encuentra asentada en la ribera izquierda y derecha del río Negro Negro.

No se aprecia efluente alguno, pero las partículas que se generan en las épocas de estiaje o secas se difunden por el entorno. Las aguas de contacto en las épocas de lluvia son afluentes a los cuerpos de agua naturales como es el río Piti.

**Parámetros Analizados****Parámetro de Suelo**

Parámetro	Unidad	ANÁLISIS EXPLORATORIO*	ANÁLISIS FINAL**	ECA SUELO D.S. 002-2014-MINAM
Plomo	mg/Kg	711	955.39	70
Cadmio	mg/Kg	18	28.43	1.4
Arsénico	mg/Kg	1028	3680.4	50
Mercurio	mg/Kg	6	4.52	6.6
CN Libre	mg/Kg	1.4	-	0.9
CN WAD	mg/Kg	4.2	-	---
CN Total	mg/Kg	19.8	<0.05	---

**Fuente:**

\*Informe Técnico N° 02-10LAB.21/

\*\*Informe Técnico N° 102228-2016 LAB. SAG

D.S. 002-2014-MINAM: Aprueban disposiciones complementarias para la aplicación de los ECA para Suelo

**Test ABA**

ANÁLISIS EXPLORATORIO*				ANÁLISIS FINAL**			
Parámetros Químicos		Test ABA		Parámetros Químicos		Test ABA	
pH	8.11	PN	1.86	pH	7.64	PN	34.8
%S	0.01	PA	0.79	SO4= (mg/Kg)	210.50	PA	5.03
%Cl-	0.014	PN/PA	2.34	S- (mg/Kg)	1.51	PNN	29.77
%SO4=	0.032	PNN	1.07			PN/PA	6.9

**Fuente:** \*Informe Técnico N° 02-10LAB.21/\*\*Informe Técnico N° 102228-2016 LAB. SAG

### Condiciones Iniciales de Investigación

1. Asentada sobre las unidades geológicas colqui superior.
2. No presenta efluente alguno, pero las partículas que se generan en las épocas de estiaje o secas se difunden por el entorno.
3. El Pb supera en más de diez veces el estándar, Cd supera en veinte veces el ECA, As supera el ECA para Suelo, existe presencia de CN libre en el análisis exploratorio, cuyos valores exceden el ECA para suelos.
4. El Test ABA realizado (Relave 13063), el PNN es de 34.8 indicando que el pasivo NO genera drenaje ácido de roca.
5. La estabilidad física a condiciones estáticas presenta un valor de 1.273 indicando este valor que su estabilidad física se encuentra dentro de un valor seguro. El componente no presenta otras infraestructuras que garanticen esta estabilidad.
6. La estabilidad física a condiciones pseudo estáticas presenta un valor de 0.835 indicando un valor de riesgo pudiendo el componente colapsar ante un movimiento sísmico.
7. Para profundizar el estudio en los relaves, se tomaron muestras formando un compósito para el análisis mineralógico respectivo los mismos que arrojaron los siguientes resultados:

#### Composición Mineralógica de los Relaves

Minerales	Fórmula	% en Peso
Cuarzo	SiO <sub>2</sub>	48.940
Calcita	CaCO <sub>3</sub>	4.630
Ortoclasa	K(AlSiO <sub>3</sub> O <sub>8</sub> )	4.260
Albita	Na(AlSiO <sub>3</sub> O <sub>8</sub> )	1.530
Anortita	Ca(Al <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>8</sub> )	1.100
Pirita	FeS <sub>2</sub>	1.851
Calcopirita	CuFeS <sub>2</sub>	0.046
Esfalerita	(Zn,Fe)S	0.276
Galena	PbS	0.104
Hematita	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.860
Pirolusita	MnO <sub>2</sub>	1.180
Montmorillonita	Ca <sub>0.2</sub> (Al,Mg) <sub>2</sub> Si <sub>4</sub> O <sub>10</sub> (OH) <sub>2</sub> .4H <sub>2</sub> O	34.000
Arsenopirita	FeAsS	0.220

Fuente: UNI-FIGMM Laboratorio de Espectrometría/A.MENDOZA

8. Como se aprecia en el cuadro precedente podemos observar que la sílice o cuarzo es el material predominante. La sílice es un material ácido, pero NO origina acidez por la escasez de sulfatos y sulfuros y por la misma naturaleza del material; es totalmente inerte a bajas temperaturas.

## FICHA TÉCNICA DE LÍNEA DE BASE

Línea Base Pasivos Ambientales Mineros



**Patio de testigos**  
**PAM : 13065**  
**E : 342394**  
**N : 8720354**  
**msnm : 4312**

### Descripción:

Las instalaciones del patio de testigos cuentan con listones de madera y calaminas en techos y paredes. El piso es de concreto semi pulido de 12.5 x 8.0 m<sup>2</sup>. Los testigos están almacenados en sus cajas porta testigos respectivos.

### Parámetros Analizados

No aplica.

### Condiciones Iniciales de Investigación

1. Las instalaciones del patio de testigos cuentan con listones de madera y calaminas en techos y paredes. El piso es de concreto semi pulido de 12.5 x 8.0 m<sup>2</sup>.
2. En la entrada nos encontramos con residuos peligrosos como son latas de cianuro. También se observa residuos de madera y un montículo de un material granulado negro. En los flancos derecho e izquierdo hay presencia de residuos diversos.

<b>FICHA TÉCNICA DE LÍNEA DE BASE</b>	
Línea Base de los PAM	
	<p><b>Componentes viales</b> (caminos, helipuertos, pistas de aterrizaje, líneas férreas)</p> <p><b>PAM</b> : 13057  <b>E</b> : 342516  <b>N</b> : 8720464  <b>msnm</b> : 4326</p>
<p><b>Descripción:</b></p> <p>Se encontraron caminos de acceso vehicular donde abundan las heces de animales de la zona ya que se realizan labores de pastoreo por los alrededores.</p> <p>Con respecto a las líneas férreas, éstas están con presencia de carritos mineros en proceso de oxidación que han sido abandonados.</p>	
<p><b>Parámetros Analizados</b></p> <p>No se requería análisis.</p>	
<p><b>Condiciones Iniciales de Investigación</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. El entorno es propio de una operación minera fuera de operaciones, con labores y componentes abandonados: cancha de residuos sólidos, taller de carpintería de planta concentradora y silo, patio de chatarra 1, patio de chatarra 2, almacén general, subestación eléctrica, casa de fuerza.</li> </ol>	

<b>FICHA TÉCNICA DE LÍNEA DE BASE</b>	
Línea Base de los PAM	
	<b>Campamentos, oficinas, talleres</b> <b>PAM : 514</b> <b>E : 342186</b> <b>N : 8720123</b> <b>msnm : 4282</b>
<b>Parámetros Analizados</b> No aplica.	
<b>Condiciones Iniciales de Investigación</b> 1. Área: 570 m <sup>2</sup>	

<b>FICHA TÉCNICA DE LÍNEA DE BASE</b>	
Línea Base Pasivos Ambientales Mineros	
	<b>Campamentos, oficinas, talleres</b> <b>PAM : 9977</b> <b>E : 342174</b> <b>N : 8720158</b> <b>msnm : 4289</b>
<b>Parámetros Analizados</b> No aplica.	
<b>Condiciones Iniciales de Investigación</b> 1. Área: 1425 m <sup>2</sup>	

<b>FICHA TÉCNICA DE LÍNEA DE BASE</b>	
Línea Base Pasivos Ambientales Mineros	
	<b>Campamentos, oficinas, talleres</b>  <b>PAM : 9979</b> <b>E : 342171</b> <b>N : 8720162</b> <b>msnm : 4289</b>
<b>Parámetros Analizados</b> No aplica.	
<b>Condiciones Iniciales de Investigación</b> 1. Área: 570 m <sup>2</sup>	

<b>FICHA TÉCNICA DE LÍNEA DE BASE</b>	
Línea Base de los PAM	
	<b>Campamentos, oficinas, talleres</b>  <b>PAM : 9989</b> <b>E : 342159</b> <b>N : 8720178</b> <b>msnm : 4295</b>
<b>Parámetros Analizados</b> No aplica.	
<b>Condiciones Iniciales de Investigación</b> 1. Área: 1140 m <sup>2</sup>	

<b>FICHA TÉCNICA DE LÍNEA DE BASE</b>	
Línea Base de los PAM	
	<p><b>Campamentos, oficinas, talleres</b></p> <p><b>PAM : 9991</b></p> <p><b>E : 342189</b></p> <p><b>N : 8720109</b></p> <p><b>msnm : 4280</b></p>
<p><b>Parámetros Analizados</b></p> <p>No aplica.</p>	
<p><b>Condiciones Iniciales de Investigación</b></p> <p>1. Área: 1726.45 m<sup>2</sup></p>	

<b>FICHA TÉCNICA DE LÍNEA DE BASE</b>	
Línea Base de Pasivos Ambientales Mineros	
	<p><b>Campamentos, oficinas, talleres</b></p> <p><b>PAM : 9993</b></p> <p><b>E : 342216</b></p> <p><b>N : 8720172</b></p> <p><b>msnm : 4288</b></p>
<p><b>Parámetros Analizados</b></p> <p>No aplica.</p>	
<p><b>Condiciones Iniciales de Investigación</b></p> <p>1. Área: 2 540 m<sup>2</sup></p>	

<b>FICHA TÉCNICA DE LÍNEA DE BASE</b>	
Línea Base de los Pasivos Ambientales Mineros	
	<b>Campamentos, oficinas, talleres</b> <b>PAM : 13055</b> <b>E : 342377</b> <b>N : 8720442</b> <b>msnm : 4325</b>
<b>Parámetros Analizados</b>	
No aplica.	
<b>Condiciones Iniciales de Investigación</b>	
1. Área: 7 329 m <sup>2</sup>	

<b>FICHA TÉCNICA DE LÍNEA DE BASE</b>	
Línea Base de los PAM	
	<b>Campamentos, oficinas, talleres.</b> <b>PAM : 13062</b> <b>E : 342342</b> <b>N : 8721108</b> <b>msnm : 4 375</b>
<b>Parámetros Analizados</b>	
No se requería análisis.	
<b>Condiciones Iniciales de Investigación</b>	
1. Área: 2 653.10 m <sup>2</sup>	

### 3.2.2. Estudio Geológico

La finalidad del estudio es describir la litología donde se encuentran asentados los PAM; estudiar la mineralogía de los pasivos de mayor impacto y ubicar una cantera de

tierra natural para el posterior proceso de cierre y mantenimiento post cierre.

Se realizó la coordinación con los especialistas de geología, brindando asistencia permanente. En la toma de información geotécnicas de campo, se realizó toma de muestras de mineral para ensayos de mecánica de rocas; excavación de calicatas y muestras de suelo para ensayos mecánicos, seguido del proceso en gabinete, donde se realizó la interpretación y análisis de ensayo de rocas: parámetros de compresión triaxial, carga puntual y ensayo de suelos: corte directo, análisis granulométrico. Las principales actividades fueron:

### **3.2.2.1. Estudio Geomorfológico**

Se ha determinado que la configuración topográfica del área de análisis experimentó alteraciones debido a la actividad glacial, lo que se tradujo en la formación de múltiples valles glaciares, circos, marcas de hielo, depósitos de morrena y lagunas glaciares. La topografía y la vegetación exhiben las características típicas de las regiones de puna y janca, compuestas por amplias planicies, suaves cadenas montañosas que se alinean de manera armoniosa y ascienden hasta una altitud de 4000 metros sobre el nivel del mar.

Los valles exhiben un modelado característico de origen glacial, evidenciando rasgos notables como la presencia de valles en forma de "U," circos glaciares, superficies con marcas de hielo y lagunas glaciares. Como resultado de procesos de erosión glacial tanto antiguos como recientes, la forma transversal de los valles varía, presentando secciones en algunas áreas estrechas y en otras más amplias. En su mayoría, estos valles se encuentran revestidos de depósitos morrénicos y depósitos fluvio-glaciares. **Ver Anexo III: LB-03 - Geomorfología)**

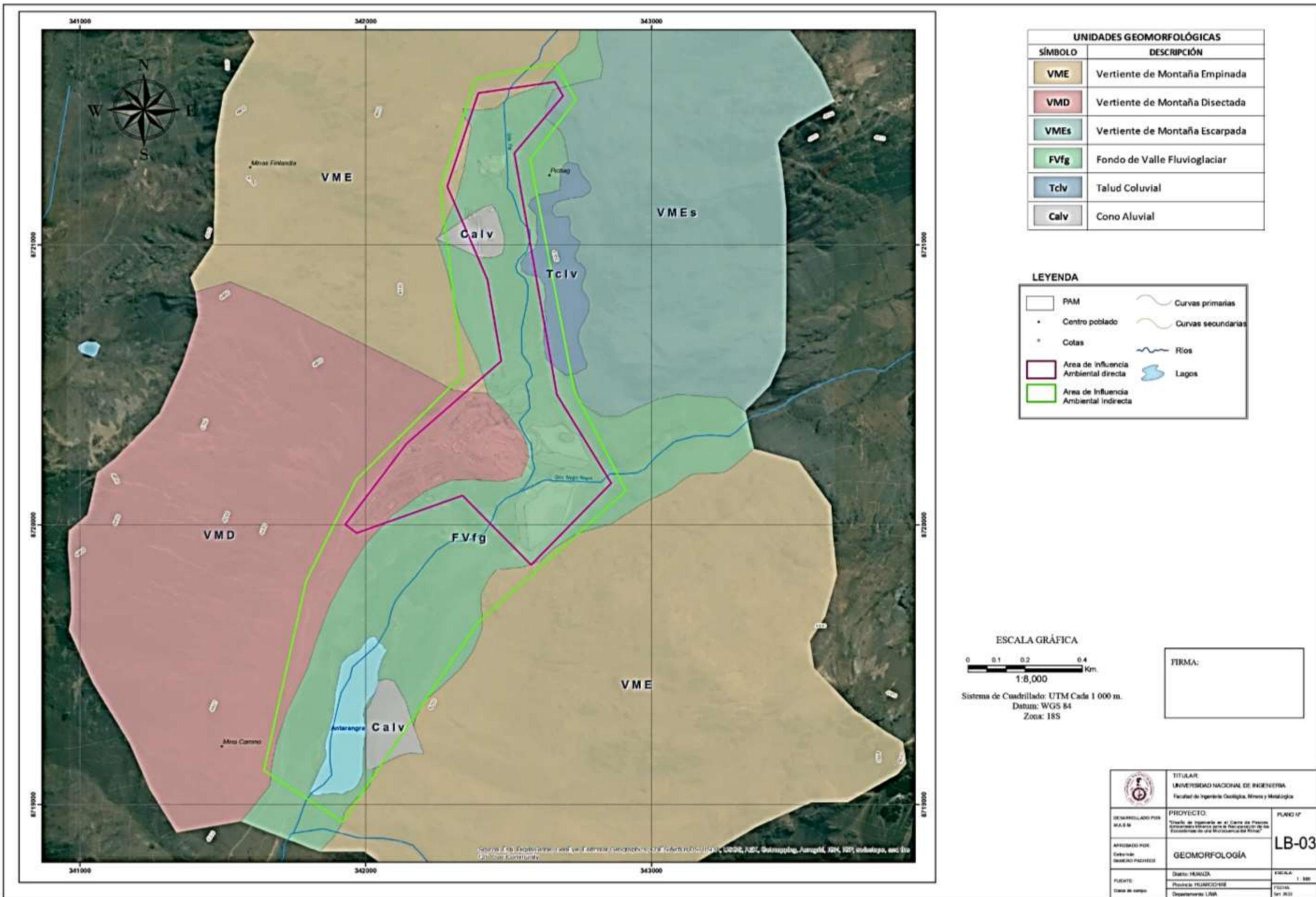


Figura 3.3 Geomorfología  
 Fuente: A.A.P.

### **3.2.2.2. Geología local**

En la región de investigación, se han identificado cuerpos intrusivos de composición andesítica, distribuidos en la franja cercana al batolito principal. Estas unidades intrusivas generan fracturas en las formaciones volcánicas más antiguas del periodo terciario.

Así mismo se identificaron depósitos morrénicos del tipo glacial y depósitos fluvio-glaciales. En el área de Venturosa-Felicidad el volcánico sobre yacen a sedimentos cretáceos del Grupo Goyllar. Las cuarcitas se encuentran en la base y las calizas en la parte superior, y muestran una fuerte deformación con una orientación predominante de N 12-20 W. Estas rocas han sido sometidas a erosión y, de manera discordante, han sido cubiertas por Las formaciones rocosas del periodo terciario incluyen una diversidad de cuerpos intrusivos, como stocks y diques, que atraviesan las capas de roca expuestas anteriormente. Estos cuerpos exhiben una gama de composiciones, desde granodiorita (como en Felicidad) y microdiorita hasta pórfidos andesíticos y andesita porfirítica. Una parte significativa de la mineralización está vinculada a estos elementos intrusivos. En la región de Colqui, los materiales volcánicos se han clasificado en unidades según su estratificación, color y nivel de intemperismo.

Así, se les denomina volcánicos Usho, Lourdes, Finlandia y Colqui. Se nota cierta favorabilidad de algunas unidades como Finlandia y Colqui Inferior a una mayor concentración de la mineralización. Entre los volcánicos Lourdes y Finlandia existe un horizonte calcáreo intercalado que sirve como guía para la identificación de las siguientes unidades:

#### **3.2.2.2.1. Estratigrafía.**

La litología que aflora en la zona que son volcánicos masivos está conformado en su conjunto de tufos, conglomerados y horizontes de andesita tufácea, está afectada por pliegues, fallas e intrusiones.

La masa rocosa intrusiva que afloran en el área estudiada, son de cuerpos emplazados en distintas épocas. En las laderas derecha de la quebrada Piti como ladera izquierda se aprecian dos afloramientos de intrusiones andesíticas.

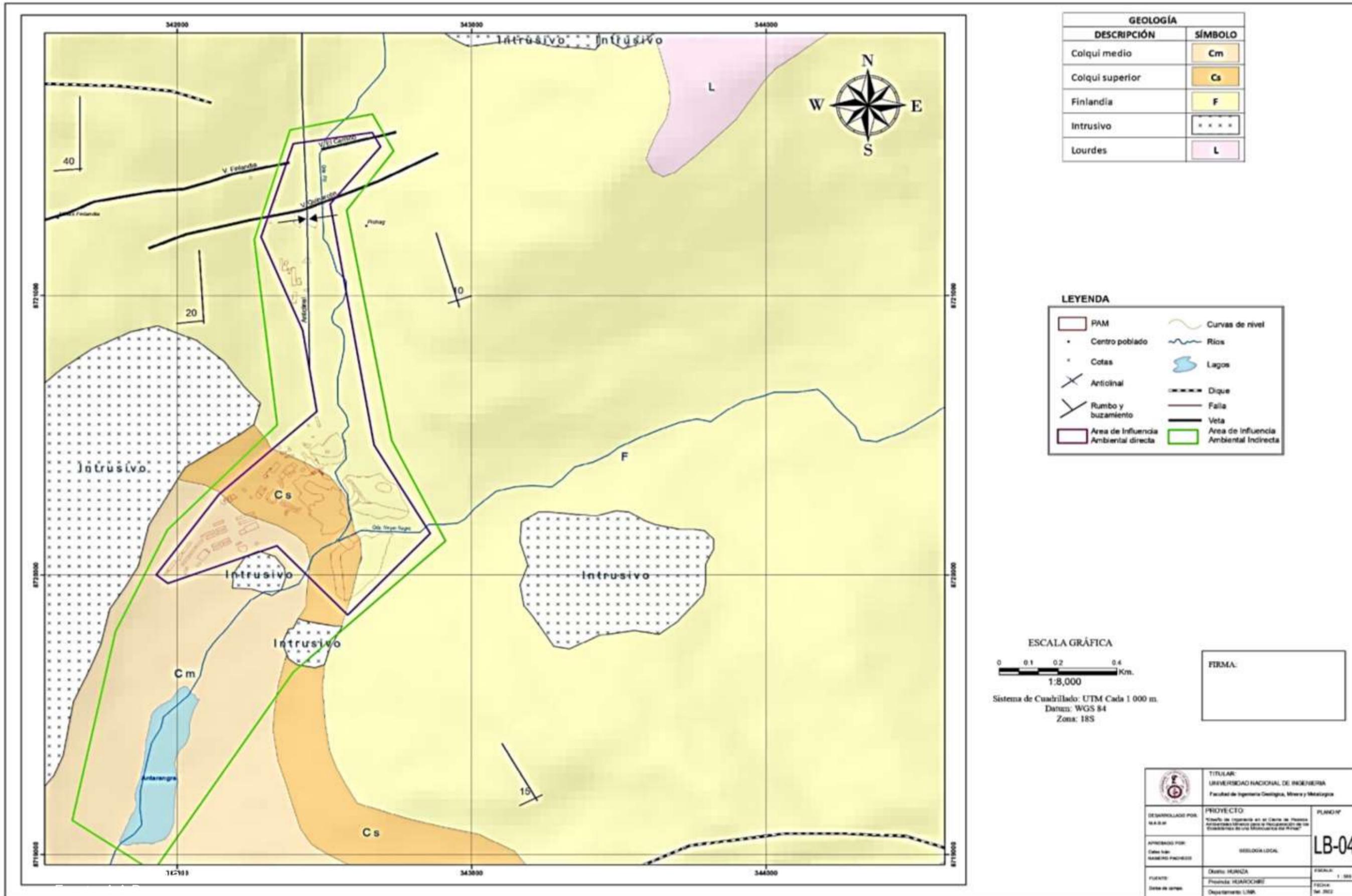


Figura 3.4 Geología Local - Anexo III-LB-04  
Fuente: A.A.P.

### 3.2.2.2. Geología Estructural

En la zona de estudio se aprecia un plegamiento consistente en anticlinales y sinclinales con espacios muy cortos y orientados en sentido SO-NE, con inclinaciones que varían de 10°, 15° y 20°. Las vetas Finlandia y Quinarcón, se ubican al Sur de la Laguna Piti. La composición mineralizada está controlada por una variedad de fallas tipo *Stock Work*. **Ver Anexo III:** Mapa LB-04 - Geología Local)

### 3.2.3. Estudio de la geodinámica externa

En el área de influencia, se verificó como parte integrante de evaluar la geodinámica externa, la precisión de fenómenos activos o actividades potenciales dentro del área afectada por los componentes donde han dejado una huella de actividad minera mediana.

Con el objetivo de vincular la actividad sísmica en la región de estudio con la tectónica regional, se presentan los epicentros identificados en la Región Central del Perú. Asimismo, se proporciona una representación gráfica que exhibe una sección transversal perpendicular a la costa, atravesando la zona de la Universidad de Minería y Metalurgia (U. M. Huampar). Los puntos de origen de los sismos se describen en función de su magnitud y profundidad focal, utilizando una clasificación general que se expone a continuación:

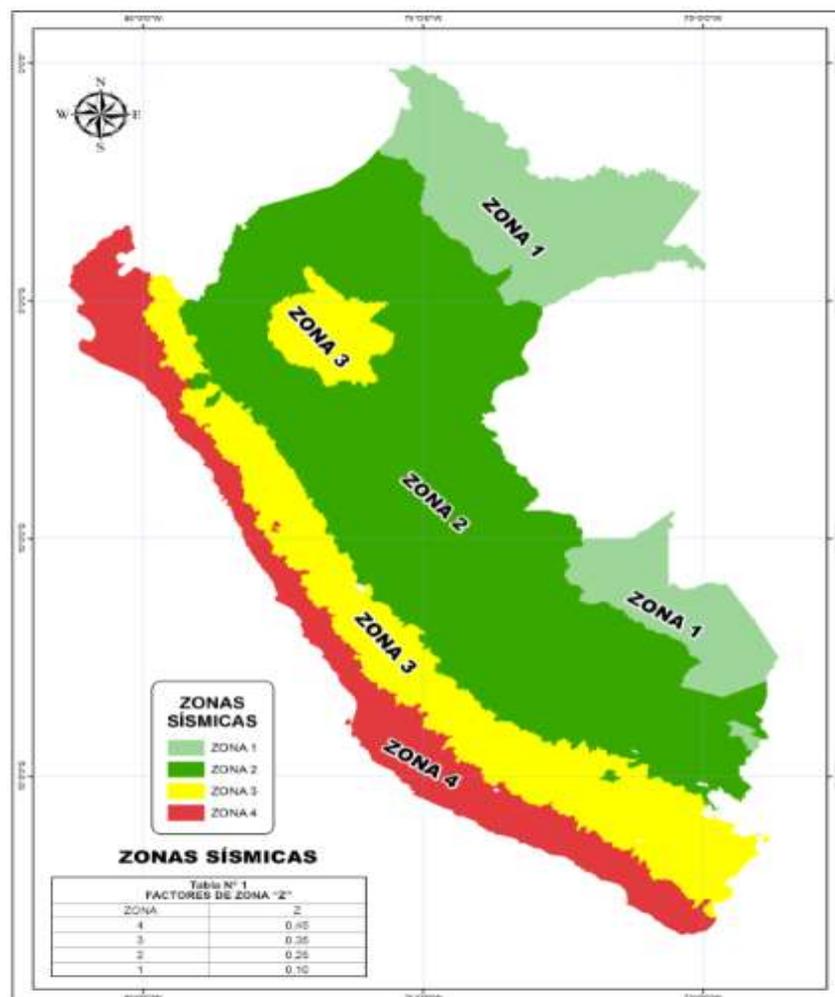
- a) Sismos superficiales (hipocentros hasta 70 km de profundidad)
- b) Sismos intermedios (hipocentros hasta 300 km de profundidad), y;
- c) Sismos profundos (hipocentros a más de 300 km de profundidad) (Pomachagua, 2000)

#### 3.2.3.1. Sismicidad del área del proyecto

Huachirí y, en términos más amplios, Lima, enfrentan un significativo riesgo sísmico debido a la intensa actividad sísmica generada por la subducción de la Placa de Nazca bajo la Placa Sudamericana. Los límites de estas placas convergen a pocos kilómetros de la costa chileno-peruana.

Zonificación sísmica. La zona de Huachirí de acuerdo a estudios de investigación sísmica realizado por la UNI-CISMID, determinó la zona de investigación como la ZONA 4 (**Ver Figura 11**); la zonificación propuesta se basa en la distribución espacial de la actividad

sísmica observada, las características generales de los movimientos sísmicos y su atenuación en relación con la distancia epicentral. También se tiene en cuenta la información neotectónica disponible. Esta zonificación abarca áreas con formaciones rocosas expuestas, así como capas de grava coluvial-aluvial en las bases de las pendientes, las cuales pueden estar al descubierto o cubiertas por una fina capa de material. Este tipo de suelo muestra un comportamiento rígido, con períodos de vibración natural que se han determinado mediante mediciones de microtrepidaciones (registros de actividad sísmica ambiental) y varían entre 0.1 y 0.3 segundos. Para evaluar el riesgo sísmico en la superficie del terreno, se considera un factor de amplificación sísmica debido al efecto local del suelo igual a 1.0 y un período natural de vibración de 0.4 segundos ( $T_s=0.4s$ ), correspondiente a un suelo de tipo 1 según las normativas de resistencia sísmica.



**Figura 3.5.** Mapa de Zonificación Sísmica  
Fuente: A.A.P.

### **3.2.3.2. Evaluación del peligro sísmico.**

Se ha realizado el análisis del riesgo sísmico en la zona de estudio utilizando datos disponibles en la literatura técnica. Esto incluye leyes de atenuación como las propuestas por Youngs et al. (1997) para suelos y rocas, la ley de atenuación del CISMID (2006) y la ley de atenuación de Sadigh (1997). Además, se ha empleado el software de cómputo CRISIS 2007, desarrollado por Ordaz et al. (1999), el cual utiliza métodos numéricos bien establecidos.

Las fuentes sísmicas consideradas en el análisis abarcan tanto sismos continentales como de subducción, y se basan en la investigación realizada por Gamarra y Aguilar (2009) en su trabajo de tesis. La evaluación del riesgo sísmico, utilizando leyes de atenuación para determinar las aceleraciones espectrales en el distrito de Huarochirí, se ha realizado tomando en cuenta la clasificación de suelos propuesta en el Código Internacional de Edificación (IBC, 2006).

Según los resultados obtenidos, la aceleración horizontal máxima para el sismo de diseño, considerando un suelo de Tipo B (roca), es de 0.33 g, haciendo referencia al basamento rocoso o suelo firme. En contraste, la aceleración horizontal máxima para el sismo de diseño, considerando un suelo firme de Tipo D y un suelo denso de Tipo C, varía en el intervalo de 0.44 g a 0.53 g. Estas aceleraciones se asocian con un período de retorno de 475 años, un periodo de exposición sísmica de 50 años y una probabilidad de excedencia del 10%. (Consultar la Figura 17 para una representación gráfica de estos resultados en el Mapa de Isoaceleraciones).

### **3.2.3.3. Riesgos más frecuentes en la zona de estudio**

#### **3.2.3.3.1. Deslizamientos.**

En la zona de los PAM existen componentes proclives a deslizarse debido a que se encuentran en las laderas de ríos y no cuentan con un plan de estabilización ya que en épocas de precipitaciones los pequeños deslizamientos son continuos.



**Figura 3.6.** Deslizamiento del relave por erosión hídrica.  
**Fuente:** Elaboración propia



**Figura 3.7.** Erosión hídrica  
**Fuente:** Elaboración propia

#### **3.2.3.3.2. Derrumbes.**

En la misma zona de influencia directa, existe una sub estación eléctrica de alta tensión a punto de colapsar ya que presentan sus bases y estructuras muy debilitadas.



**Figura 3.8.** Peligro de derrumbes en las líneas de alta tensión.

**Fuente:** Elaboración propia

### 3.2.3.3.3. Desprendimiento de rocas.

Se presentan en las zonas elevadas donde se ubican los PAM, con formas genéticas y de activación diferente, que está en función del grado de fracturamiento, de la litología, inclinación del terreno, clima, entre otros.



**Figura 3.9.** Desprendimientos de rocas.

**Fuente:** Elaboración propia

#### 3.2.3.3.4. Huaycos.

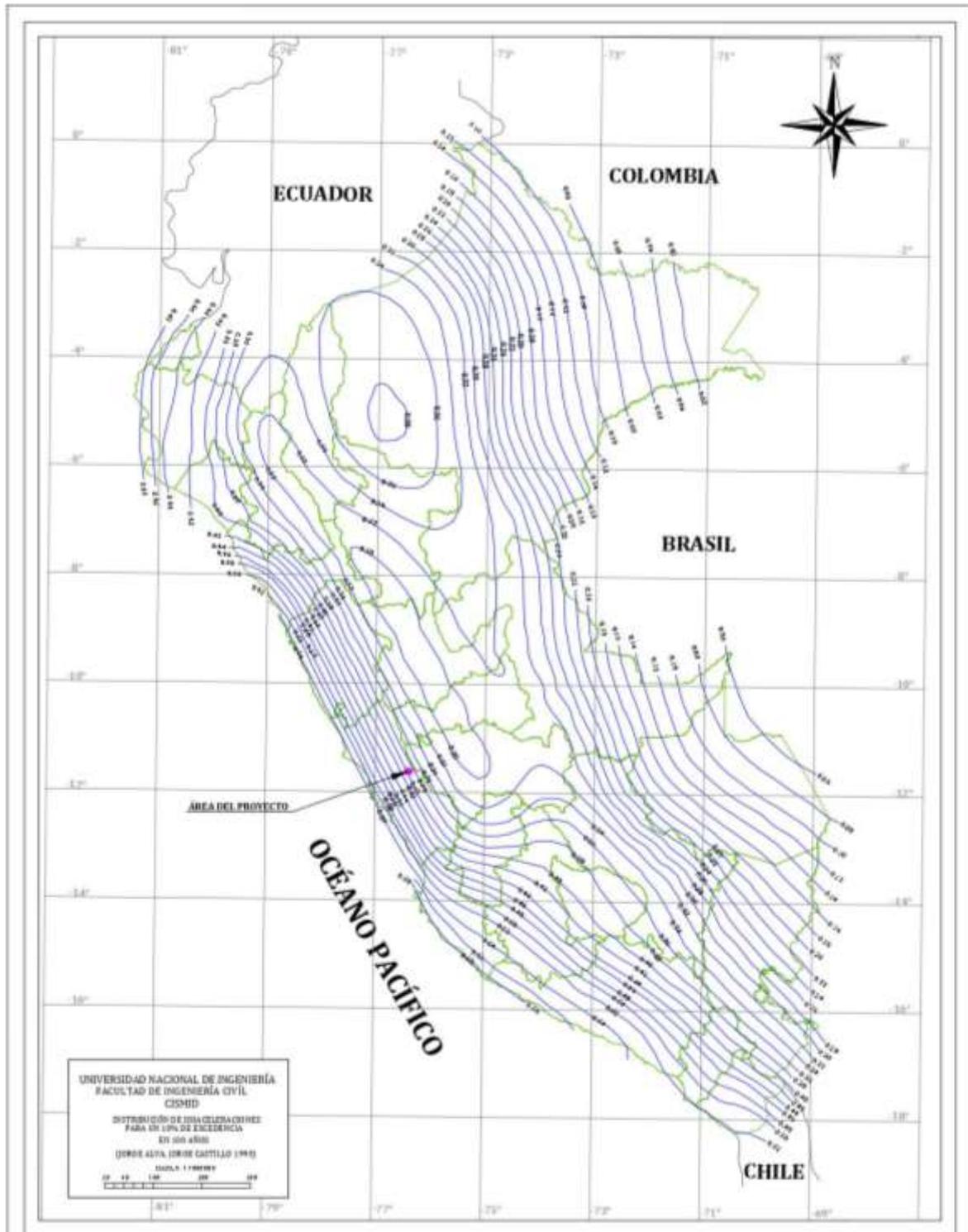
Estos fenómenos no solo son de la zona, generan otras situaciones de riesgo para la localidad como acumulaciones temporales, escorrentías caudalosas y destrucción de riberas.

Las situaciones climáticas que influyen en los fenómenos hídricos como son los huaycos en las quebradas Piti y Negro Negro son lluvias abundantes de la época, enormes masas de rocas sueltas en corrientes y lechos de la quebrada, aridez del lugar y las inclinadas pendientes tanto de las quebradas como de los terrenos.



**Figura 3.10.** Derrumbes frecuentes en las épocas de lluvia

**Fuente:** Elaboración propia



**Figura 3.11.** Mapa de isoaceleraciones; Universidad Nacional de Ingeniería – CISMID  
Fuente: Universidad Nacional de Ingeniería - CISMID

#### 3.2.3.4. Trayectoria sísmica del área de influencia

Con base en la recopilación de los eventos sísmicos más relevantes que han tenido lugar en el territorio peruano desde 1513, como documentó Silgado (1969, 1973, 1978 y 1992), Alva et al. (1984) desarrollaron el Mapa de Distribución de las Máximas Intensidades Sísmicas Observadas en el Perú, estimadas a través de la escala Mercalli Modificada.

En esta ocasión, se presenta una breve descripción de los sismos que han impactado la región cercana a Huampar, considerados de relevancia. Esta relación se basa en las investigaciones de Silgado y en los datos proporcionados por el Proyecto SISRA (Sismicidad de la Región Andina), respaldado por el Centro Regional de Sismología para América del Sur (CERESIS).

Tras examinar la información disponible, se concluye que en la zona andina, que comprende el área de influencia del proyecto, hay una escasez de registros históricos de actividad sísmica. La mayoría de los datos se centran en sismos que ocurrieron principalmente a lo largo de la costa central y norte del país, posiblemente porque estas regiones albergaron las ciudades más importantes a partir del siglo XVI. Es importante destacar que esta información sísmica, según se informa, no abarca de manera exhaustiva, ya que podrían haber ocurrido sismos significativos en áreas remotas que no fueron debidamente registrados. Por lo tanto, se incluyen sismos reportados en la ciudad de Lima y otras ubicadas en la zona central del país, cuyos efectos se sintieron en áreas distantes con intensidades relativamente altas. A continuación, los sismos que se suscitaron en la región:

- El evento sísmico del 9 de julio de 1586, con intensidades de IX MMI en Lima y VI MMI en Ica.
- El evento sísmico del 20 de octubre de 1687, con intensidades de IX MMI en Cañete, VIII MMI en Ica y VII MMI en Lima.
- El evento sísmico del 6 de enero de 1725, con intensidades de VIII MMI en Huará y Barranca, VI MMI en Trujillo y Lima.

- El evento sísmico del 28 de octubre de 1746 con intensidad de X MMI en Chancay y Huaura, IX-X MMI en Lima y VIII en la Cordillera Negra.
- El evento sísmico del 30 de marzo de 1828, con intensidad de VII MMI en Lima.
- El evento sísmico del 13 de agosto de 1868, con intensidad de X MMI en Arequipa, IX en Ilo y Arica, VII en Ica, IV en Lima y III en Cerro de Pasco.
- El evento sísmico del 24 de julio de 1912, con intensidad de X en Piura, VII MMI en Cajamarca y Chiclayo, VI en Trujillo, V en Huaraz.
- El evento sísmico del 2 de julio de 1938, con intensidad de VII MMI en Tarma, V MMI en Huancayo, Jauja y La Merced.
- El evento sísmico del 24 de mayo de 1940 con intensidad de VIII MMI en Lima, sentido desde Guayaquil en el norte (III MMI) hasta Arica en el Sur (III MMI).
- El evento sísmico del 24 de agosto de 1942 con intensidad de IX MMI en Nazca y Acarí, VIII MMI en Caravelí y Chala, VII MMI en Ica y Coracora y IV en Huacho y Cajatambo.
- El evento sísmico del 10 de noviembre de 1946, con intensidad de X MMI en Mayas y San Miguel, VIII en Quiches y Conchucos y V en Chimbote y Trujillo.
- El evento sísmico del 1 de noviembre de 1947, con intensidades de X MMI en Satipo, V MMI en Ayacucho y Huancavelica.
- El evento sísmico del 28 de mayo de 1948, con intensidad de VII en Cañete, IV en Lima y III en Huacho y Canta.
- El evento sísmico del 10 de diciembre de 1950, con intensidad de VIII MMI en Ica, V en Nazca y Pisco y IV en Lima.
- El evento sísmico del 17 de octubre de 1966, con intensidad de VIII MMI en Huacho y VII MMI en Lima.
- El evento sísmico del 23 de julio y 1 de octubre de 1969, con intensidad XI MMI en Huaytapallana.

- El evento sísmico del 31 de mayo de 1970, con intensidad de IX MMI en Casma y Chimbote, VIII en el Callejón de Huaylas y VII en Trujillo, Moche y Paramonga.
- El evento sísmico del 03 de octubre de 1974, con intensidad de VIII MMI en Lima y VII MMI en Cañete.
- El evento sísmico del 18 de abril de 1993, con intensidad de VI MMI en Lima y V MMI en Cañete y Chimbote.
- El evento sísmico del 12 de noviembre de 1996 a las 16:59 horas ocurrió un sismo de magnitud 7.7Mw que afectó principalmente a la localidad de Nazca, Departamento de Ica. Intensidades máximas de VII (MMI) en las localidades de Nazca, Palpa, Ica, Acari y Llauca.
- El sismo ocurrido el 23 de junio de 2001, fue percibido en el centro y sur del Perú, así como en el norte de Chile, con una magnitud de 8.4 Mw. Las intensidades máximas registradas fueron de VII y VIII (escala de Mercalli modificada) en una zona que abarcó localidades como Ocoña, Camaná, Mollendo, Chala, Caravelí, Arequipa, Moquegua y Tacna. Este terremoto generó un tsunami que impactó la localidad de Camaná con olas de 4 a 7 metros de altura, llegando a penetrar más de un kilómetro tierra adentro y provocando pérdidas humanas y daños materiales. Un informe del movimiento sísmico capturado en la Estación Vizcarra (MOQ 1) de la Red Acelerográfica del CISMID, situada a 90 km de la costa y a 60 km del plano de ruptura, registró valores máximos de aceleración de 0.30g en la componente EW y 0.22 g en la componente NS.
- En la fecha del 15 de agosto de 2007, tuvo lugar un sismo con su origen en la zona de convergencia de placas, conocido como "el sismo de Pisco" debido a que su epicentro se encontraba a 60 km al oeste de la ciudad de Pisco. Según el Instituto Geofísico del Perú, este evento sísmico tuvo una magnitud de momento sísmico  $M_w=7.9$ , mientras que el National Earthquake Center (NEIC) reportó una magnitud de 8.0. El sismo causó daños significativos en un gran porcentaje de

viviendas en la ciudad de Pisco (aproximadamente el 80%) y menores en localidades cercanas. Las evaluaciones de intensidad situaron el evento en torno al nivel VII en la escala de Mercalli Modificada (MM) en Pisco, Chincha y Cañete, V y VI en la ciudad de Lima, VI en Yauyos (Lima), Huaytará (Huancavelica), IV en Huaraz y en localidades como Canta, Puquio y Chala. Este sismo generó un tsunami que se originó frente a las localidades al sur de la península de Paracas y ocasionó licuación generalizada en una extensión de más de 3 km de longitud por 1.0 km de ancho en las áreas de Canchamaná y Tambo de Mora en Chincha.

#### **3.2.4. Estudio hidrológico**

Tiene como objetivo principal inventariar y caracterizar los efluentes de mina y los cuerpos naturales de agua que interactúan con los PAM para evaluar el impacto que se podría estar generando en la microcuenca del Rímac.

##### **3.2.4.1. Cuenca del río Rímac**

Tiene como objetivo principal inventariar y caracterizar los efluentes de mina y los cuerpos naturales de agua que interactúan con los PAM para evaluar el impacto que se podría estar generando en la microcuenca del Rímac.

La cuenca hidrográfica del río Rímac está situada en el departamento de Lima y en una porción menor del departamento de Junín, abarcando las provincias de Lima, Huarochirí y Yauli. De acuerdo con la información de la Autoridad Nacional del Agua-ANA-2010, la extensión total de la cuenca del río Rímac es de 3,503.95 km<sup>2</sup>, y se compone de nueve unidades hidrográficas de nivel 5:

- Subcuenca Bajo Río Rímac
- Quebrada Jicamarca
- Jicamarca-Santa Eulalia
- Río Santa Eulalia
- Santa Eulalia-Párac
- Quebrada Párac,

- Párac-Alto Río Rímac
- Alto Río Rímac
- Río Blanco
- Río Conay

La microcuenca del río Santa Eulalia está situada entre los distritos de Santa Eulalia, Cayahuanca, San Pedro de Casta, Chicla, San Lorenzo de Huachupampa, San Juan de Iris, Laraos, Carampoma y Huanza. Su extensión es de 1077.4 km<sup>2</sup>, representando el 31% del área total de la cuenca del río Rímac, y tiene un cauce principal con una longitud de 62.4 km. Desde la perspectiva hidrográfica, constituye uno de los principales sistemas de drenaje en la cuenca del río Rímac, según datos de la Autoridad Nacional del Agua (ANA) de 2010.

#### **3.2.4.2. Microcuenca del río Conay**

Geográficamente los PAM de la ex unidad minera Huampar, se ubican en la microcuenca del río Conay.

El río Conay nace de la confluencia del río Piti y el río Negro Negro, y fluye en dirección de Noreste a Suroeste, cuenta con otros tributarios menores como el río Carao que es de menores dimensiones. La extensión de la microcuenca es de 4891.27 Ha, con una longitud total de cauce de 7.67 Km. Su recorrido va desde los 4265 m.s.n.m. hasta los 3885 m.s.n.m., finalmente desemboca en la confluencia con el río Colque formando el río Matucana. Ver

**Anexo III:** Mapa LB-05 Hidrografía

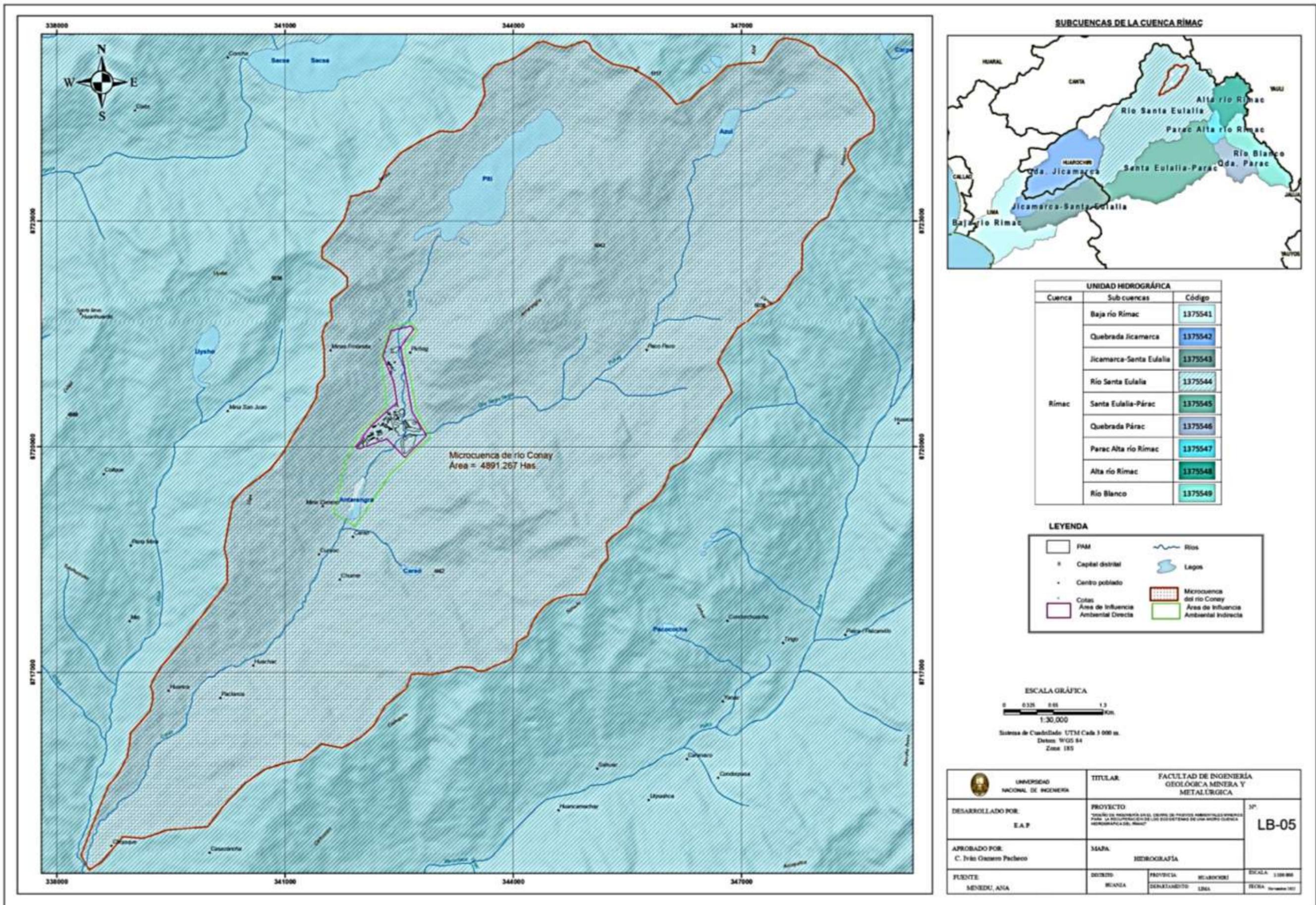


Figura 3.12. Hidrografía de la cuenca del río Rímac  
Fuente: Elaboración propia

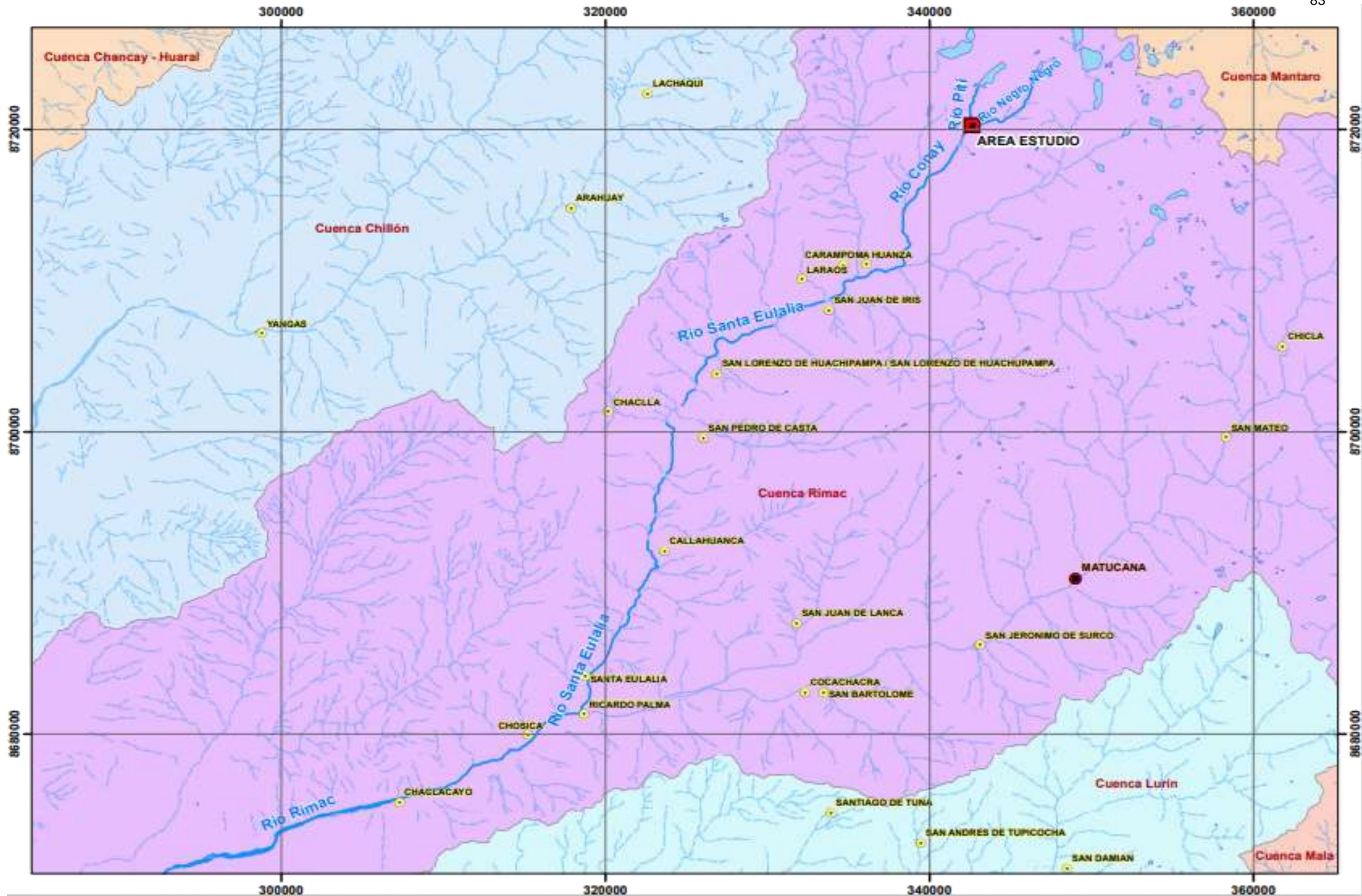


Figura 3.13 Microcuencas del rio Rímac  
Fuente: Elaboración propia

### 3.2.4.3. Hidrometeorología

Los datos hidrometeorológicos utilizados en el estudio corresponden a la cuenca mencionada y provienen de las instituciones EDEGEL y SENAMHI-Lima. EDEGEL mantiene las estaciones instaladas por las empresas eléctricas asociadas, mientras que SENAMHI cuenta con estaciones propias hasta el momento.

#### 3.2.4.3.1. Hidrométrica

Dada su importancia estratégica, diversas entidades han instalado estaciones de aforo en esta cuenca. Inicialmente, se contaba con 20 estaciones, pero actualmente solo quedan cuatro: Túnel Trasandino, Sheque, Tamboraque y Chosica. Estas estaciones están estratégicamente ubicadas para medir los caudales en puntos clave de la cuenca, evaluando tanto sus propios rendimientos como los trasvases. Cabe destacar que aún se conservan las estructuras de las estaciones San Mateo y Blanco, localizadas en los ríos del mismo nombre.

#### 3.2.4.3.2. Meteorología

Se recopiló información de la estación meteorológica más cercana al área de estudio. La información recopilada de la estación Tingo, detalla en el ítem de Clima y Meteorología.

##### **A. Precipitación.**

Se trata de un factor hidrológico fundamental que constituye la entrada natural de agua en el equilibrio hídrico de los ecosistemas agrarios y las cuencas hidrográficas. Los datos pluviométricos en la cuenca son recopilados a partir de registros de estaciones meteorológicas, siendo que dos de estas estaciones están asociadas a cuencas colindantes, específicamente Carampoma y Colqui.

**Tabla 3.4.** Precipitación total mensual (mm H<sub>2</sub>O) – Promedio multimensual Estaciones de la cuenca del río Rímac y cuencas vecinas.

Estación	Altitud (msnm)	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total Anual
Carampoma	3489	83.7	95.1	90.8	30	3.2	0.3	1	1.4	6.7	20	26	52	410.4
MinaColqui	4600	122	148	157	60	12.5	4	3	11	26	48	51	84	726.4

**Nota:** Estación meteorológica del SENAMHI

**Fuente:** Elaboración propia

### **B. Temperatura.**

Se llevó a cabo un análisis de la frecuencia y distribución de los valores de temperaturas promedio, máximas y mínimas con base en la información recopilada.

Las temperaturas medias en algunas estaciones fueron estimadas mediante un análisis de regresión lineal de datos de las estaciones con registros existentes, relacionándolo con la altitud de cada estación respectiva.

**Tabla 3.5.** Temperatura media anual (°C) Estaciones meteorológicas de la cuenca Rímac.

Estación	Altitud (msnm)	Prom. Anual
Mina Colqui	4600	13.9
Milloc	4398	14.1

**Nota:** Estación meteorológica del SENAMHI

**Fuente:** Elaboración propia

#### **3.2.4.4. Registro de cuerpos de agua y efluentes mineros**

El mapeo de las fuentes de agua se centra en la cuenca de la quebrada Piti. Los objetivos establecidos en esta investigación buscan identificar el origen de las fuentes de agua presentes en la zona, con el fin de construir una base de datos que contenga información esencial, como nombre, ubicación, tipo de fuente de agua, caudales, volúmenes, tipos de uso, entre otros. Esta base de datos se utilizará posteriormente en la planificación, implementación de programas y diseño de proyectos.

##### **3.2.4.4.1. Inventario de manantiales**

Se encontraron seis fuentes de agua en la cuenca inferior y cinco fuentes de agua en la cuenca superior, en total once fuentes de muestreo para aguas subterráneas.

El monitoreo de manantiales se realizó considerando su estado de permanencia, de este modo se establecieron hitos de medición en la cuenca superior e hitos de medición en la cuenca inferior. En la tabla siguiente, se presentan las estaciones de monitoreo de calidad de agua subterránea de manantiales. **Ver Anexo III:** Mapa LB-05 Manantiales).

**Tabla 3.6** Puntos de monitoreo de manantiales

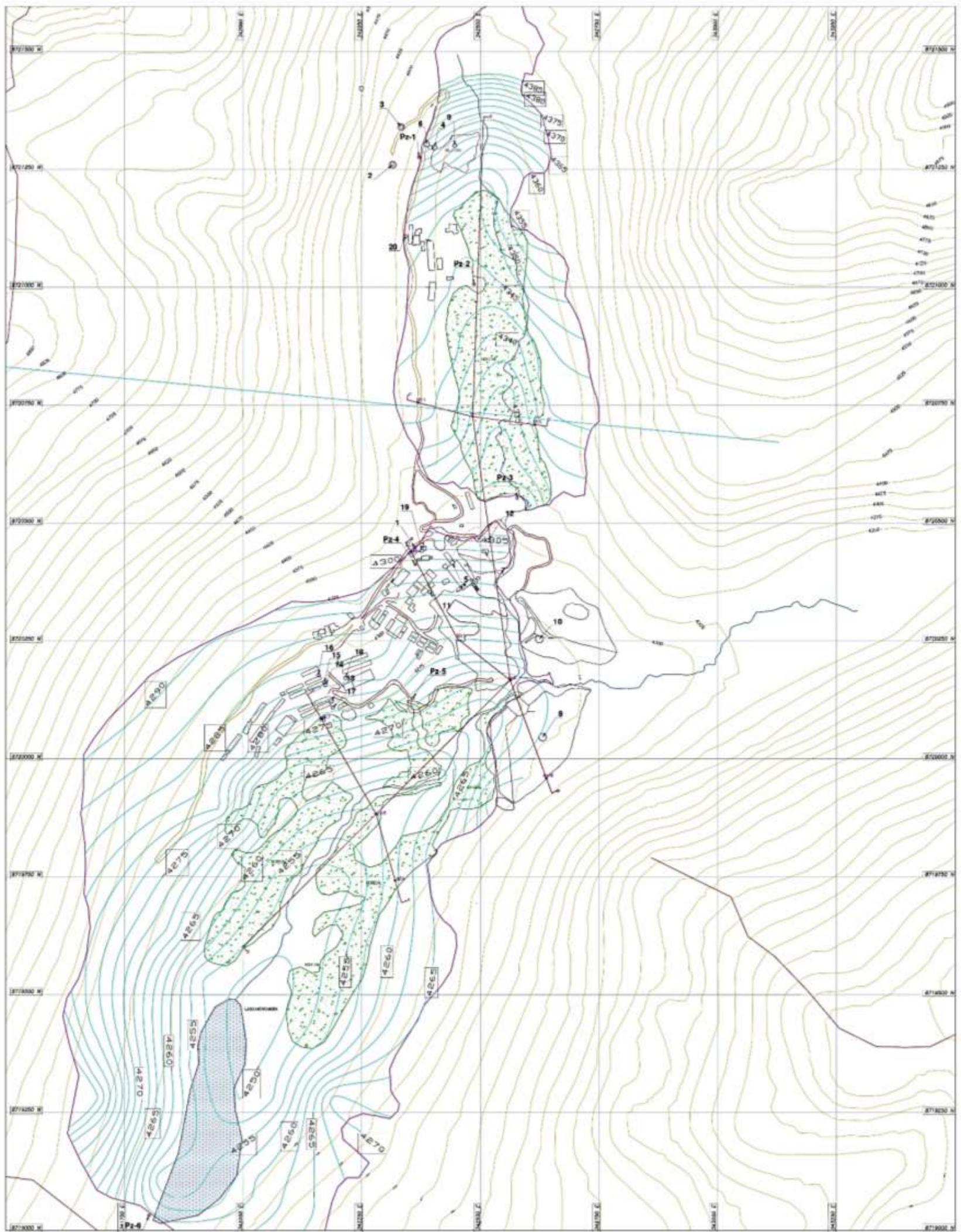
Estación	Coordenadas UTM		Altitud msnm
	WGS-84 Este	Norte	
MA-1	342604	8719940	4271
MA-1A	341954	8719895	4280
MA-3	342008	8720004	4280
M4-4	342166	8720093	4277
MA-5	342125	8720066	4276
MA-6	342086	8720025	4272
MA-21	342435	8721139	4344
MA-22	342534	8721185	4361
MA-23	342584	8721169	4363
MA-24	342473	8721078	4350
MA-25	342465	8721039	4359

**Fuente:** Datos de campo elaboración Hidrólogo Mp

#### **3.2.4.4.2. Bofedales**

Esta unidad geomorfológica se encuentra en la zona de estudio y está ubicada en las quebradas principales y secundarias. Se caracteriza por tener terrenos relativamente planos compuestos por materiales completamente saturados. Los sedimentos en los bofedales consisten principalmente en suelos orgánicos saturados, arcillas muy blandas con arenas limosas sueltas y saturadas. Estos bofedales son superficiales y tienen un espesor estimado que varía entre 0,50 m y 1,0 m. La morfología de los bofedales se formó debido a la acción del hielo glaciario.

La baja capacidad de los materiales de las quebradas para dejar pasar el agua y la poca inclinación de los bofedales permitieron que el agua se acumulara en la superficie, lo que resultó en la deposición de materiales finos y el crecimiento de vegetación. En esta unidad geomorfológica no se observan señales de deslizamientos ni desplazamientos de materiales. Hay dos áreas con la presencia de bofedales, una en la cuenca alta y otra en la cuenca baja. Mapa LB-06 Hidrogeología.



LEYENDA	
ACCESO EXISTENTE	
DETO. DE CONTROL. OPE	
CONSTRUCCION EXISTENTE Y EN ABANDONO	
CURVA TOPOGRAFICA PRINCIPAL	
SECCION HIDROGEOLOGICA	
CURVA HIBRIDO-IPSSE	
BOFEDA	
LAGO	
PRECIPITE PERFECTA	
BOCAYUNA	

TITULAR: UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica		N°:  <b>LB-06</b>
ELABORADO POR: [M. PASTRANA D.]	[Diseño de Ingeniería en el Cierre de Pasivos Ambientales Mineros para la Recuperación de los Ecosistemas de una Microcuenca Hidrográfica del Rimac]	
REVISADO POR: [M. CASTRO]		
APROBADO POR: [C. IÓN GAMERO P.]	PLANO: [PLANO HIDROGEOLOGICO]	
[MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS]	DISTRITO: [HUANZA] PROVINCIA: [HUARACHIRI] DEPARTAMENTO: [LIMA]	ESCALA: [1/4000] FECHA: [Set. 2022]

Figura 3.14. Bofedales  
Fuente: Elaboración propia

#### **3.2.4.4.3. Depósitos Aluviales**

Se trata de depósitos aluviales vinculados a los conos de deyección del río Piti y a las diversas quebradas que bajan de las laderas. Los descubrimientos realizados en el terreno a lo largo de la zona de estudio han posibilitado la identificación de tres fases de depósito seguidas de la erosión subsiguiente de los sedimentos. Esto ha permitido distinguir dos niveles antiguos:

- a) Primera terraza: Lecho actual del río
- b) Segunda terraza: Faja marginal del río

#### **3.2.4.4.4. Depósitos coluviales**

Estas son las zonas que circundan las formaciones rocosas y, como resultado, han sido receptoras de los materiales desprendidos de las elevaciones debido a los procesos de intemperismo. Desde el punto de vista litológico, se compone de fragmentos angulosos junto con sedimentos arcillosos. Aunque esta unidad exhibe una permeabilidad y porosidad aceptables, la recarga hídrica es limitada.

#### **3.2.4.4.5. Depósitos fluvioglaciares**

Se trata de depósitos de edad moderada que se distinguen por su composición, consistente en una mezcla mal clasificada de fragmentos de roca de diversas dimensiones y formas, con una matriz que incluye arenas, limos y arcillas. Estos depósitos, mayormente compactos y de espesores variables, exhiben un color mayoritariamente grisáceo marrón. Se localizan en la parte baja de la cuenca, cerca de la quebrada Piti.

#### **3.2.4.5. Aforos**

En la intervención de campo se realizaron actividades de aforo en los cursos de agua correspondientes al área de influencia de la cuenca Piti, quebradas y efluentes mineros. Para el caso de los riachuelos, se procedió a medir antes de la unión y debajo de la unión. El caudal se con el método área de la sección – velocidad: en este método se utiliza la ecuación de continuidad.

**Tabla 3.7.** Caudales en efluentes de bocaminas

Estación	Coordenadas UTM		Ubicación	Caudal Q (L/seg)
	WGS-84			
	Este	Norte		
E-1	342350	8720449	Bocamina 13053	123.0
E-2	342672	8721563	Bocamina parte superior del polvorín	0.15

Fuente: Inspección de campo - ciGP

**Tabla 3.8.** Caudales y Medición de parámetros de campo en las Quebradas

Estación	pH Un	T °C	CE uS/cm	OD mg/L	Q L/Seg	E m	N m	msnm
R. Conay	7.88	15.2	966.7	4.60	4036.1	342540	8720127	4272
R. Negro Negro	7.91	15.1	970.0	4.67	3075.8	342595	8720172	4269
R. Piti	8.02	14.7	833.3	3.67	960.3	342576	8720170	4273

Fuente: Inspección de campo

### 3.2.4.6. Resultados fisicoquímicos

#### 3.2.4.6.1. Puntos de monitoreo de las aguas superficiales

Dentro del programa de monitoreo a fin de evaluar la calidad del agua superficial en el área donde se emplazan los pasivos ambientales, se establecieron 04 puntos de monitoreo. En el siguiente cuadro, se muestra la ubicación de los puntos de monitoreo de calidad de agua superficial.

**Tabla 3.9.** Puntos de monitoreo de agua superficial

Estación	Coordenadas UTM		Ubicación
	WGS-84		
	Este	Norte	
P-1	342704.12	8721962	Río Píti: Aguas arriba (blanco)
P-2	342551.83	8720501	Río Piti: Aguas abajo
P-3	342858.28	8720177.7	Río Negro Negro aguas arriba de las relaveras
P-4	342489.33	8720090	Río Conay, aguas abajo de las relaveras

Fuente: Inspección de campo

### 3.2.4.6.2. Resultados Químicos de Efluentes – Agua de Bocaminas

En el marco del D.S. 010-2010-MINAM se aprecian los siguientes resultados de las bocaminas E-1 y E-2:

**Tabla 3.10.** Resultados del monitoreo de efluentes – Agua de Bocaminas

Parámetros	Unidad	Estaciones de monitoreos		D.S. N° 010-2010-MINAM-LMP *
		Resultados		
		E-1 (13053)	E-2 (Min)	
Aceites y Grasas (HEM)	mg/L	<0.5	<0.5	20
Cianuro Total	mg/L	<0.005	<0.005	1
Cromo Hexavalante (VI)	mg/L	<0.007	<0.007	0.1
**pH	Unid. pH	7.4	6.9	6.0-9.0
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	5.33	7.18	50
Arsénico (As)	mg/L	0.02	0.034	0.1
Cadmio (Cd)	mg/L	<0.0004	0.0012	0.05
Cobre (Cu)	mg/L	0.0005	0.0011	0.5
Hierro (Fe)	mg/L	2.043	3.39	2
Mercurio (Hg)	mg/L	<0.001	<0.001	0.002
Plomo (Pb)	mg/L	<0.0004	<0.0004	0.2
Zinc (Zn)	mg/L	3.897	4.335	1.5
Hierro (Fe) Disuelto	mg/L	1.981	3.382	2

Fuente: Laboratorio SAG - Informe de Ensayo N°10317-2016

Según los datos mostrados, los parámetros obtenidos en el muestreo de efluentes se encuentran dentro de los valores establecidos en los Límites Máximos Permisibles del “D.S. N°010-2010-MINAM”, a excepción de los siguientes parámetros:

#### E-1:

- El elemento fierro (Fe) supera los LMP.
- El elemento zinc (Zn) total supera en 2.6 veces los LMP

#### E-2:

- Fe Tot: Supera en 1.7 veces los LMP del D.S. N° 010-2010-MINAM
- Fe Dis: Supera en 1.6 veces los LMP del D.S. N° 010-2010-MINAM
- Zn Tot: Supera en 2.9 veces los LMP.

### 3.2.4.6.3. Resultados Químicos de las Aguas superficiales

Se presentan los resultados obtenidos comparado con los ECA Agua **D.S.015-2015-MINAM**, Modifican los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua y establecen disposiciones complementarias para su aplicación.

**Tabla 3.11.** Resultados de los Puntos de Monitoreo de Agua Superficial

Métodos	Unidad	ESTACIONES DE MONITOREO Resultados				ECA de Agua (D.S.015-2015-MINAM)		
		P-1	P-2	P-3	P-4	Categoría 3: Riego- Vegetales de Tallos Bajo y Tallos Alto	Categoría 3: Bebida de Animales	Categoría 4: E2: Ríos (Costa y Sierra)
<b>FÍSICO - QUÍMICOS</b>								
Aceites y Grasas (HEM)	mg/L	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	5	10	5
Cianuro Total	mg/L	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	0.1	0.1	0.0052
Cloruros	Cl mg/L	<2.00	<2.00	<2.00	<2.00	500	**	-
Conductividad	uS/c,	228	238	306	292	2500	5000	1000
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	<2.00	<2.00	<2.00	<2.00	15	15	10
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	<10.0	<10.0	<10.0	<10.0	40	40	-
pH	Unid. pH	7.8	7.9	6.5	7.1	6.5-8.5	6.5-8.4	6.5-9
Oxígeno Disuelto (OD)	O2 mg/L	5.73	7.16	5.24	6.67	4	5	>=5
Sólidos Disueltos Totales (TDS)	mg/L	<b>169</b>	<b>177</b>	<b>224</b>	217	-	-	<=100
Hidrocarburos Totales	mg/L	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	-	-	0.5
Nitratos	NO3- - N mg/L	<0.030	0.122	0.153	0.068	-	-	13
Nitritos	NO2- - N mg/L	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	10	10	-
Nitrógeno Amoniacal / NH3	NH3+-N mg/L	0.042	<0.020	<0.020	<0.020	-	-	1.9
Sulfatos	SO4= mg/L	87.47	76.09	136.56	129.11	1000	1000	-
Turbiedad	NTU	<0.7	<0.7	3.5	3.7	-	-	-
<b>MICROBIOLÓGICO Y PARASITOLÓGICOS</b>								
Numeración de Coliformes Fecales (1)	NMP/100mL	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	1000	1000	2000
Numeración de Coliformes Totales	NMP/100mL	13	110	22	33	1000	5000	-
<b>*BTEX</b>								
Benceno	ug/L	N/D	N/D	N/D	N/D	-	-	0.05
<b>PESTICIDAS ORGANOCORADOS</b>								
Lindano	mg/L	<0.00007	<0.00007	<0.00007	<0.00007	4	4	0.00095
Heptacloro	mg/L	<0.000004	<0.000004	<0.000004	<0.000004	-	-	0.0000038
Aldrin	mg/L	<0.000002	<0.000002	<0.000002	<0.000002	0.004	0.7	0.000004
Heptacloro epóxido	mg/L	<0.000003	<0.000003	<0.000003	<0.000003	-	-	0.0000038
Endosulfan I	mg/L	<0.000004	<0.000004	<0.000004	<0.000004	-	-	0.000056
Dieldrin	mg/L	<0.000001	<0.000001	<0.000001	<0.000001	0.5	0.5	0.000056

Métodos	Unidad	ESTACIONES DE MONITOREO Resultados				ECA de Agua (D.S.015-2015-MINAM)		
		P-1	P-2	P-3	P-4	Categoría 3: Riego- Vegetales de Tallos Bajo y Tallos Alto	Categoría 3: Bebida de Animales	Categoría 4: E2: Ríos (Costa y Sierra)
Endrin	mg/L	<0.000002	<0.000002	<0.000002	<0.000002	0.004	0.2	0.000036
DDT-p,p	mg/L	<0.0000005	<0.0000005	<0.0000005	<0.0000005	0.001	30	0.000001
<b>PESTICIDAS ORGANOFOSFORADO</b>								
Malation	mg/L	<0.000002	<0.000002	<0.000002	<0.000002	-	-	0.0001
Parathión	mg/L	<0.00007	<0.00007	<0.00007	<0.00007	0.035	0.035	**
<b>INORGÁNICOS</b>								
Plata (Ag)	mg/L	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	-	-	-
Aluminio (Al)	mg/L	0.01	<0.01	1.38	1.05	5	5	-
Arsénico (As)	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.1	0.2	0.15
Boro (B)	mg/L	0.042	0.048	0.016	0.023	1	5	-
Bario (Ba)	mg/L	0.006	0.01	0.005	0.006	0.7	**	0.7
Berilio (Be)	mg/L	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	0.1	0.1	-
Cadmio (Cd)	mg/L	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004	0.01	0.05	0.00025
Cerio (Ce)	mg/L	<0.002	<0.002	<0.002	0.002	-	-	-
Cobalto (Co)	mg/L	<0.0003	<0.0003	0.0008	<0.0003	0.05	1	-
Cromo (Cr)	mg/L	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	0.1	1	0.011
Cobre (Cu)	mg/L	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004	-	-	0.1
Hierro (Fe)	mg/L	0.096	0.156	0.614	0.483	5	**	-
Mercurio (Hg)	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.001	0.01	0.0001
Potasio (K)	mg/L	0.26	0.3	0.34	0.35	-	-	-
Litio (Li)	mg/L	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	2.5	2.5	-
Magnesio (Mg)	mg/L	1.75	2.3	3.85	3.65	**	250	-
Manganeso (Mn)	mg/L	0.026	<b>0.244</b>	<b>0.278</b>	<b>0.308</b>	0.2	0.2	-
Níquel (Ni)	mg/L	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	0.2	1	0.052
Fósforo (P)	mg/L	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003			0.005
Plomo (Pb)	mg/L	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004	0.05	0.05	0.0025
Antimonio (Sb)	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001			-
Selenio (Se)	mg/L	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	0.02	0.05	0.005
Talio (Tl)	mg/L	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	-	-	0.0008
Vanadio (V)	mg/L	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004	-	-	-
Zinc (Zn)	mg/L	<0.002	<b>0.345</b>	0.075	<b>0.167</b>	2	24	0.12

Fuente: Laboratorio SAG - Informe de Ensayo N°10317-2016

Según resultados, el agua superficial presenta lo siguiente:

- Manganeseo (Mn), para los puntos de monitoreo P-2, P-3 y P-4 se encuentra por encima del rango de valores establecidos por la norma para la categoría 3.
- Zinc (Zn), para el punto de monitoreo P-2 y P-4 se encuentra por encima del rango de valores establecidos en la norma para la categoría 4.

### **3.2.5. Estudio Hidrogeológico**

El estudio hidrogeológico es la caracterización donde se pueda identificar las unidades geológicas permeables, semipermeables e impermeables determinando la geometría del acuífero de zonas de recarga y descarga de las aguas subterráneas.

#### **3.2.5.1. Unidades geológicas de Interés hidrogeológico**

La subcuenca de la Quebrada Conay, afluente del río Macachaca, es una zona de fuerte talud, generalmente dedicada a zonas de pastoreo. Los PAM están expuestos a la erosión del viento, a las lluvias y a escorrentías por lo que constituyen una de las principales fuentes de contaminación de los lechos del río.

El Estudio Hidrogeológico, ha sido desarrollado con énfasis en el comportamiento del flujo de agua subterránea con responsabilidad social y ambiental.

En la recolección de datos en campo, se hizo una evaluación hidrogeológica del sector que es intervenida e impactada por la operación minera.

La actividad de campo se centró en reconocer las unidades litoestratigráficas (diferentes tipos de rocas), así como en identificar lineamientos y estructuras (fallas, fracturas, diaclasas, etc.) que influyen en el flujo del agua subterránea. Además, se llevaron a cabo mediciones de caudal, pruebas de campo y la recolección de muestras.

En este estudio se exponen los hallazgos de la caracterización hidrogeológica del área del proyecto, la cual se fundamenta en investigaciones geológicas, hidrológicas, hidrogeológicas, exploraciones geoeléctricas, perforaciones manuales, pruebas hidráulicas y secciones hidrogeológicas.

Se consultaron estudios hidrogeológicos previos para optimizar la ejecución de la investigación. Se llevó a cabo una inspección hidrogeológica enfocada en la recarga artificial de los acuíferos en la subcuenca de Santa Eulalia, abarcando áreas entre Callahuanca-Chauca, San Pedro de Casta y Chaclla, ubicadas en la provincia de Huarochirí, región de Lima. Este análisis se encuentra detallado en el Informe Técnico A6677, elaborado por Ingemmet en abril de 2015. Además, se hizo referencia a información proporcionada por la Compañía Minera Huampar, la cual se encuentra archivada en el archivo técnico de Ingemmet con el código AO296 y data de 1977.

### **3.2.5.2 Investigaciones Geofísicas**

Se implementaron sondajes eléctricos verticales (SEV) en la región de la cuenca Piti con el objetivo de obtener información sobre la disposición vertical de las diversas capas geoelectricas desde la superficie del terreno. Para llevar a cabo esta tarea, se emplearon técnicas de prospección geofísica mediante el método geoelectrico de Resistividad Eléctrica. Los resultados obtenidos a través de este proceso contribuyen a la caracterización hidrogeológica en la zona de estudio.

A partir de los resultados y el análisis de los sondeos eléctricos verticales (SEV), se crearon secciones geoelectricas y planos geofísicos. Estos documentos han permitido la identificación de los diversos estratos geoelectricos que constituyen el subsuelo, así como la descripción de sus características y condiciones eléctricas. Los hallazgos se detallan en la tabla que sigue:

**Tabla 3.12.** Interpretación cuantitativa de los SEV

SONDAJE	Horizonte	R 1	R 2	R 3	R 4
SEV-01	$\rho(\Omega\text{-m})$	420	960		
	E (m)	7	x		
	$\Sigma$ (m)	7	--		
SEV-02	$\rho(\Omega\text{-m})$	72	380	1360	
	E (m)	8	7	x	
	$\Sigma$ (m)	8	15	--	
SEV-03	$\rho(\Omega\text{-m})$	330	96	460	1400
	E (m)	0.8	1	6	x
	$\Sigma$ (m)	0.8	1.8	7.8	--
SEV-04	$\rho(\Omega\text{-m})$	170	280	1300	
	E (m)	0.8	5	x	
	$\Sigma$ (m)	0.8	5.8	--	
SEV-05	$\rho(\Omega\text{-m})$	40	15	80	550
	E (m)	0.6	5	5	
	$\Sigma$ (m)	0.6	5.6	10.6	
SEV-06	$\rho(\Omega\text{-m})$	31	84	340	140
	E (m)	2.8	4	24	x
	$\Sigma$ (m)	2.8	6.8	30.8	
SEV-07	$\rho(\Omega\text{-m})$	58	260	120	380
	E (m)	2	3	20	X
	$\Sigma$ (m)	2	5	25	--
SEV-08	$\rho(\Omega\text{-m})$	110	62-26	390	124
	E (m)	2	12.0-4.0	30	x
	$\Sigma$ (m)	2	18	48	--
SEV-09	$\rho(\Omega\text{-m})$	220	68	130	460
	E (m)	4	13	18	x
	$\Sigma$ (m)	4	17	35	
SEV-10	$\rho(\Omega\text{-m})$	140	14	85	1600
	E (m)	2	2	8	x
	$\Sigma$ (m)	2	4	12	--

Fuente: Inspección en campo - mPASTRANA

Dónde:

- $\rho$  : Resistividad eléctrica en ohmio-metro
- E : Espesor del horizonte geoelectrico en metros.
- $\Sigma$  : horizonte geoelectrico en metros.

La descripción litológica completa de la región investigada, basada en la interpretación de los sondeos eléctricos, es la siguiente:

**Capa R1.** Corresponde a la capa que va casi desde la superficie del suelo. Presenta la resistividad variable ente 40 y 330 ohm-m; asociado a materiales de origen aluvial. Su espesor varía entre 0.6 m. y 2.00 m.

**Capa R2.** Presenta resistividad entre 15 y 85 ohm-m relacionando el valor bajo a material de relave y el valor alto a materiales del acuífero. Su espesor oscila entre 5.00 m. y 13.00 ms.

**Capa R3.** Con resistividad entre 280 y 460 ohm-m corresponde a materiales de una estructura rocosa en estado alterado y fracturado. Su espesor oscila entre 5.0 m. y 20.0 m.

**Capa R4.** Presenta resistividad alta entre 960 y 1600 ohm-m relacionado a roca de naturaleza intrusiva. Su espesor está en función de la última capa prospectada.

### **Secciones geoelectricas**

El análisis de las secciones ha permitido inferir las características eléctricas de las capas que componen el acuífero en diversas ubicaciones del valle de la cuenca Piti. La disposición de estas secciones ofrece una descripción detallada y un análisis de los componentes subterráneos en cuanto a sus propiedades eléctricas.

### **Sección geoelectrica A – A'.**

El perfil, derivado de la información de los sondeos 01, 02 y 03, indica que el subsuelo está prácticamente saturado de agua desde la superficie del suelo. La capa saturada en cuestión exhibe resistividades que oscilan entre 72 y 96 ohmios-metro, y se compone principalmente de materiales aluviales, predominantemente arena con una matriz de limo arcillosa. Su espesor varía entre 1.0 y 8.0 metros, siendo más amplio en la parte central del perfil. Justo debajo de la capa acuífera, se registran valores de resistividad más altos, en el rango de 380 a 460 ohmios-metro, indicando la presencia de una estructura rocosa alterada, posiblemente de origen volcánico, con un espesor promedio de aproximadamente 7.0 metros.

En el estrato más profundo, los valores de resistividad se sitúan entre 960 y 1400 ohmios-metro, indicando la presencia de una estructura rocosa altamente compacta, probablemente de naturaleza intrusiva.

**Sección geoelectrica B – B'.**

Compuesta por datos de los sondeos 04, 05, 06 y 10. La configuración de esta sección exhibe características prospectivas semejantes a la sección A. En los puntos SEV-05 y SEV-10, situados cerca de dos depósitos de relaves, se identifican materiales con baja resistividad, alrededor de 14 y 15 ohmios-metro, asociados a las características típicas de los relaves, con un grosor aproximado de 5.0 metros. En la entrada de la mina, la segunda capa presenta una resistividad de 280 ohmios-metro, indicando la presencia de una roca alterada con un espesor aproximado de 5.0 metros.

En los sondeos 05 y 10, debajo de la capa de relleno de relave, así como en el sondeo 06, se ha identificado la continuidad de la capa acuífera con un espesor promedio de 5.5 metros. La base de este depósito acuífero parece estar compuesta por una roca posiblemente de naturaleza intrusiva.

**Sección geoelectrica C – C'.**

Conformada por los SEV: 07, 08 y 09, esta sección muestra una diferencia notable en comparación con las secciones A y B. En esta ocasión, el depósito acuífero es considerablemente más grueso, alcanzando alrededor de 14.0 metros de espesor. A la altura de los sondeos 07 y 09, su base consiste en una roca que ha experimentado una alteración sustancial, seguida por una capa de roca con un nivel de alteración menor.

Litológicamente, en esta sección el depósito del acuífero por su ubicación parece estar compuesto por materiales que son ligeramente menos permeables que los que se encuentran en la parte superior, destacando la predominancia de materiales de grano fino.

**Sección geoelectrica D – D'.**

Compuesta por los SEV: 02, 06 y 08. En este contexto, se aprecia asimismo la disposición de las diversas capas con propiedades eléctricas distintas. El nivel acuífero muestra una extensión en la parte inferior de la sección y su base está

formada por una roca que ha experimentado alteraciones. Ver Anexo III: LB-06. Plano Hidrogeológico.

### 3.2.5.3 Ensayos de permeabilidad en pozos de infiltración.

En este estudio, se ha desarrollado una técnica específica que se enfoca en la caracterización física de la zona no saturada. Esta técnica tiene como objetivo evaluar cómo esta área actúa como depósito y canal para el agua y los contaminantes que pueden llegar a las aguas subterráneas, con el propósito de analizar y describir las propiedades del suelo.

Se ha seguido el procedimiento operativo y se ha utilizado la instrumentación requerida para llevar a cabo los Ensayos de Infiltración Controlada (EIC), siguiendo la metodología propuesta por MERINO L.M. (2002). El propósito principal de esta actividad es calcular la conductividad hidráulica. El método que se utilizó en esta prueba fue el de *anillo simple a nivel variable*. Básicamente, para el desarrollo de esta experiencia se enterró el cilindro unos pocos centímetros en el suelo; luego, se llena de agua hasta una altura no mayor a la longitud del tubo. Finalmente, con la regla y el cronómetro, se midió la variación de la altura del agua en el tiempo.

Como resultados de los ensayos de infiltración a fin de estimar la permeabilidad, se presentan los siguientes valores:

**Tabla 3.13** Ensayos de permeabilidad en perforación pozo INF-1

Estación	Nro. de Ensayo	Profundidad (m)	Tipo de Ensayo	Permeabilidad k(cm/seg)	Rango de permeabilidad	Tipo de Material
INF-1	1	0.50 – 1.50	Infiltración anillo simple	1.88E-06	Lenta	Gravas y bloques matriz mezcla limo arenoso y arcilla

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 3.14** Ensayos de permeabilidad en perforación pozo INF-2

Estación	Nro. de Ensayo	Profundidad (m)	Tipo de Ensayo	Permeabilidad k(cm/seg)	Rango de permeabilidad	Tipo de Material
INF-2	1	0.50 – 1.50	Infiltración anillo simple	5.669x10-5	Moderado	Gravas limosas

**Tabla 3.15** Ensayos de permeabilidad en perforación pozo INF-3

Estación	Nro. de Ensayo	Profundidad (m)	Tipo de Ensayo	Permeabilidad k(cm/seg)	Rango de permeabilidad	Tipo de Material
INF-3	1	0.50 – 1.50	Infiltración anillo simple	4.669x10-4	Moderado	Gravas limosas

**Tabla 3.16** Ensayos de permeabilidad en perforación pozo INF-4

Estación	Nro. de Ensayo	Profundidad (m)	Tipo de Ensayo	Permeabilidad k(cm/seg)	Rango de permeabilidad	Tipo de Material
INF-4	1	0.50 – 1.50	Infiltración anillo simple	3.669x10-4	Moderado	Gravas limosas

### 3.2.6 Estudio Geotécnico

Se realizaron pruebas geotécnicas para el desmonte y las dos relaveras donde se determina la estabilidad física de los componentes sólidos que son catalogados como los de gran impacto y que vienen afectando a los ecosistemas de la microcuenca donde están emplazados.

La evaluación geológica y geotécnica realizada para caracterizar el área que alberga los residuos mineros abordó diversos aspectos. Esto incluyó un mapeo geológico de la superficie, excavaciones a cielo abierto (calicatas), ensayos geotécnicos in situ y pruebas de mecánica de suelos. Además, se llevó a cabo un estudio de sondajes geoeléctricos en la zona de disposición de los residuos mineros con el propósito de validar y ampliar la información obtenida en la evaluación geológica y geotécnica, así como para obtener un perfil estratigráfico más detallado.

El análisis geotécnico de estabilidad física, se realizó en dos escenarios, con el fin de poder comparar estabilidad de ambos mediante los factores de seguridad, el primero muestra las condiciones actuales en las que se encuentran los pasivos ambientales mineros, y la segunda muestra las condiciones en las que quedarían los PAM luego de haber ejecutado las actividades de cierre propuestas en el estudio.

### **3.2.6.1 Criterios de Diseño**

Para el diseño del cierre y determinar la estabilidad física, se han desarrollado los criterios de diseño iniciales.

#### **a) Topografía**

Se recolectó la información topográfica mediante un levantamiento topográfico que incluye curvas de nivel trazadas a intervalos de un metro. El plano abarca la región del proyecto y se encuentra georreferenciado con las coordenadas UTM del sistema geodésico WGS 84.

#### **b) Sismicidad**

El Perú está catalogado como una de las regiones de más alta actividad sísmica. Como parte del cinturón circumpacífico, está considerado como una de las zonas más activas del mundo, por lo tanto, está expuesto a eventos sísmicos frecuentes.

Según estas premisas se necesita evaluar el peligro sísmico del área de estudio a fin de determinar la influencia del efecto sísmico sobre la estabilidad física de los PAM de gran impacto.

#### **c) Aceleración de Diseño**

Para determinar la aceleración de diseño, se ha llevado a cabo un estudio de Zonificación Sísmica y Aceleraciones Máximas. Este estudio proporciona la estimación de la aceleración máxima del terreno y el coeficiente sísmico necesario para realizar el análisis de estabilidad pseudo-estático del depósito. A partir de estos resultados, se presentan las observaciones siguientes:

Se opta por la aplicación de métodos probabilísticos, considerando una aceleración de 0.32g para el evento sísmico extremo.

Adicionalmente, en el análisis se incorporan diversas leyes de atenuación con el propósito de estimar la aceleración del suelo mediante enfoques fundamentados en la probabilidad. Los resultados señalan que, para un período de retorno de 475 años, se anticipan las máximas aceleraciones esperadas en el terreno, calculadas en 0.22 veces la aceleración debida a la gravedad.

#### **d) Coeficiente Sísmico**

Conforme a la ampliamente reconocida literatura técnica a nivel global, se aconseja determinar el coeficiente sísmico a utilizar en el análisis de la condición pseudo-estática de diseño como una fracción que oscila entre 1/3 y 1/2 de la máxima aceleración anticipada. Esta sugerencia concuerda con las recomendaciones del Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos (U.S. Army Corps of Engineers, Hynes y Franklin, 1984), quienes proponen el empleo de un coeficiente sísmico pseudo-estático equivalente al 50% de la aceleración pico de diseño.

La base de la recomendación del Cuerpo de Ingenieros se apoya en la aplicación del método de Newmark, el cual calcula desplazamientos permanentes en presas de tierra mediante el análisis de más de 350 registros sísmicos. La conclusión obtenida indica que aquellas estructuras analizadas mediante el método pseudo-estático, con factores de seguridad superiores a 1.0 y utilizando un coeficiente sísmico horizontal equivalente al 0.5 de la aceleración pico de diseño, no experimentan deformaciones significativas, manteniéndose por debajo de 1 metro. Este valor se considera aceptable para presas de tierra y no representa una amenaza para la integridad de la estructura.

En consecuencia, se sugiere emplear un coeficiente sísmico horizontal de  $k = 0.20$  para el análisis pseudo-estático del depósito de relaves, lo que equivale aproximadamente al 48% de la máxima aceleración esperada en la región.

### 3.2.6.2 Trabajo Geotécnico en suelos

Durante la fase de investigación geotécnica, se llevó a cabo un detallado mapeo geológico-geotécnico en el área de estudio con el fin de identificar las características geológicas y las unidades geotécnicas presentes. Este conjunto de información se enriqueció mediante la realización de sondajes geoelectrónicos y la ejecución de calicatas estratégicamente ubicadas y distribuidas en la zona de estudio. El propósito de estas acciones era evaluar las condiciones geotécnicas de los materiales sobre los cuales se instalarían los PAM (Puntos de Anclaje Móviles). En cada calicata, se llevó a cabo una descripción detallada de los tipos de suelos encontrados, y se tomaron muestras alteradas que fueron almacenadas en bolsas de plástico para realizar pruebas subsiguientes de caracterización física y mecánica en el laboratorio geotécnico de la zona de estudio.

**Tabla 3.17** Resumen de Ensayos de Clasificación de Suelos

Área/ Muestra	Muestra	Clasif.	D. Granulometría			Límites de Atterberg			Contenido
		SUCS	Grava	Arena	Finos	LL	LP	IP	Humedad (%)
			(%)	(%)	(%)				
Relavera PAM 8	R 9988	ML	-	7.2	92.8	NP	NP	NP	21.4
Desmontera PAM 7	D 13056	GW GM	56.0	34.5	9.5	NP	NP	NP	4.6
Relavera PAM 10	R 13063	SM	-	54.1	45.9	NP	NP	NP	15.0
Relavera PAM 9	R 13061	CL	-	4.6	95.4	27.0	18.3	8.7	30.2
Material de Préstamo	MAT P	GM	46.4	41.4	12.2	NP	NP	NP	5.7

**Fuente:** Elaboración propia

#### Terminología:

SUCS : Sistema Unificado de Clasificación de Suelos

LL : Límite Líquido

LP : Límite Plástico

IP : Índice Plástico

NP : No Presenta

ML : Limo

GW : Grava bien gradada, grava fina a gruesa.

GM : Grava Limosa

SM : Arena Limosa

CL : Arcilla

### 3.2.6.3 Ensayos Realizados

#### 3.2.6.3.1 Ensayo de corte directo en suelos

Se hicieron dos ensayos de corte directo en los materiales de desmonte y relaves.

El ensayo de corte directo siguió los procedimientos indicados en las normas ASTM D-3080.

**Tabla 3.18.** Resumen del Ensayo de Corte Directo

Material	Calicata/ muestra	Prof. (m)	Clasific. SUCS (1)	Densidad seca (gr/cm <sup>3</sup> )	Contenido de Humedad (%)	Cohesión (KPa)	Angulo de Fricción (°)
Material de Relaves	R 9988	Superf.	ML	1.22	31.2	0	33.8
Material de Desmonte	D 13056	Superf.	GW GM	1.67	8	0	37.5

1/ SUCS: Sistema Unificado de Clasificación de Suelos

Fuente: Elaboración propia

#### 3.2.6.3.2 Ensayo de Compresión Triaxial en Rocas

Se llevaron a cabo ensayos de compresión triaxial en muestras de roca provenientes de la base del depósito de desmonte y del lecho rocoso que sustenta el depósito de relaves. El objetivo de estos ensayos era determinar la cohesión y fricción para caracterizar tanto el lecho rocoso como el material que se utilizará en la construcción de los diques. Estos ensayos se llevaron a cabo siguiendo los procedimientos establecidos en la norma ASTM 2664-95.

**Tabla 3.19.** Síntesis del Ensayo de Compresión Triaxial en Rocas

Material	Muestra	Resistencia a la compresión uniaxial (Mpa)	Angulo de Fricción Interna (°)	Cohesión (Mpa)	mi
Basamento rocoso	B-1053	138.25	54.16	23.02	22.21

Fuente: Elaboración propia

#### 3.2.6.3.4. Evaluación Geotécnica de la Cimentación

Las investigaciones geotécnicas realizadas en el terreno contribuyeron a la identificación y descripción de las propiedades geotécnicas que conforman la base de los residuos mineros ambientales.

Se hace referencia a los resultados obtenidos en las investigaciones geotécnicas de campo.

##### ❖ **Unidades Geotécnicas**

Las unidades geotécnicas definidas en el área de los PAM corresponden a dos unidades: Deposito Aluvial – Coluvial (Unidad Geotécnica I) y Basamento Rocoso (Unidad Geotécnica II). Estas unidades son descritas a continuación:

##### ***a) Depósitos Aluviales - Coluviales (Unidad Geotécnica I)***

Esta unidad geológica se compone principalmente de depósitos aluviales recientes y, en menor medida, incluye los depósitos coluviales existentes, que son de dimensiones reducidas.

Los depósitos aluviales están formados por acumulaciones relativamente recientes, que se originaron durante el período holoceno. Estos depósitos están compuestos en su mayoría por cantos y gravas redondeadas, que se encuentran incrustados en una matriz de arena y limo ligeramente consolidada. La naturaleza de esta matriz es variada en cuanto a composición y tamaño de partículas. Estos materiales aluviales fueron transportados por las corrientes fluviales a distancias moderadas y suelen presentar una forma alargada y estrecha. Por lo general, son bastante delgados y contienen fragmentos de roca, y suelen formar lechos en las quebradas, como la quebrada Piti y otras más pequeñas. Debido a sus dimensiones, solo se han representado en el mapa en las secciones superior e inferior de la cuenca.

Los depósitos coluviales, en cambio, consisten en acumulaciones de limo, arcilla, arena y bloques angulares, que generalmente han experimentado procesos de intemperización. La mayoría de estos depósitos son muy pequeños para tener relevancia desde una perspectiva hidrogeológica, y los más grandes no alcanzan el tamaño necesario para ser cartografiados a la escala de evaluación.

***b) Basamento Rocoso (Unidad Geotécnica II)***

Esta unidad geológica está formada por las rocas pertenecientes al grupo Colqui, que constituye una extensa secuencia volcánica que abarca la mayor parte del basamento en esta región. Específicamente, se refiere a una gruesa secuencia de capas volcánicas compuestas principalmente por derrames de andesita de color gris porfirítico. Estas capas de andesita se intercalan, en menor medida, con depósitos de tufos finos de color gris verdoso, tufos lapillíticos de tonalidades pardo blanquecinas, así como con aglomerados volcánicos. En ocasiones, se pueden encontrar capas de calizas y areniscas tufáceas en tonos gris verdoso y violáceo dentro de esta secuencia. En la zona de la mina Colqui, estas rocas muestran la influencia de pliegues, fallas e intrusiones ígneas. Esta unidad se extiende hacia el sureste en el área de Sheque y más al sur, alcanzando el valle del río Rímac, donde se asienta de manera concordante sobre el Grupo Rímac.

**❖ Nivel de Agua**

Durante las excavaciones a cielo abierto llevadas a cabo en el área de los PAM, se registró la existencia de un nivel freático en las calicatas. Debido a esta observación, se tomó en cuenta, en la fase de desarrollo del modelo geotécnico, la inclusión de un nivel freático largo en la sección destinada al análisis de estabilidad.

#### **3.2.6.3.4 Consideraciones del Análisis Geotécnico en la estabilidad de taludes**

Los análisis de estabilidad de los taludes se han realizado como parte del diagnóstico de la situación actual de los PAM y la simulación de las condiciones físicas que experimentarán después de la implementación de las actividades de cierre de pasivos propuestas. A continuación, se ofrece una explicación detallada de las consideraciones geotécnicas que se han tenido en cuenta para llevar a cabo los análisis de estabilidad física.

##### **a) Metodología de análisis de estabilidad de taludes**

El análisis de estabilidad de taludes en general se llevó a cabo mediante el uso del software SLIDE (Rocscience, 2005), en su versión 6.020. Este programa es una herramienta integral para el análisis de la estabilidad de taludes que permite la interacción del usuario para definir la geometría del talud y las propiedades de los materiales de manera amigable.

Se llevó a cabo el cálculo del factor de seguridad en dos dimensiones mediante la aplicación del concepto de equilibrio límite, aproximando el problema a un estado de deformación plana. A pesar de que el programa ofrece varias opciones para el análisis de estabilidad, en este caso se empleó el Método de Spencer, que utiliza dovelas para calcular las superficies de falla. La superficie de falla crítica se determinó interactuando con el software, ajustando las condiciones de búsqueda y evaluando superficies de falla circulares hasta encontrar la que proporciona el menor factor de seguridad.

Las suposiciones del análisis tomaron en cuenta que las propiedades de los materiales que componen las distintas estructuras analizadas son uniformes e isotrópicas, y que el colapso se originaría debido a fallas simultáneas a lo largo de la superficie de deslizamiento. Cada material presenta sus propias características físicas y mecánicas.

Respecto al análisis pseudo-estático, se consideró que la masa involucrada en la falla experimentaría una aceleración horizontal equivalente al producto de un coeficiente sísmico por la aceleración de la gravedad. Esto posibilitó la incorporación del efecto de las fuerzas inerciales generadas por un terremoto de diseño. El coeficiente sísmico horizontal utilizado para este análisis fue establecido en 0.22.

#### **b) Criterios de Análisis**

Los criterios de diseño establecidos para el presente análisis fueron los siguientes:

- Mínimo factor de seguridad estático a largo plazo igual a 1.5;
- Mínimo factor de seguridad pseudo-estático a largo plazo y para taludes permanentes igual a 1.0
- Desplazamientos inducidos por sismos que no comprometan la seguridad del apilamiento.

Se debe indicar que un factor de seguridad pseudo-estático mayor que 1.0 no significa que el apilamiento de desmonte o relaves, no se moverá durante un terremoto. Lo que probablemente ocurra es que los desplazamientos serán mínimos y no se producirán daños permanentes en el sistema de cobertura, asociados al sismo de diseño.

#### **c) Condiciones Analizadas**

Se consideran las siguientes condiciones para el análisis:

- ❖ El análisis ha tenido en cuenta las condiciones más críticas, identificadas en las secciones con mayor altura y mayor pendiente en su base.
- ❖ En el análisis de las secciones geotécnicas de los PAM, se consideraron tanto las condiciones actuales, sin ninguna actividad de cierre, como las condiciones futuras, que se producirían después de la implementación de las actividades de cierre propuestas.

- ❖ Para evaluar la estabilidad, se han tenido en cuenta superficies de falla circulares en todos los materiales de desmonte o relaves, así como en el material de cimentación de cada uno de estos.
- ❖ Los análisis estáticos y pseudo-estáticos a largo plazo de las desmonteras y relaveras se han modelado considerando los parámetros no drenados de los materiales involucrados en los análisis.
- ❖ En todas las secciones, las desmonteras y relaveras se han proyectado hasta su altura máxima de crecimiento y se han evaluado en proyección tridimensional de acuerdo con su disposición de almacenamiento en el terreno.

#### d) Propiedades de los Materiales

Las características de los materiales se determinaron mediante pruebas de laboratorio en muestras representativas de cada uno de los materiales considerados en los análisis. Además, se tomaron en cuenta los conocimientos previos derivados de la experiencia en proyectos similares.

Es importante destacar que, en líneas generales, al realizar los análisis de estabilidad, se ha aplicado una reducción adecuada a las propiedades de resistencia al corte de los materiales ensayados para considerar la variabilidad espacial que presentan.

En la Tabla 24 se presenta un resumen de los parámetros empleados en el análisis de estabilidad.

**Tabla 3.20.** Síntesis de las propiedades de los materiales para análisis de estabilidad

Material	Unidad Geotécnica	Tipo de Esfuerzo	$\gamma_{total}$ (kN/m <sup>3</sup> )	Mohr-Coulomb		Hoek-Brown	
				Cohesión (kPa)	Angulo de fricción (°)	UCS (Mpa)	mb
Depósito Aluvial	UG - I	Mohr-Coulomb	20.8	0	39.2		
Masa Rocosa	UG - II	Hoek-Brown	23.2			138.5	22.214
Desmontes	-	Mohr-Coulomb	16.38	0	37.5		
Relaves	-	Mohr-Coulomb	11.96	0	33.8		

Fuente: Elaboración propia

### 3.2.6.4. Resultados Obtenidos

Los resultados del análisis de Estabilidad Física, generados por el programa SLIDE, muestran los análisis de estabilidad llevados a cabo para el depósito de relaves. Estas salidas contienen información sobre la sección transversal, las propiedades de los materiales y la ubicación de la superficie de falla crítica con el factor de seguridad más bajo. En la Tabla 25 se resume la información obtenida de los análisis de estabilidad realizados. En dicha tabla se presentan los resultados para los casos estático y pseudo-estático según sea necesario, así como para el análisis con superficies de falla circular.

**Tabla 3.21.** Datos obtenidos de análisis de la estabilidad

Área	PAM	Código	Caso	Condición Actual		Posterior al Cierre	
				Factor de Seguridad		Factor de Seguridad	
				Estático	Pseudoestático K=0.22	Estático	Pseudoestático K=0.22
Desmontera	PAM 7	D 13056	Falla Circular	0.985	0.663	1.519	1.131
Relavera	PAM 8	R 9988	Falla Circular	0.14	0.902	1.856	1.131
Relavera	PAM 10	R 13063	Falla Circular	1.237	0.811	1.793	1.086
	PAM 10-1		Falla Circular	1.273	0.835	1.851	1.114

**Fuente:** Elaboración propia

En el Apéndice V, se presentan las salidas del software Slide, donde se exhiben las secciones geotécnicas analizadas, las propiedades geotécnicas de los materiales y los factores de seguridad obtenidos tanto para la situación actual de los PAM como para la situación después de implementar las actividades de cierre propuestas.

Al observar los resultados de las secciones analizadas de los PAM, se evidencia que los factores de seguridad son inferiores a los mínimos recomendados en las condiciones actuales de los PAM. Sin embargo, después de llevar a cabo los trabajos de cierre, estos factores son superiores a los mínimos recomendados según los criterios de diseño asumidos, tanto para la condición estática como para la pseudo-estática, y para el tipo de falla analizada (circular). En el Plano GT-01: Monitoreo Geotécnico, se señalan los hitos y puntos de control de los componentes con mayor impacto en la propuesta de cierre.

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN**

Los parámetros evaluados para dar estabilidad y recuperación de la microcuenca tienen varios aspectos a considerar. Se analizarán algunos por separado y luego en conjunto respecto a la estabilidad geoquímica de suelos y aguas.

#### **4.1. Respecto del estudio Topográfico**

Con el estudio topográfico a detalle indicando curvas de nivel cada 01 metro se logró enlazar la zona de los PAM con la red geodésica nacional del Instituto Geográfico Nacional-IGN denominado de orden "0" donde, con la estación total S3 utilizada y los GPS permitieron una calibración local milimétrica. Los valores de precisión de la posición (PDOP) en las mediciones tuvo una fluctuación entre 1 y 3, determinando una buena geometría de los satélites en la toma de datos adquiriendo información de calidad y muy confiable.

Para el post procesamiento se utilizaron satélites de la constelación Navstar y Glonass, teniendo en promedio señales de 13 satélites en las mediciones obteniendo planos topográficos de alta precisión llegando a calcular el área y volumen de cada PAM a cerrar; los mismos que fueron de apoyo para el cálculo de coberturas y volúmenes de material de préstamo. Ver Tabla 26; esto permitió determinar una definición más precisa de cada PAM necesarios en el Diseño de Ingeniería en el Cierre de PAM, incluyendo las áreas de influencias de cada uno y sus traslados al lugar definitivo.

**Tabla 4.1.** Volúmenes de material de préstamo para el cierre de los PAM

De	Hasta	Longitud (m)	Volumen de Material de Préstamo (m3)
Relavera 9	Relavera 10-1	1524	8419
Cantera de MdeP	Desmontera 7	536	2048
Cantera de MdeP	Relavera 10-1	1189	3102
Cantera de MdeP	Relavera 10	806	5371
Cantera de MdeP	Relavera 8	1191	6609
Relavera	Relavera 10-1	780	3965
Concreto demolido	Desmontera 7	300	7786

**Ver Anexo IV:** Plano IN-01: Inventario de Pasivos Ambientales Mineros

**Fuente:** Elaboración propia

## **4.2. Respecto al estudio Geológico**

La geología local presenta plegamientos anticlinales y sinclinales estrechamente espaciados y orientados de SO-NE e inclinaciones de 10°, 15° y 20°

El estudio geológico local manifiesta que en el trayecto hacia los PAM la roca se encuentra erosionada y meteorizada, observándose material coluvial suelto propenso a deslizamiento.

La región donde están ubicados los PAM presenta características glaciares, resaltando los valles en forma de "U", circos glaciares, superficies estriadas y lagunas glaciares.

El suelo sobre el cual están situados los PAM exhibe un comportamiento rígido, con períodos de vibración natural determinados mediante mediciones de microtrepidaciones (registros ambientales) que oscilan entre 0,1 y 0,3 segundos.

En la evaluación de la geodinámica externa, se han identificado fenómenos activos con el propósito de establecer correlaciones entre la actividad sísmica en la zona de estudio y la tectónica regional que ha dado forma a la microcuenca en recuperación.

Según la zonificación sísmica realizada por el CISMID, los PAM se encuentran en la ZONA 4, que representa una zona de alto riesgo sísmico.

Al evaluar el riesgo sísmico, se toma en cuenta un suelo de tipo C, con aceleraciones horizontales máximas en el rango de 0.44 a 0.53 g. La interacción entre las placas Sudamericana y de Nazca, junto con el proceso de reajuste tectónico en la región andina, permite clasificar las fuentes en dos categorías: Fuentes de Subducción (Interfase e Intraplaca) y Fuentes Continentales.

Se observó la presencia de 03 tipos de fenómenos de geodinámica externa que afectan al área de investigación de los PAM:

### **a) Desprendimiento de rocas**

La caída abrupta de fragmentos de roca de diversos tamaños en estado no cohesionado, con movimientos de salto, rebote y rodadura debido a la pérdida de cohesión,

se manifiesta en pendientes pronunciadas. Este fenómeno puede ocurrir en áreas con afloramientos de roca muy fracturada y/o debilitada por la meteorización, como en laderas inclinadas formados por suelos que contienen fragmentos de roca o especies sueltas que se encuentran en las laderas.

#### **b) Huaycos**

Se originan durante periodos de lluvias intensas, desplazando barro y rocas con un potencial destructivo significativo. Estos eventos tienen lugar en las zonas elevadas de la microcuenca, particularmente en las quebradas Piti y Negro Negro, debido a la presencia de capas superficiales de suelo propensas a desmoronarse o a la existencia de depósitos de suelo no consolidados.

#### **c) Erosión de laderas**

El desgaste y desplazamiento de los materiales superficiales (ya sean suelos o rocas) son consecuencia de la acción constante de procesos erosivos, como la acción del agua de lluvia, el escurrimiento superficial, los vientos, entre otros. Estos procesos tienden a deteriorar la configuración natural de la superficie del terreno.

### **4.3. Respecto al Estudio Hidrológico**

Se ha podido inventariar y caracterizar los efluentes de mina y cuerpos de agua superficiales y su relación de impacto en la microcuenca. Los PAM se ubican entre las provincias de Lima, Huarochirí y Yauli específicamente en las microcuencas del río Conay, del río Piti y río Negro Negro que tributan al río Santa Eulalia los mismos que pertenecen a la cuenca del río Rímac. Información que es corroborada por el IGN e informes de la Autoridad Nacional del Agua - ANA. Además, se identificaron 11 fuentes de agua natural que recargan la microcuenca y los acuíferos subterráneos adicionales a los efluentes de mina identificados (Ver Figura 18: Microcuenca del Río Conay)

- Por la microcuenca discurren aguas de los ríos Piti, Negro y Conay que interactúan con el desmonte y las tres relaveras pudiendo afectar la estabilidad

de cada componente y contaminando las aguas superficiales que tributan al río Santa Eulalia.

- El río Conay presenta un caudal promedio de 4.036 m<sup>3</sup>/seg formado por los ríos Piti (0.96 m<sup>3</sup>/seg) y Negro Negro (3.08 m<sup>3</sup>/seg) ambos ríos confluyen con el desmonte de mina (13056) y las relaveras (9988 y 13063) afectando la estabilidad en el pie de cada componente
- El efluente con mayor caudal de la bocamina 13053 influye severamente a la recarga hidráulica de la laguna Antarangra superando los LMP en zinc y fierro, siendo estos valores muy cercanos a los LMP del D.S. N° 010-2010-MINAM.
- Con respecto a los ECA-agua en los ríos Piti, Negro Negro y Conay los valores de Mn y Zn superan los valores en la Categoría 3 del D.S. 015-2015-MINAM no siendo de gran relevancia este excedente.
- Los Sólidos Disueltos Totales-TDS de los ríos Piti y Negro Negro presentan valores que exceden la Categoría 4 del D.S. 015-2015-MINAM pudiendo estos elementos llegar a precipitarse al mínimo cambio del pH.
- El efluente E-1 de la bocamina 13053 de mayor caudal, supera ligeramente los LMP en los elementos Fe° y Zn° proponiendo un tratamiento activo con dosificación de lechada de cal. Acondicionar pozas para la retención del precipitado y de esta manera ir descontaminando las aguas superficiales de la quebrada.

Las aguas superficiales de la zona presentan un pH neutro (entre 6 y 8). Están dentro del rango establecido por el Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM. Presentan también una conductividad eléctrica (CE) menor que el rango establecido por la legislación ambiental. Con respecto al oxígeno disuelto (O.D.) presentan un mayor valor al establecido por el Decreto Supremo N°015-2015-MINAM “Modifican los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua”, indicando aguas muy bien oxigenadas y ventiladas gracias a los flujos turbulentos propios de los niveles altitudinales.

#### **4.4. Respecto al estudio hidrogeológico**

Mediante la evaluación de los sondeos eléctricos verticales (SEV), se han generado secciones geoelectricas y mapas geofísicos. Estos elementos han posibilitado la identificación de las diversas capas geoelectricas presentes en el subsuelo, así como describir sus propiedades y condiciones geoelectricas. El plano geofísico de los componentes de mayor impacto describe al subsuelo en capas de roca alterada de origen volcánico y roca consolidada; en algunos lugares con depósitos acuíferos compuestos de roca intrusiva.

Con los ensayos de infiltración realizados alrededor de los PAM de gran impacto (relaves) se obtuvieron rangos de permeabilidad lenta y moderada con coeficientes menores a  $1.90 \times 10^{-6}$  indicando suelos con presencia de limo y arcillas. Este parámetro nos indica que los PAM están asentados en suelos con baja permeabilidad y que la cobertura a utilizar será propuesta acorde a la calidad del suelo.

Con la identificación de las fuentes de agua subterránea (aguas arriba y aguas abajo de los PAM) se observó que el flujo hidráulico de la microcuenca discurre del noreste al sur oeste.

Los caudales de agua subterránea que provienen de la laguna Piti se desplazan a través de suelo y roca, recorre pendiente abajo y conforman a la recarga del flujo subterráneo.

En los niveles o galerías subterráneas, las descargas se comportan como drenes que captan los flujos subterráneos del acuífero fisurado. Asimismo, otras zonas de descarga son los afloramientos de manantiales de pie de ladera que alimentan a los bofedales y al río Piti que tributan sus aguas a la laguna Antaragra.

#### **4.5. Respecto al estudio Geotécnico**

Con el fin de finalizar la planificación del cierre de elementos críticos, como las áreas de desmonte y relaveras, se llevó a cabo una evaluación del riesgo sísmico. El propósito

de este procedimiento fue determinar el valor de la máxima aceleración anticipada, basándose en las siguientes consideraciones:

- Se recomienda utilizar un coeficiente sísmico horizontal de  $k = 0.20$  en el análisis pseudo-estático del depósito de relaves, lo que corresponde a alrededor del 48% de la máxima aceleración prevista en la zona.
- De acuerdo al estudio de suelos realizado en suelos no impactados, se identificaron dos unidades geotécnicas definidas; depósitos aluvial-coluvial y basamento rocoso que se encuentran en la fundación de los PAM.
- Según los análisis de la dinámica externa, se ha establecido que la aceleración sísmica máxima es de 0.32g. Esta magnitud se refiere a un evento sísmico con un periodo de retorno de 475 años y una probabilidad de excedencia del 10%. A partir de esta aceleración, se aconseja emplear un coeficiente sísmico de 0.22 en el análisis y diseño del cierre.
- Las estaciones meteorológicas del SHENAMI en épocas de precipitaciones presentan valores promedio de 69,5 mm H<sub>2</sub>O y en épocas de estiaje valores de 8,9 mm H<sub>2</sub>O entendiendo que se debe tener factores de seguridad y componentes adicionales al momento del cierre.
- De los aspectos estudiados se desprende que los parámetros hidrogeológicos (Tablas 14, 15, 16) y las emisiones sólidas (Tabla 5) como las relaveras, son los aspectos que impactan principalmente la microcuenca del ecosistema y requieren procesos de estabilización y cierre especiales.

La interacción de las aguas superficiales con el desmonte y los relaves; deben ser controladas antes, para establecer el cierre.

#### **4.6. Propuesta de Diseño de Ingeniería en el Cierre de los PAM**

La ubicación y presencia de estos pasivos ambientales mineros-PAM, afecta directamente a la sociedad impactando diversos parámetros humanos; por ello como resultado del análisis de cada uno y acorde a una filosofía de cierre se presentan propuestas de cierre por cada componente que mejore el ecosistema de la microcuenca del Rímac.

Una vez identificados los PAM y haber descrito sus características físicas, químicas y ambientales, se propone la remediación de cada componente a un nivel de ingeniería. El cierre de cada tipo de PAM descrito en la Tabla 5 comprende; labores mineras (bocaminas), instalaciones de procesamiento (planta concentradora), residuos mineros (desmonte y relaveras) y otras infraestructuras, en función a los datos y estudios obtenidos se procedió describir la remediación mediante fichas técnicas que seguidamente se presentan.

La los planos y datos de detalle se presentan en el anexo para cada PAM.

#### **4.7. Actividades del cierre de bocaminas**

Se tiene 4 bocaminas de las cuales 3 se cerrarán con tapón hermético por no ofrecer emisiones líquidas ni contaminantes.

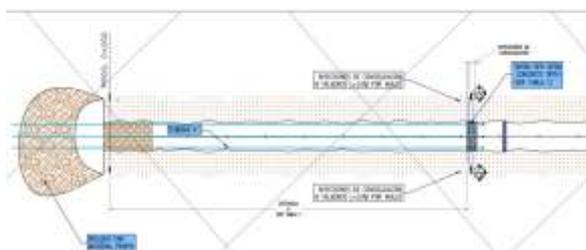
Para la bocamina 13053 que presenta un caudal de 123 L/seg aproximadamente se está proponiendo un tapón de concreto armado con drenes implementados con válvulas Pinch para poder regular el caudal al momento del tratamiento. Esta bocamina será totalmente desmantelada y acondicionada para construir el tapón. Se propone utilizar las pozas que existen actualmente y tratamiento con cal para precipitar el Fe y Zn totales que sobrepasan ligeramente los ECA agua ya que el pH no es ácido.

A continuación, se presentan fichas de cierre por cada pasivo encontrado:

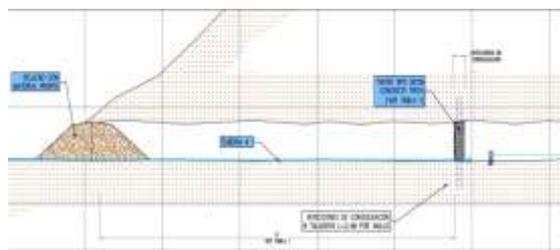
## FICHA TÉCNICA DE CIERRE

### Bocamina (13053)

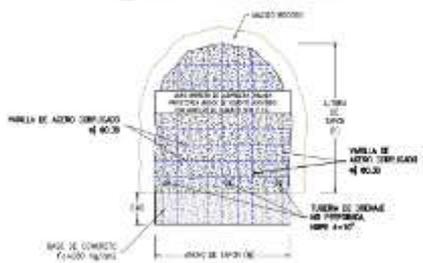
Situación Final (Vista en Planta)



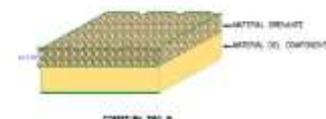
Situación Final (Vista en perfil)



MURO PERIMETRO - ESTRUCTURAS METÁLICAS



Tapón Tipo Sifón



N°	PASIVO AMBIENTAL MINERO	ID	DIMENSIÓN	ESCENARIO DE CIERRE	ESTADO ACTUAL	Caudal (l/s)	Altura (H)	ESTABILIDAD FÍSICA	
								DISTANCIA (m)	ESPESOR (m)
1	Bocamina	13053	2.95x3.65	Remediación	Abandono	123	3.65	20	1.22

#### Propuestas de Cierre:

**Desmantelamiento:** Se desinstalará y desmantelará los servicios de mina (línea de rieles, tuberías de agua y aire), las cuales serán trasladados hacia un almacén temporal para su respectiva segregación y disposición final mediante una EC-RS.

**Demolición:** No se ha considerado ningún procedimiento de demolición para este componente, por no contarse con estructuras de concreto.

**Estabilidad Física:** La Bocamina 13053, presenta un efluente de 123 L/s, que no genera drenaje ácido de roca. Se propone cerrar con un tapón tipo sifón con salida de agua a fin de evitar el ingreso de aire.

El control del caudal del efluente permitirá un mejor manejo, para ello se instalarán dos válvulas Pinch de 4" cada una.

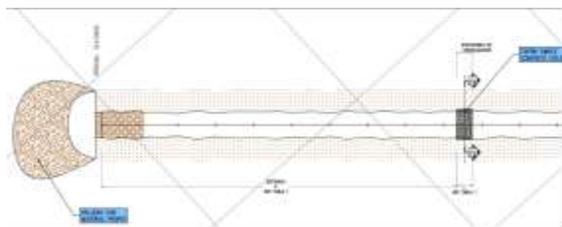
**Estabilidad Geoquímica:** Para la bocamina 13053 se define una cobertura del Tipo III, que no será revegetada y cuyo volumen de material drenante granular será de 5.5 m<sup>3</sup>

**Estabilidad Hidrológica:** Esta bocamina, presenta un efluente de mina con un flujo promedio de 123 L/s. Este efluente variará su pH en el trayecto, con la adición de lechada de cal para la precipitación del ión hierro, será tratado en dos pozas de sedimentación que actualmente existen, las mismas que serán acondicionados para este fin. En las pozas de sedimentación sucederá la reacción y por rebose se obtendrá un efluente que cumpla con los límites máximos permisibles. Este efluente libre de metales tendrá la función de recuperar el bofedal que ha sido impactado por años; finalmente el efluente llegará al río Santa Eulalia que es tributario de la cuenca hidrográfica del Rímac.

## FICHA TÉCNICA DE CIERRE

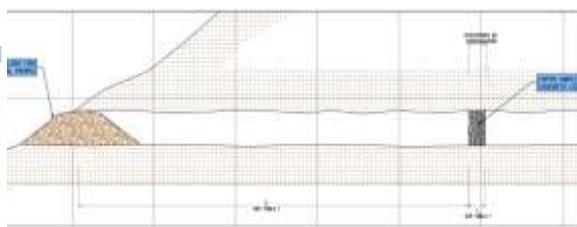
### Bocamina (13058)

Situación Final (Vista en Planta)

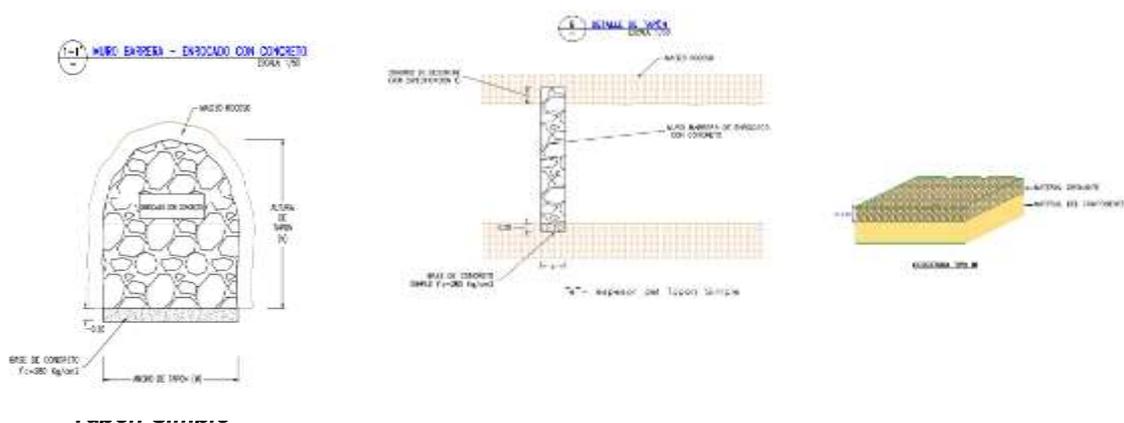


CIERRE TIPO DE BOCAMINA TAPON SIMPLE  
PLAN  
Escala 1:20

Situación Final (Vista en perfil)



CIERRE TIPO DE BOCAMINA TAPON SIMPLE  
PERFIL  
Escala 1:20



#### Propuestas de Cierre:

**Desmantelamiento:** Para la bocamina 13058 (MEM) se hará un retiro y traslado del material de hierro a un almacén temporal para su respectiva segregación y disposición final.

**Demolición:** No se ha considerado ningún procedimiento de demolición para este componente por no contar con estructuras de concreto.

**Estabilidad Física:** Las bocaminas 13058 no presentan efluente, se construirá un tapón simple con material de desmonte seleccionado.

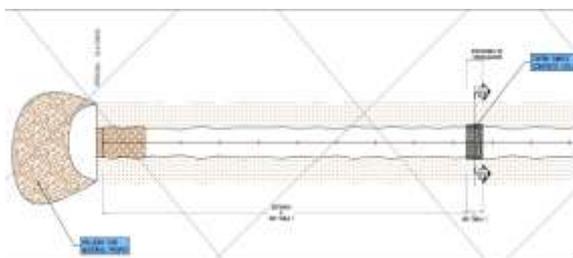
**Estabilidad Geoquímica:** Para cerrar la bocamina 13058 se usará una cobertura Tipo III, el cual no será revegetada y el volumen de material drenante granular que se agregará es de 5.3 m<sup>3</sup>.

**Estabilidad Hidrológica:** : Las bocaminas 13058 no presentan efluente

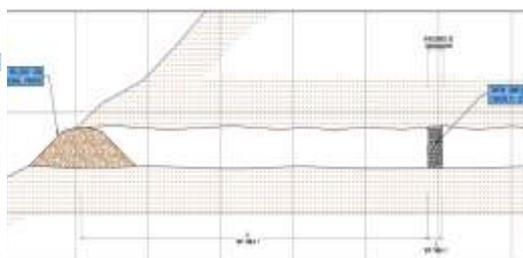
## FICHA TÉCNICA DE CIERRE

### Bocamina (13059)

*Situación Final (Vista en Planta)*



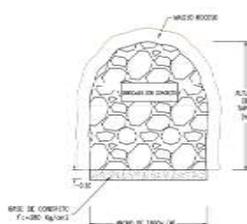
*Situación Final (Vista en perfil)*



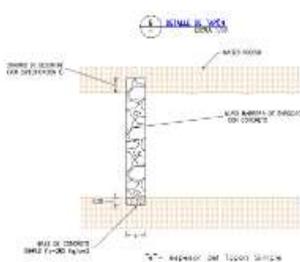
CIERRE TIPO DE BOCAMINA TAPON SIMPLE  
PLAN  
ESCALA 1:50

CIERRE TIPO DE BOCAMINA TAPON SIMPLE  
PERFIL LONGITUDINAL  
ESCALA 1:50

MURO BARRERA - ENROSCADO CON CONCRETO  
ESCALA 1:50



**Tapó**



#### Propuestas de Cierre:

**Desmantelamiento:** La Bocamina 13059 (MEM) se desinstalará y desmantelará los servicios de minas (Líneas de riele y carritos mineros), las cuales serán trasladadas a hacia un almacén temporal para su respectiva segregación y disposición final.

**Demolición:** No se ha considerado ningún procedimiento de demolición para este componente, porque no cuenta con estructuras de concreto.

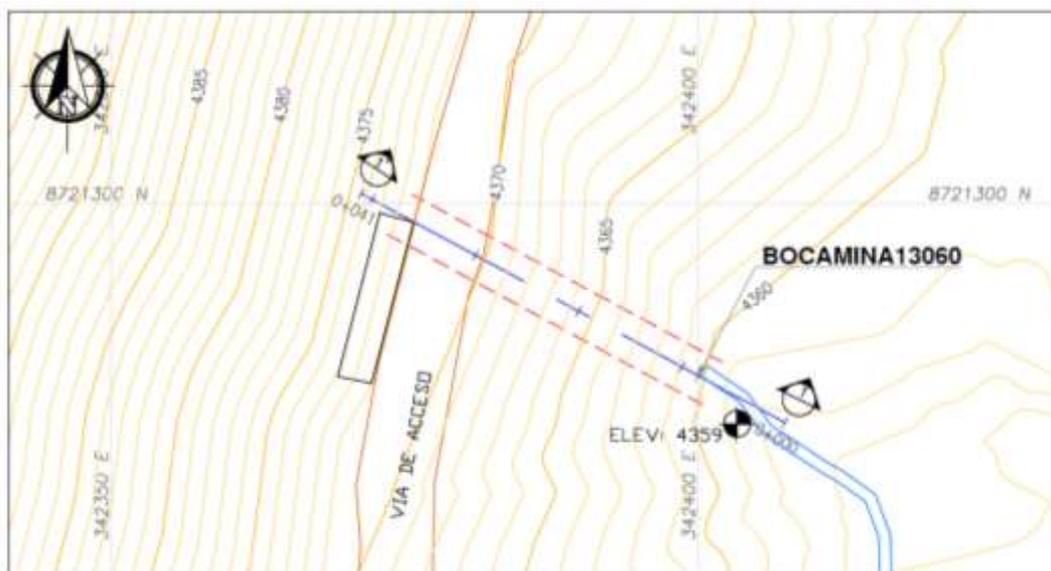
**Estabilidad Física:** Las bocaminas 13059 no presentan efluente, se construirá un tapón Simple con material de ripio de desmonte.

**Estabilidad Geoquímica:** Su cerrará con una cobertura Tipo III, el cual no será revegetada y el volumen de material drenante granular que se agregará será de 5.4 m<sup>3</sup>.

**Estabilidad Hidrológica:** Las bocaminas 13059 no presentan efluente de bocamina.

## FICHA TÉCNICA DE CIERRE

### Bocamina (13060)



#### Propuestas de Cierre:

**Desmantelamiento:** En la bocamina 13060 (MEM) no se ha considerado ningún procedimiento de desmantelamiento y demolición para este componente, porque no cuenta con estructuras o maquinarias a desmantelar.

**Demolición:** No Aplica.

**Estabilidad Física:** Según los análisis de la dinámica externa, se ha establecido que la aceleración sísmica máxima es de 0.32g. Esta magnitud se refiere a un evento sísmico con un periodo de retorno de 475 años y una probabilidad de excedencia del 10%. A partir de esta aceleración, se aconseja emplear un coeficiente sísmico de 0.22 en el análisis y diseño del cierre.

**Estabilidad Geoquímica:** No Aplica.

**Estabilidad Hidrológica:** Debido a que la bocamina se encuentra tapada con material del lugar, el manejo consistirá en un tratamiento pasivo aprovechando y mejorando el wetland que se encuentra localizado cerca del pasivo.

Ver Anexo VI: Planos CBM\_01; CBM\_02; CBM\_03.

#### 4.8. Cierre de áreas donde se encontraban las plantas de beneficio

La remediación consiste en la desinstalación de equipos y demolición de edificaciones de concreto para luego retirarlos, remover escombros y tratamiento de los suelos. Esto será evaluado por el profesional encargado del cierre de los PAM ya que pueden quedar estructuras que sean de utilidad para la comunidad. Este cierre debería ser comunicado y coordinado dentro de un Plan de Relaciones Comunitarias.

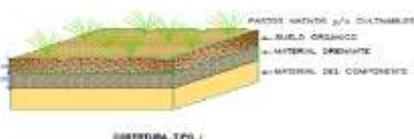
## FICHA TÉCNICA DE CIERRE

### Planta de Procesamiento (13064)

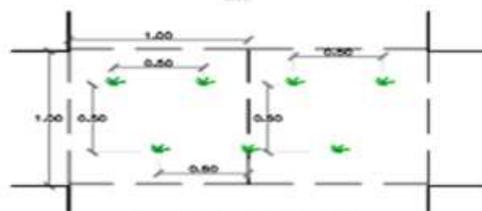
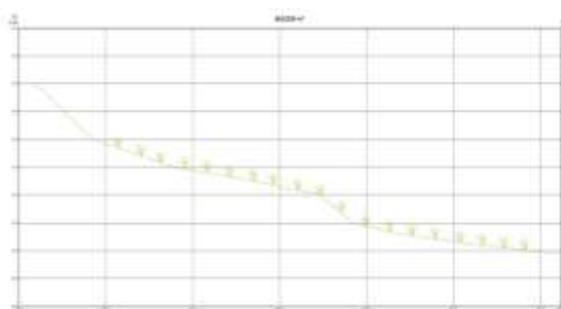
*Situación Final (Vista en Planta)*



Tipo I



*Situación Final (Vista en perfil)*



DETALLE DE REVEGETACION  
Y DISTRIBUCION MATAS DE ICHU  
Esc.: 1/20

#### Propuestas de Cierre:

**Desmantelamiento:** En la planta de procesamiento 13064 (MEM) se tiene proyectado el desinstalado de techos, paredes y estructuras metálicas. El PAM en mención contiene 27 elementos que lo conforman las cuales procederán a ser desmantelados.

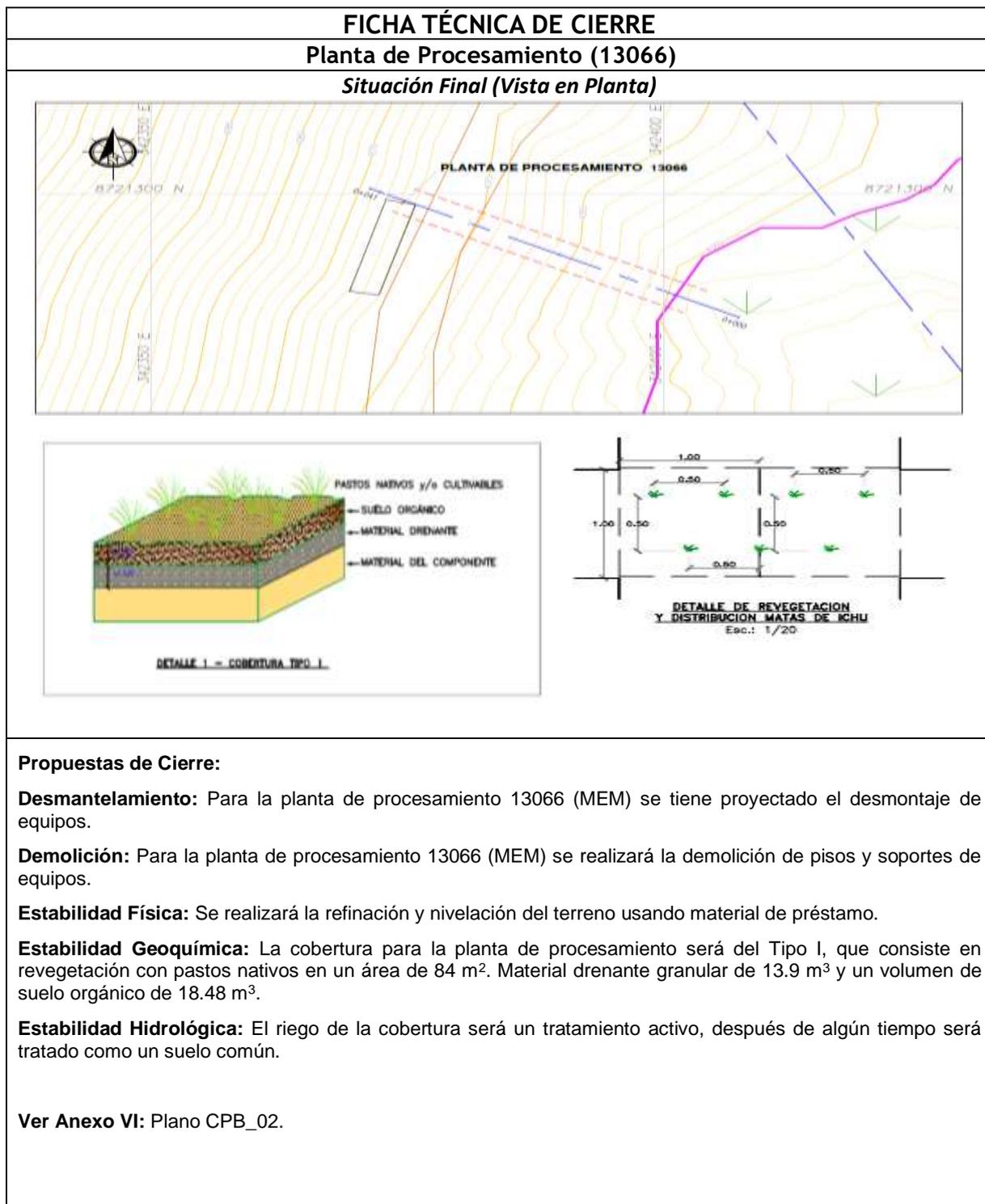
**Demolición:** Se procederá a demoler las plataformas de concreto sobre las que se encontraban las infraestructuras prefabricadas previa evaluación del ingeniero encargado.

**Estabilidad Física:** Haciendo uso del material de préstamo se realizará los trabajos de refine y nivelación a los elementos que conforman este pasivo.

**Estabilidad Geoquímica:** La cobertura que se implementará en la planta de beneficio será del Tipo I, y será revegetado con pastos nativos en un área de 2293 m<sup>2</sup>. Material drenante granular de 378.3 m<sup>3</sup> y un volumen de suelo orgánico de 504.46 m<sup>3</sup>.

**Estabilidad Hidrológica:** Una vez coberturado el lugar se hará un tratamiento activo para hacer seguimiento al crecimiento de las pasturas.

Ver Anexo VI: Plano CPB\_01.



#### 4.9. Actividades de cierre del desmonte de mina

Para remediar el lugar donde se encuentra este PAM es necesario otorgar al componente una estabilidad física que garantice su permanencia para luego proceder con la estabilidad química e hidrológica; previamente se hicieron los estudios necesarios.

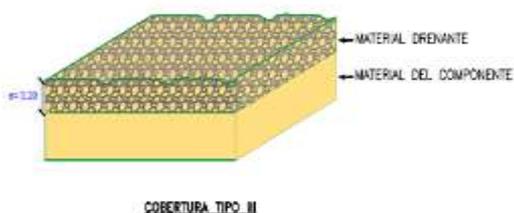
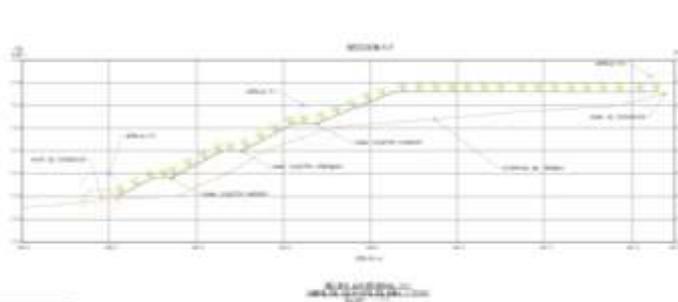
## FICHA TÉCNICA DE CIERRE

### Desmante de Mina (13056)

*Situación Final (Vista en Planta)*



*Situación Final (Vista en perfil)*



COBERTURA TIPO II

#### DETALLE DE REVEGETACION

##### DISTRIBUCIÓN DE MATAS



DETALLE DE REVEGETACION Y DISTRIBUCION MATAS DE ICHU

#### Propuestas de Cierre:

**Desmantelamiento:** Cerca del desmante de mina 13056 (MEM) se encuentra una carpintería (ubicada en la misma plataforma del pasivo en mención) el cual será desmantelado.

**Demolición:** No se ha considerado ningún procedimiento para este componente por no contarse con estructuras de concreto en los pasivos

**Estabilidad Física:** Se sugiere realizar una remodelación del perfil del talud mediante excavaciones y rellenos, así como la instalación de muros de contención y canales de derivación.

Después de implementar las medidas de cierre propuestas, el análisis geotécnico revela factores de seguridad que superan los umbrales mínimos recomendados. Esto sugiere que, en caso de inestabilidades o deslizamientos, estos eventos serían de alcance limitado, no constituyendo una amenaza significativa. Dichos movimientos se restringirían a áreas locales y no comprometerían la estabilidad general de los nuevos depósitos de relaves y desmante.

**Estabilidad Geoquímica:** Se usará una cobertura del Tipo I, la misma que será recubierta con un volumen de material drenante granular de 2048.1 m<sup>3</sup>.

**Estabilidad Hidrológica:** Se tiene proyectado implementar muros de contención y canales de coronación/derivación de agua cuyas aguas de no contacto serán derivadas hacia pozas de sedimentación para un tratamiento previo a su descarga. Construcción de canales de coronación en la parte alta con la finalidad de recolectar las aguas pluviales e impedir que el agua contacte con el desmante, desviándolo hacia la quebrada Piti sin que se contamine.

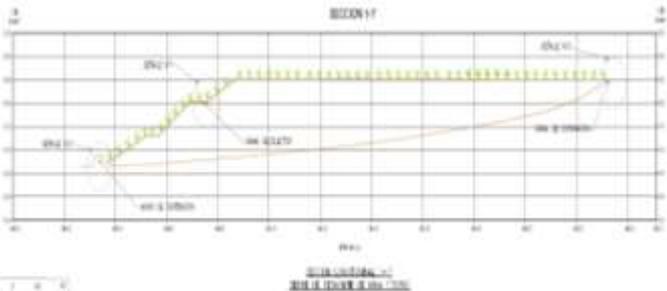
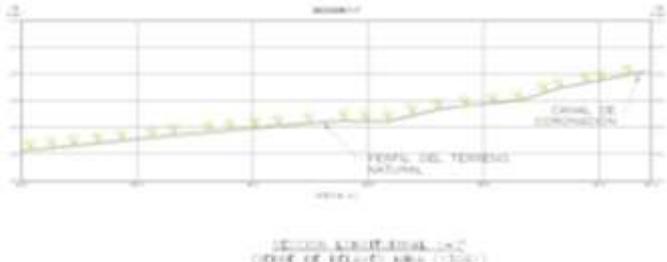
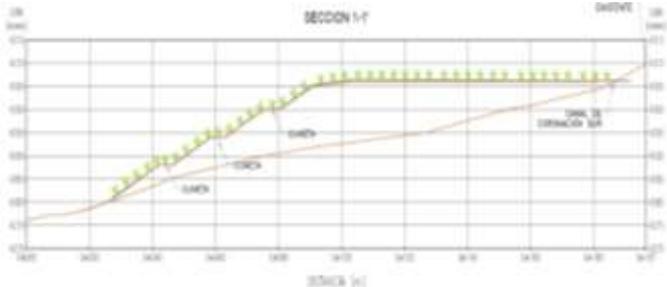
**Ver Anexo VI:** Plano CDM\_01.

#### 4.10. Actividades de Cierre de Relaveras

Se procederá con la estabilidad física con factores de seguridad geotécnica adecuados para que el encapsulamiento con una cobertura Tipo II sea sostenible en el tiempo, a ello se

suma la estabilidad hidrológica con la construcción de canales de coronación, derivación y drenes.

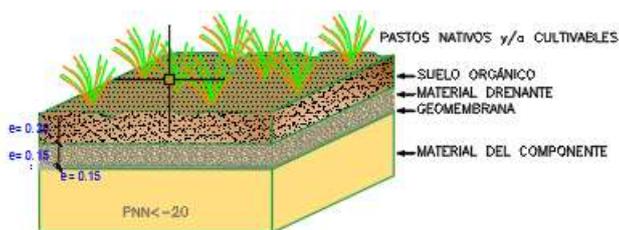
De acuerdo al bajo volumen del relave 13061 se ha determinado trasladarlo a la relavera 9988, por lo que se tendría solamente dos relaveras que remediar.

<b>FICHA TÉCNICA DE CIERRE</b>	
<b>Depósito de Relaves (9988, 13061, 13063)</b>	
<b><u>Relave 9988</u></b>	
	
	
<b><u>Relave 13063</u></b>	
	
<b>Propuestas de Cierre</b>	
<b>Desmantelamiento:</b> Los Relaves 9988, 13061 y 13063 (MEM), no presentan infraestructura ni equipos para desmantelar.	
<b>Demolición:</b> No se ha considerado ningún procedimiento de demolición para este componente porque no cuenta con estructuras de concreto.	
<b>Estabilidad Física:</b> Se llevará a cabo la evacuación completa de este depósito hacia la relavera 9988 (MEM). Su estabilidad física se logrará mediante la remodelación, refinamiento y nivelación utilizando material de préstamo seleccionado.	

En las relaveras 9988 y 13063, que están bajo la supervisión del Ministerio de Energía y Minas (MEM), se ha planeado implementar un conjunto de acciones destinadas a asegurar la estabilidad física. Estas medidas incluyen la remodelación del perfil, la refinación, el nivelado y la compactación, llevándose a cabo mediante la estabilización de los taludes, con la consideración de la incorporación de banquetas intermedias.

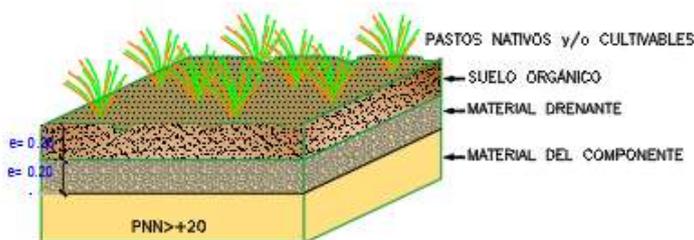
El análisis geotécnico de la estabilidad física, una vez que se hayan implementado las medidas de cierre propuestas, revela que los factores de seguridad superan los valores mínimos recomendados. Esto se interpreta como indicativo de que, en el caso de que se produzcan episodios de inestabilidad o deslizamientos, estos serán de magnitud limitada, ya que se limitarán a movimientos locales que no representarán una amenaza significativa para la integridad global de los componentes de gran impacto.

**Estabilidad Geoquímica:** Usar una cobertura Tipo II, será revegetada con pastos nativos en un área de 40 055 m<sup>2</sup>. Un volumen de material drenante granular de 6609.1 m<sup>3</sup> y un volumen de suelo orgánico de 8812.1 m<sup>3</sup>. Para evitar infiltraciones colocar geomembrana de 1.0 mm de espesor.



COBERTURA TIPO-II

En el caso de la relavera 13061, se llevará a cabo la instalación de una cobertura de Tipo I, que abarcará una superficie de 5574 metros cuadrados. Esta área será revegetada utilizando pastos nativos. También se incluirán 919.7 metros cúbicos de material drenante granular y 1226.28 metros cúbicos de suelo orgánico. Para prevenir infiltraciones, la cobertura contará con una geomembrana de 1.0 mm que cubrirá una superficie de 5574 metros cuadrados.



COBERTURA TIPO-I

En la relavera 13063, se llevará a cabo la instalación de una cobertura de Tipo I, que abarcará una superficie de 51362 metros cuadrados. Esta área será revegetada utilizando pastos nativos. También se incluirán 8474.7 metros cúbicos de material drenante granular y 11299.64 metros cúbicos de suelo orgánico. Para prevenir infiltraciones en el suelo, se colocará una geomembrana con un espesor de 1.0 milímetros.

**Estabilidad Hidrológica.-** En el caso del depósito de relaves 13061 supervisado por el Ministerio de Energía y Minas (MEM), se llevará a cabo la eliminación total del depósito, trasladando su contenido hacia la relavera 9988 también bajo la jurisdicción del MEM. Allí se procederá a nivelar y compactar el material para garantizar su estabilidad física, sin que sea necesario realizar ninguna actividad relacionada con la estabilidad hidrológica.

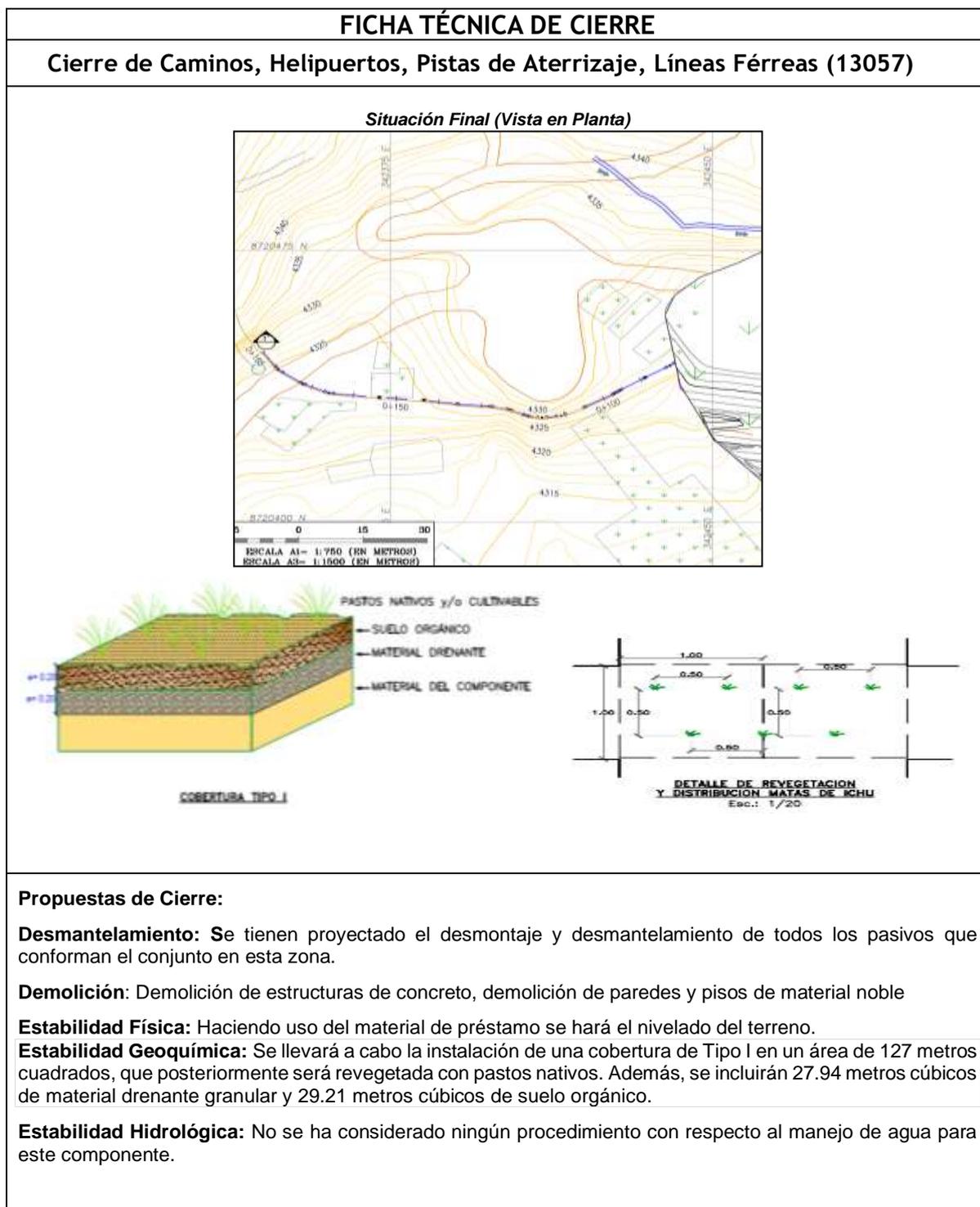
En lo que respecta a los Depósitos de relaves 9988 y 13063 bajo la supervisión del MEM, se planea construir muros de contención y canales de recolección de agua. Los efluentes generados serán conducidos hacia pozas de sedimentación con el propósito de separar los sólidos suspendidos. Además, en la parte superior del depósito de relaves se establecerá un canal de coronación para evitar la entrada de agua al depósito y direccionarla de manera que no se contamine, redirigiéndola hacia el río Antaragra.

Ver Anexo VI: Planos: CR-01; CR-02; CR-03.

#### 4.11. Actividades de Cierre de otros componentes

Se propone la desinstalación de componentes de infraestructura civil y demolición de estructuras de tierra los mismos que servirán para nivelar el terreno y recuperación de suelos.

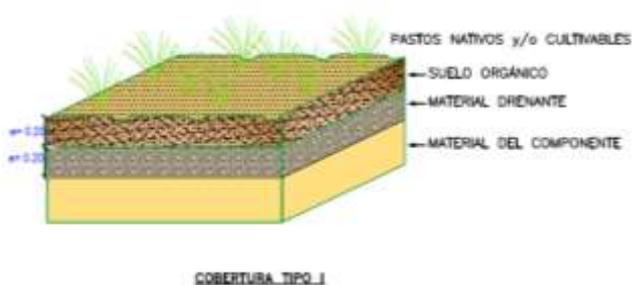
El profesional encargado bajo un Plan de Relaciones Comunitarias procederá.



## FICHA TÉCNICA DE CIERRE

Campamentos oficinas y talleres (514, 9977, 9979, 9989, 9991, 9993, 13055)

*Situación Final (Vista en Planta)*



### Propuestas de Cierre:

**Desmantelamiento:** Desmantelamiento de la infraestructura prefabricada, clasificando aquellas que se encuentran demasiado deterioradas de las que se pueden reutilizar.

**Demolición:** Paredes y pisos de concreto serán demolidos para conformar gaviones cubiertos con piedra del lugar y formar contrafuertes en las desmonteras.

**Estabilidad Física:** En los Campamentos, oficinas y talleres (514, 9977, 9979, 9989, 9991, 9993, 13055 y 13062) se realizarán actividades de nivelación del terreno con el suelo del lugar y el material de préstamo.

**Estabilidad Geoquímica:** La cobertura será del Tipo I, y será revegetado con pastos nativos. Contará con material drenante granular y suelo orgánico.

**Estabilidad Hidrológica:** No se ha considerado ningún procedimiento con respecto al manejo de agua para este componente.

-  Planta de beneficio, talleres, estaciones eléctricas.
-  Talleres de mantenimiento, almacenes.
-  Campamentos en general.

## CONCLUSIONES

- El análisis topográfico detallado, con curvas de nivel cada metro, se ha utilizado para calcular las dimensiones geométricas y volumétricas de los Pasivos Ambientales Mineros-PAM de gran impacto que están afectando los ecosistemas de la microcuenca.
- Los datos detallados de topografía han sido esenciales para los planes de estabilidad física y monitoreo geotécnico. La implementación y desarrollo de los diseños de ingeniería han sido guiados por estos estudios, con el objetivo de prevenir desplazamientos de relaves o desmontes. Con los estudios hidrológico e hidrogeológico nos ha permitido dimensionar los componentes hidráulicos que se instalarán para cada componente formulándose canales de coronación y canales derivación los mismos que evitarán la erosión hídrica garantizando permanencia en el tiempo.
- En el Test ABA realizado al desmonte PAM:13056), el Potencial neto de neutralización resulta 25.38 lo cual indica que el pasivo presenta un Nulo potencial de Generación de acidez.
- Las condiciones pseudo estáticas del desmonte presenta un valor muy inferior a lo recomendado siendo este en la actualidad igual a 0.663 indicando que cualquier movimiento sísmico o erosión de sus laderas el componente sufrirá un desmoronamiento pudiendo llegar al colapso.
- En el Test ABA realizado al relave (PAM:9988), el Potencial Neto de Neutralización resulta 38.82 lo cual indica que el pasivo presenta un Bajo potencial de Generación de Ácido (No genera drenaje ácido de roca).
- La estabilidad física a condiciones pseudoestáticas presenta un valor de 0.902 indicando este valor que el componente colapsa ante cualquier situación de riesgo.
- El Test ABA realizado (Relave 13063), el PNN es de 34.8 indicando que el pasivo NO genera drenaje ácido de roca.

- La estabilidad física a condiciones estáticas presenta un valor de 1.273 indicando este valor que su estabilidad física se encuentra dentro de un valor seguro. El componente no presenta otras infraestructuras que garanticen esta estabilidad.
- Para el cierre e las relaveras se propone usar una cobertura Tipo II, será revegetada con pastos nativos en un área de 40 055 m<sup>2</sup>. Un volumen de material drenante granular de 6609.1 m<sup>3</sup> y un volumen de suelo orgánico de 8812.1 m<sup>3</sup>. Para evitar infiltraciones colocar geomembrana de 1.0 mm de espesor.
- La desmontera será reperfilada y contará con una cobertura Tipo I por no ser generadora de acidez. Contará con canales de coronación, canales de derivación e hitos de control topográfico para garantizar su estabilidad física.
- Se diseñaron acciones con el propósito de preservar la estabilidad hidrológica de la microcuenca del río Conay, la cual forma parte de la cuenca del río Rímac. Estas medidas se orientaron hacia la conservación del equilibrio natural, y para lograrlo, se estableció un sistema de cierre que comprende la implementación de canales y dispositivos herméticos.
- Con las medidas de remediación propuestas se recuperarán los ecosistemas de la microcuenca del Rímac garantizando su sostenibilidad bajo un monitoreo activo.
- En la zona de descarga del sistema se observan niveles o galerías subterráneas, los cuales se comportan como drenes que captan los flujos subterráneos del acuífero fisurado. Asimismo, otras zonas de descarga son los afloramientos de manantiales de pie de ladera que alimentan a los bofedales y al río Piti.

## RECOMENDACIONES

- En el transcurso de la reconfiguración de taludes y la creación de bancos en las áreas de desmonte y relaveras, se recomienda llevar a cabo evaluaciones continuas de los materiales encontrados durante las operaciones de movimiento de tierra. Esta práctica tiene como objetivo anticipar posibles situaciones de inestabilidad que puedan surgir debido a la presencia de zonas de suelos menos competentes que no hayan sido identificadas previamente durante la investigación en campo, dada la diversidad de unidades geotécnicas presentes.
- En el transcurso de la reconfiguración de taludes y la creación de bancos en las áreas de desmonte y relaveras, se recomienda llevar a cabo evaluaciones continuas de los materiales encontrados durante las operaciones de movimiento de tierra. Esta práctica tiene como objetivo anticipar posibles situaciones de inestabilidad que puedan surgir debido a la presencia de zonas de suelos menos competentes que no hayan sido identificadas previamente durante la investigación en campo, dada la diversidad de unidades geotécnicas presentes.
- Después de la ejecución de las acciones de cierre planificadas para los Pasivos Ambientales Mineros (PAM), al efectuar una revisión geotécnica de la estabilidad física, se observan factores de seguridad que superan los valores mínimos recomendados. Esto se interpreta como indicativo de que, en caso de que se produzca alguna forma de inestabilidad o deslizamiento, estos serán de alcance limitado, ya que se limitarán a movimientos locales que no comprometerán la integridad global de los nuevos depósitos de relaves y desmonte.
- Después de llevar a cabo las acciones de cierre propuestas, se sugiere implementar un plan de monitoreo para los Pasivos Ambientales Mineros (PAM) de gran impacto, como relaveras y desmontes. Esto implica la instalación de hitos o bases y puntos de control en las crestas de los taludes de cada una de estas áreas. Se puede consultar el Anexo VI: Plano GT-01 Monitoreo Geotécnico para obtener más detalles.

## REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- ANA. «Autoridad Nacional del Agua.» Política y estrategia nacional de recursos hídricos del Perú. 2009. [http://www.ana.gob.pe/media/532987/politicas\\_estrategias\\_rh.pdf](http://www.ana.gob.pe/media/532987/politicas_estrategias_rh.pdf) (último acceso: 5 de Setiembre de 2014).
- Arias, F. (2006). El Proyecto de Investigación. (6ta. Ed.). Editorial Episteme. <https://abacoenred.org/wp-content/uploads/2019/02/El-proyecto-de-investigaci%C3%B3n-F.G.-Arias-2012-pdf-1.pdf>.
- AYALA CARCEDO, L.; VADILLO, L. (2004) Manual de Restauracion de Terrenos y Evaluación de Impactos Ambientales en Minería. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas y Energía. Universidad Politécnica de Madrid.
- Bieniawski, Z. (1989). Engineering Rock Mass Classifications: A Complete Manual for Engineers and Geologists in Mining, Civil, and Petroleum Engineering. (Ed. Única, Ed. Física). Editorial Wiley.
- CAMAHUALI, W.; LANDEO, J.; CAMAHUALI, E.; RIVAS, M. (2008) Plan de Cierre de los Pasivos Ambientales Mineros Históricos. Corporación Minera Sinchao S.A.C.
- CEPAL. Macroeconomía del Desarrollo 157. Buenas prácticas que favorezcan una minería sustentable - La problemática en torno a los pasivos ambientales mineros en Australia, Canadá, Chile, Colombia, Estados Unidos, México y Perú.
- CHAVEZ J.- CISMID (2006) “Leyes de atenuación para aceleraciones espectrales en el Perú”.
- CORZO REMIGIO, A. (2015). Impacto de los pasivos ambientales mineros en el recurso hídrico de la microcuenca Quebrada Parac, distrito de San Mateo de Huanchor, Lima. Pontificia Universidad Católica del Perú - Escuela de Posgrado.
- DEFENSORÍA DEL PUEBLO (2015) Un llamado a la Remediación. Informe N°171 Primera Edición: Lima Perú, junio 2015
- EL PERUANO (2004) Ley N°28271, Ley que Regula los Pasivos Ambientales de la Actividad Minera. p. 271834

HAZIN, M. Saade (2014); "Macroeconomía del Desarrollo". Buenas prácticas que favorezcan una minería sustentable. La problemática en torno a los pasivos ambientales mineros en Australia, Canadá, Chile, Colombia, Estados Unidos, México y Perú. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL N°157.

Hernández-Sampieri, C., Fernández, C. & Baptista, P. (2023). Metodología de la investigación (6ta ed., Edición virtual). Editorial Mc Graw Hill. <https://www.esup.edu.pe/wp-content/uploads/2020/12/2.%20Hernandez,%20Fernandez%20y%20Baptista-Metodolog%C3%ADa%20Investigacion%20Cientifica%206ta%20ed.pdf>

KIRSCHBAUM, A.; MURRAY, J.; ARNOSIO, J.; TONDA, R. CACCIABUE, L. (2012). Pasivos Ambientales Mineros en el noroeste de Argentina: Aspectos mineralógicos, geoquímicos y consecuencias ambientales. Editorial: Universidad Nacional Autónoma de México. Centro de Geociencias.

R. MORRAL; E. JIMENO; P MOLERA (1982) Metalurgia General. Editorial REVERTÉ

MERINO L. M. (2002). "La depuración de aguas residuales urbanas de pequeñas poblaciones mediante infiltración directa en el terreno" Ministerio de Ciencia y Tecnología, España.

VILLÓN BÉJAR (2004) HIDROLOGÍA Editorial Tecnología de Costa Rica.

MARTINEZ ALFAROP.; MARTINEZ SANTOS C. (2005) FUNDAMENTOS DE HIDROGEOLOGÍA. Ediciones Mundi Prensa BARCELONA-ESPAÑA.

Ministerio del Ambiente: Límites Máximos Permisibles (LMP) para la descarga de efluentes líquidos de actividades Minero – Metalúrgicas, Decreto Supremo 010-2010-MINAM.

Ministerio del Ambiente: Estándares de Calidad Ambiental para Agua (ECA Agua), Decreto Supremo N°015-2015-MINAM.

Ministerio del Ambiente: Estándares de Calidad Ambiental para Suelo (ECA Suelo), Decreto Supremo N°002-2014-MINAM.

Ministerio de Energía y Minas, (2010). Guía para la Elaboración de Planes de Cierre de Pasivos Ambientales Mineros). Lima-Perú.

PETERSEN U.; Diaz N. (1972) Geología de la Región Minera Colqui. Sociedad Geológica Perú, Vol. 42, P. 5-20 (Huarochiri-Lima.

ROCSCIENCE, Alaska Rocks (2005), 40.º Simposio estadounidense sobre mecánica de rocas (USRMS).

YOUNGS R., WONG I., SILVA W. & GREGOR N. (2002) "Relaciones de atenuación del movimiento del suelo para los megasismos de la zona de subducción de Cascadia basados en un modelo estocástico de fallas finitas".

**ANEXOS**

# ANEXO I

## MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS		VARIABLES		INDICADORES
		Dependiente	Independiente	Dependiente	Independiente	
<p>¿Es suficiente el alcance de los parámetros del Diseño de Ingeniería en el Cierre de Pasivos Ambientales Mineros propuesto por el Decreto Ley N°28271 y su Reglamento, para recuperar los ecosistemas de una cuenca hidrográfica?</p>	<p><b>Objetivo general</b> Establecer el diseño de ingeniería en el cierre de Pasivos Ambientales Mineros para la recuperación de los ecosistemas de una micro cuenca hidrográfica del Rímac</p> <p><b>Objetivos específicos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Evaluar los parámetros de estabilidad de los Pasivos Ambientales Mineros para la recuperación de los ecosistemas de una micro cuenca hidrográfica del Rímac</li> <li>• Plantear el diseño de ingeniería de los Pasivos Ambientales Mineros para la recuperación de los ecosistemas de una micro cuenca hidrográfica del Rímac.</li> </ul>	<p><b>Hipótesis general</b> El diseño de ingeniería en el cierre de Pasivos Ambientales Mineros permitirá la recuperación de los ecosistemas de una micro cuenca hidrográfica del Rímac.</p> <p><b>Hipótesis específica:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Evaluar los parámetros de estabilidad de los Pasivos Ambientales Mineros llevará a la recuperación de los ecosistemas de una micro cuenca hidrográfica del Rímac</li> <li>• Logrando el equilibrio ácido-base se logrará la estabilidad de los componentes.</li> </ul>	<p><b>Dependiente</b></p>	<p><b>Independiente</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Físicos</b> Desplazamiento anual del tabud en 5.00 mm como máximo.</li> <li>• <b>Químicos</b> Parámetros requeridos para alcanzar la estabilidad. PNN&gt;20 PN/PA&gt;3</li> <li>• <b>Hidroológicos:</b> Alcanzar los LMP y ECA agua después del cierre de los PAM y post cierre.</li> </ul>	

## ANEXO II INFORMES DE ENSAYO

### ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO - HUAMPAR



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**

**Facultad de Ingeniería Química y Textil**  
**Laboratorio N° 21 - Investigación y Química Aplicada**

#### INFORME TECNICO N ° 02-10LAB.21-16

**SOLICITANTE** : FOM PER SAC  
**REGISTRO** : S16-074

**MUESTRA** : SUELO  
Muestra identificada y proporcionada por el solicitante

**OBRA** : PLAN DE CIERRE DE PASIVOS AMBIENTALES MINEROS  
DE LA EX UNIDAD MINERA HUAMPAR

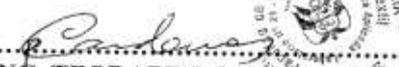
**UBICACIÓN** : REGION ANCASH, PROV. HUARI, DIST. HUARI

**ENSAYO** : ANALISIS FISICOQUIMICO

**FECHA** : 12-02-16

#### REPORTE DE RESULTADOS

PARAMETRO	REPORTE
TEST ABA	
pH(pasta)	8,11
AZUFRE (sulfuro), %	0,01
Kg CaCO <sub>3</sub> equiv. /t material	
PN	1,86
PA	0,79
PN/PA	2,34
PNN	1,07
CLORUROS, %	0,014
SULFATOS, %	0,032

  
 .....  
**ING. TEODARDO J. CARDENAS MENDOZA**  
 Jefe del LAB.21

## EVALUACIÓN DE METALES Y RELAVES - HUAMPAR



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Química y Textil

Laboratorio N° 21 - Investigación y Química Aplicada

## INFORME TECNICO

N° 02-10LAB.21-16

SOLICITANTE : FOM PER SAC  
 REGISTRO : S16-074  
 MUESTRA : SUELO  
 OBRA : Muestra identificada y proporcionada por el solicitante  
 PLAN DE CIERRE DE PASIVOS AMBIENTALES MINEROS  
 DE LA EX UNIDAD MINERA HUAMPAR  
 UBICACIÓN : REGION ANCASH, PROV. HUARI, DIST. HUARI  
 ENSAYO : ANALISIS FISICOQUIMICO  
 FECHA : 12-02-16

.....

 REPORTE DE RESULTADOS

PARAMETRO	REPORTE
TEST ABA	
pH(pasta)	8,11
AZUFRE (sulfuro), %	0,01
Kg CaCO <sub>3</sub> equiv. /t material	
PN	1,86
PA	0,79
PN/PA	2,34
PNN	1,07
CLORUROS, %	0,014
SULFATOS, %	0,032

  
 ING. TEODARDO J. CARDENAS MENDOZA  
 Jefe del LAB.21

## 2.1

**Muestra**

Compósito de Ca-Rev2-Planta Concentradora y  
Ca-Rev3-Planta Concentradora

Corresponde a relave de color marrón claro constituido por partículas de cuarzo y arcillas con menor proporción de sulfuros, carbonatos, partículas de roca volcánica. Los óxidos están presentes como pátinas recubriendo el cuarzo y las rocas. Su composición y abundancia mineralógica se indica en la tabla siguiente:

Minerales / Compósito de Ca-Rev2-Planta Concentradora y Ca-Rev3-Planta Concentradora	Formula	% en Peso
Cuarzo	SiO <sub>2</sub>	48.94
Calcita	CaCO <sub>3</sub>	4.63
Ortoclasa	K(AlSi <sub>3</sub> O <sub>8</sub> )	4.26
Albita	Na(AlSi <sub>3</sub> O <sub>8</sub> )	1.53
Anortita	Ca(Al <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>8</sub> )	1.10
Pirita	FeS <sub>2</sub>	1.851
Calcopirita	CuFeS <sub>2</sub>	0.046
Esfalerita	(Zn,Fe)S	0.276
Galena	PbS	0.104
Hematita	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.86
Pirolusita	MnO <sub>2</sub>	1.18
Montmorillonita	Ca <sub>0.2</sub> (Al,Mg) <sub>2</sub> Si <sub>4</sub> O <sub>10</sub> (OH) <sub>2</sub> ·4H <sub>2</sub> O	34.00
Arsenopirita	FeAsS	0.22

## 3.- RESULTADO DEL ANALISIS DE METALES

La distribución de metales en la muestra determinado por métodos de espectrometría de absorción atómica por flama para plomo y cadmio, hidruros para el arsénico y vapor frío para el mercurio se indica en la tabla siguiente.

Metales	Unidades	Compósito de Ca-Rev2-Planta Concentradora y Ca-Rev3-Planta Concentradora
Plomo	mg/Kg	711
Cadmio	mg/Kg	18
Arsénico	mg/Kg	1028
Mercurio	mg/Kg	6

Muestra analizada según métodos del Standard Methods For The Examination of Water & Wastewater-2005

#### 4.-RESULTADO DEL ANÁLISIS DE CIANURO

La determinación de cianuro libre se realiza por solubilización en medio acuoso seguido de una titulación del cianuro, la determinación del cianuro WAD correspondiente al cianuro disociable en ácido débil del ácido acético y el cianuro total corresponde al cianuro obtenido por solubilización en medio sulfúrico, en los dos casos finales se realiza destilación para separación del ácido cianhídrico y atrape en solución de hidróxido de sodio seguido de una valoración final.

	Unidades	Compósito de Ca-Rev2-Planta Concentradora y Ca-Rev3-Planta Concentradora I
Cianuro Libre	mg/Kg	1.4
Cianuro WAD	mg/Kg	4.2
Cianuro Total	mg/Kg	19.8

Muestra analizada según métodos del Standard Methods For The Examination of Water & Wastewater-2005

Lima, 17 de Febrero del 2016

  
  
**MSc. Atilio Mendoza A.**  
**Jefe Lab. ESPECTROMETRIA**

Se adjuntan fotografías y microfotografía de muestra, indicando sus características y determinación de cianuro.

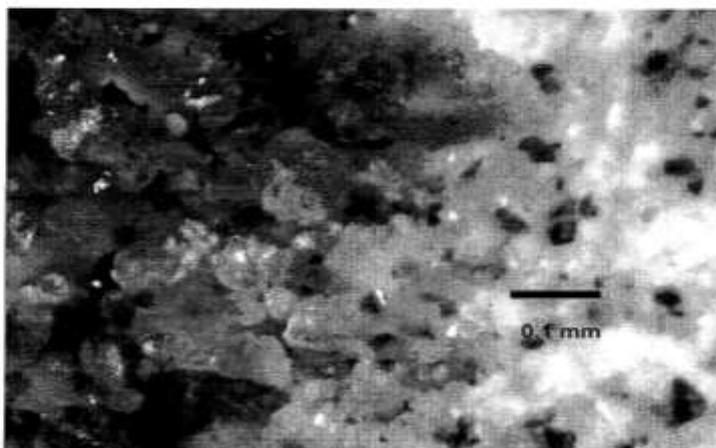
**FOTOGRAFÍA DE COMPÓSITO DE RELAVES DE LA EX – UNIDAD  
MINERA HUAMPAR.**

Compósito de Ca-Rev2-Planta Concentradora y  
Ca-Rev3-Planta Concentradora



Relave marrón claro constituido por abundante partículas de cuarzo y arcillas

**MICROFOTOGRAFÍA DE FRACCIÓN DE PARTÍCULAS DEL COMPÓSITO  
DE RELAVES DE LA EX - UNIDAD MINERA HUAMPAR.**



Fracción granular constituido por partículas de cuarzo con menor proporción de sulfuros, carbonatos, partículas de roca volcánica. Los óxidos están presentes como pátinas recubriendo el cuarzo y las rocas.

**EQUIPO PARA DETERMINACIÓN DE CIANURO WAD Y TOTAL**



Determinación de cianuro WAD(Cianuro disociable en ácido débil) y Total por destilación del relave en medio acuoso con ácido acético y ácido sulfúrico.



**MECÁNICA DE ROCAS - HUAMPAR**  
**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**  
**Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica**  
**Laboratorio de Mecánica de Rocas**

Lima, 10 de Febrero del 2016

Informe N° 018/16/LMR/UNI

Señores  
**FOM PER S.A.C.**  
Presente.-

De nuestra consideración:

Sírvanse encontrar adjunto los resultados de los ensayos del Laboratorio de Mecánica de Rocas asociados al proyecto **“PLAN DE CIERRE DE PASIVOS AMBIENTALES MINEROS DE LA EX UNIDAD MINERA HUAMPAR”** ubicado en el distrito de Huanza, provincia de Huarochiri, departamento de Lima.

Atentamente,

  
  
**MSc. Ing. Nestor David Córdova Rojas**  
**Jefe del Laboratorio de Mecánica de Rocas**  
**Universidad Nacional de Ingeniería**



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**

**Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica**

Laboratorio de Mecánica de Rocas

**INFORME N° 018/16/LMR/UNI**

**ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL  
ENSAYO DE CARGA PUNTUAL**

Solicitado por:  
**FOM PER S.A.C.**

Muestra: Bloques Rocosos



Fecha: 10 de Febrero del 2016



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Laboratorio de Mecánica de Rocas

INFORME N° 018/16/LMR/UNI

ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL  
ENSAYO DE CARGA PUNTUAL

Solicitado por:  
FOM PER S.A.C.

Muestra: Bloques Rocosos



Fecha: 10 de Febrero del 2016



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Laboratorio de Mecánica de Rocas

INFORME N° 018/16/LMR/UNI

ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL  
ENSAYO DE CARGA PUNTUAL

Solicitado por:  
FOM PER S.A.C.

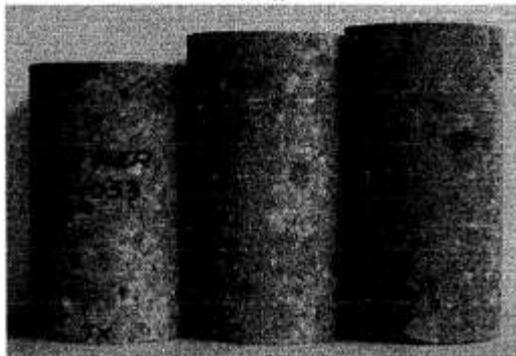
Muestra: Bloques Rocosos



Fecha: 10 de Febrero del 2016

**FOTOS: COMPRESION TRIAXIAL***Muestra: B-1053*

Antes



Después

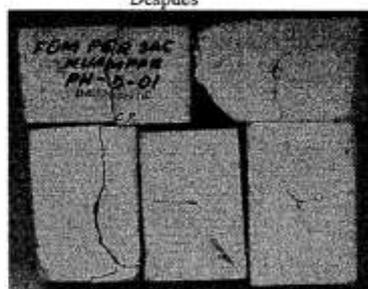


**FOTOS: CARGA PUNTUAL*****Muestra: Huampa PH-D-01 Desmorte***

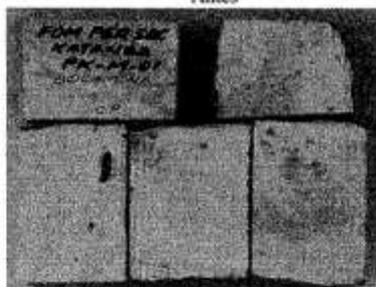
Antes



Después

***Muestra: Katanga PK-M-01 Bocamina***

Antes



Después





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Oficina Central de Economía y Finanzas  
UNIDAD DE TESORERIA

Av. Túpac Amaru 210 - Rimac - Lima - Lima  
Telf.: 482-5072

R.U.C.: 20169004359

FACTURA

004 N° 0051542

004 - 0051542

87

RAZON SOCIAL: FOM PER SOCIEDAD ANONIMA CERRADA CAL. CHAQUILCHACA NRO. 137 LIMA - LIMA - SAN MIGUEL		R.U.C.: 20012772952	
DIRECCION: 390301 FIGMM Laboratorio de Mecánica de Rocas		FECHA: 10/02/2016	
DEPENDENCIA:		FECHA:	
DESCRIPCION		P. UNIT.	SUB - TOTAL
ANALISIS LABORATORIO - FACULTAD CANCELACION DE ENSAYOS (BLOQUES) TRABAJAL		13362302	740.00
- 02 ENSAYOS DE CARGA PUNTUAL - 01 ENSAYO DE COMPRESION			740.00
06002 Ss. Laboratorio de Mecánica de Rocas			
		Subtotal	740.00
		IGV 18%	133.20
		<b>SV</b>	<b>873.20</b>
SON: <b>Una vez abandonada la ventana NO HAY LUGAR A RECLAMO</b>		TOTAL	
Reg. silno	10/02/2016 03:27:21 p.m.		
Impr. silno	10/02/2016 03:27:31 p.m.		
	LIMA, DE DEL		

TECNOLOGIAS S.A. P. 200507 TEL: 241-0800 FAX: 241-0801 AL 2000-0000 AL 2000-0000 FAX: 241-0801

CANCELADO

ADQUIRENTE O USUARIO

## MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS - HUAMPAR



## UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

**Facultad de Ingeniería Civil**  
**Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos y Pavimentos**

Av. Túpac Amaru N° 210 - Lima 25 - Perú    Telefax: 381-3842

## INFORME N° S16-074

SOLICITANTE : FOMPER S.A.C.  
 PROYECTO : PLAN DE CIERRE DE PASIVOS AMBIENTALES MINEROS DE LA  
 EX UNIDAD MINERA HUAMPAR  
 UBICACION : REGION LIMA, PROVINCIA HUAROCHIRI, DISTRITO HUANZA.  
 FECHA : 12 DE FEBRERO DEL 2016

## RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO

## ENSAYO DE PESO VOLUMÉTRICO DE LOS SUELOS COHESIVOS NTP 339.139

Peso Volumétrico (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.763

Nota - La muestra fue remitida e identificada por el Solicitante  
 Ejecución: Ing. J. Huambo Ch  
 Revisión: Ing. Hector Espinoza Ccente

  
 ING. HECTOR ESPINOZA CCENTE  
 JEFE (M) LABORATORIO N° 02 MECANICA  
 DE SUELOS Y PAVIMENTOS UNI-FIC





# UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

## Facultad de Ingeniería Civil Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos y Pavimentos

Av. Túpac Amaru N° 210 - Lima 25 - Perú    Telefax: 381-3842

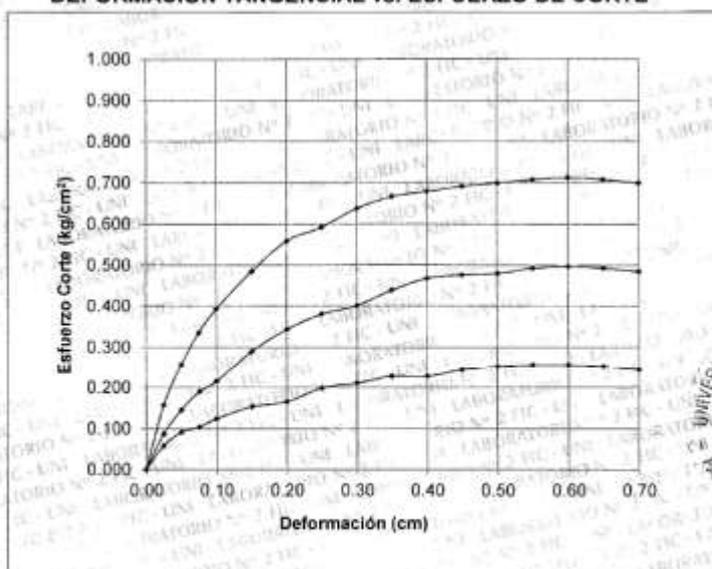
### INFORME N° S16-074

**SOLICITANTE :** FOMPER S.A.C.  
**PROYECTO :** PLAN DE CIERRE DE PASIVOS AMBIENTALES MINEROS DE LA EX UNIDAD MINERA HUAMPAR  
**UBICACIÓN :** REGION LIMA, PROVINCIA HUAROCHIRI, DISTRITO HUANZA.  
**FECHA :** 12 DE FEBRERO DEL 2016

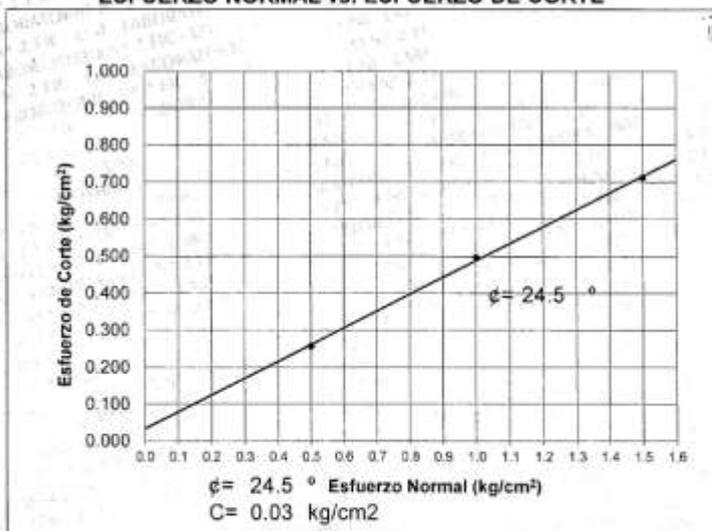
### ENSAYO DE CORTE DIRECTO ASTM D 3080

**Estado :** Remoldeado (con la matriz < Tamiz N° 4)

#### DEFORMACION TANGENCIAL vs. ESFUERZO DE CORTE



#### ESFUERZO NORMAL vs. ESFUERZO DE CORTE



ING. HECTOR ESPINOZA CENTE  
 IPE (M) LABORATORIO N° 02 MECANICA  
 DE SUELOS Y PAVIMENTOS UNI-FIC



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

## Facultad de Ingeniería Civil Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos y Pavimentos

Av. Túpac Amaru N° 210 - Lima 25 - Perú    Telefax: 381-3842

### INFORME N° S16-074

**SOLICITANTE :** FOMPER S.A.C.  
**PROYECTO :** PLAN DE CIERRE DE PASIVOS AMBIENTALES MINEROS DE LA EX UNIDAD MINERA HUAMPAR  
**UBICACIÓN :** REGIÓN LIMA, PROVINCIA HUAROCHIRI, DISTRITO HUANZA.  
**FECHA :** 12 DE FEBRERO DEL 2016

### ENSAYO DE CORTE DIRECTO ASTM D 3080

**Estado :** Remoldeado (con la matriz < Tamiz N° 4)

Especimen N°	I	II	III
Diametro del anillo (cm.)	6.36	6.36	6.36
Altura Inicial de la muestra (cm.)	2.16	2.16	2.16
Densidad húmeda inicial (g/cm <sup>3</sup> )	1.763	1.763	1.763
Densidad seca inicial (g/cm <sup>3</sup> )	1.486	1.486	1.486
Cont. de humedad inicial (%)	18.6	18.6	18.6
Altura de la muestra antes de aplicar el esfuerzo de corte (cm.)	2.08	2.05	2.03
Altura final de la muestra (cm.)	2.03	2.00	1.97
Densidad húmeda final (g/cm <sup>3</sup> )	2.017	2.035	2.049
Densidad seca final (g/cm <sup>3</sup> )	1.581	1.605	1.630
Cont. de humedad final (%)	27.5	26.8	25.7
Esfuerzo normal (kg/cm <sup>2</sup> )	0.5	1.0	1.5
Esfuerzo de corte máximo (kg/cm <sup>2</sup> )	0.257	0.497	0.712
Angulo de fricción interna :	<b>24.5 °</b>		
Cohesión (Kg/cm <sup>2</sup> ) :	<b>0.03</b>		

*Nota : Los especímenes se remoldearon con la densidad proporcionada por el cliente  
 Muestra remitida e identificada por el solicitante*

Realizado por:

Yéc. J. Huambo Ch.

Revisado por:

Ing. Hector Espinoza Ccente

  
**ING. HECTOR ESPINOZA CCENTE**  
 JEFE (H) LABORATORIO N° 02 MECANICA  
 DE SUELOS Y PAVIMENTOS - UNI - FIC





# UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

## Facultad de Ingeniería Civil Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos y Pavimentos

Av. Túpac Amaru N° 210 - Lima 25 - Perú    Telefax: 381-3842

### INFORME N° S16-074

**SOLICITANTE :** FOMPER S.A.C.  
**PROYECTO :** PLAN DE CIERRE DE PASIVOS AMBIENTALES MINEROS DE LA  
 EX UNIDAD MINERA HUAMPAR  
**UBICACIÓN :** REGION LIMA, PROVINCIA HUAROCHIRI, DISTRITO HUANZA.  
**FECHA :** 12 DE FEBRERO DEL 2016

### REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

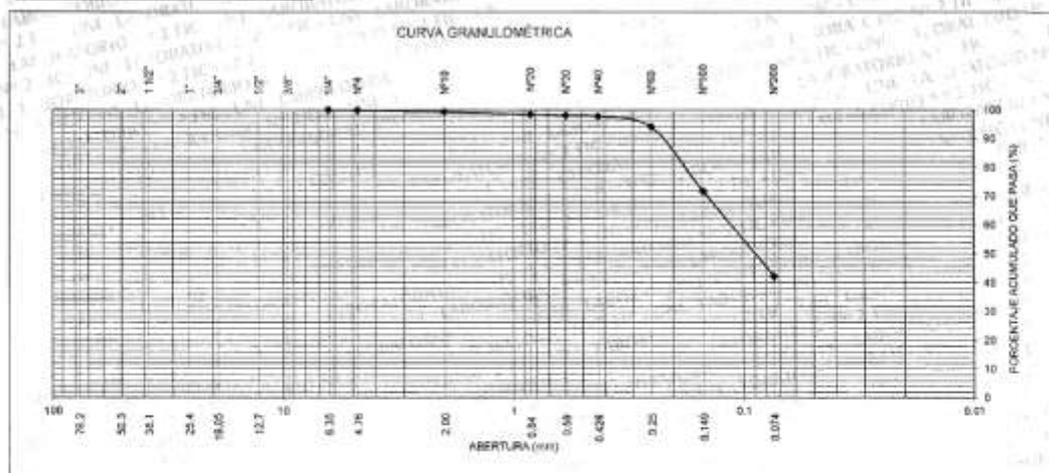
#### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - ASTM D 422

Tamiz	Abertura (mm)	(*) Parcial Retenido	(*) Acumulado	
			Retenido	Pasa
3"	76.200	-	-	-
2"	50.300	-	-	-
1 1/2"	38.100	-	-	-
1"	25.400	-	-	-
3/4"	19.050	-	-	-
1/2"	12.700	-	-	-
3/8"	9.525	-	-	-
1/4"	6.350	-	-	100.0
N°4	4.750	0.1	0.1	99.9
N°10	2.000	0.6	0.6	99.4
N°20	0.840	1.0	1.6	98.4
N°30	0.590	0.3	2.0	98.0
N°40	0.425	0.3	2.3	97.7
N°60	0.250	3.6	5.9	94.1
N°100	0.149	22.4	28.3	71.7
N°200	0.074	29.8	58.0	42.0
FONDO		42.0		

% Grava	0.1
% Arena	57.9
% Finos	42.0

LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM D 4318	
Límite Líquido (%)	27.1
Límite Plástico (%)	23.6
Índice Plástico (%)	3.6

Clasificación SUCS ASTM D 2487 : **SM**



Nota: Muestra remitida e identificada por el Solicitante

Ejecución: Téc. J. Huambo Ch.

Revisión: Ing. Hector Espinoza Ccente

ING. HECTOR ESPINOZA CCENTE  
 JEFE (M) LABORATORIO N° 02 MECANICA  
 DE SUELOS Y PAVIMENTOS - UNI - FIC





# UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

## Facultad de Ingeniería Civil Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos y Pavimentos

Av. Túpac Amaru N° 210 - Lima 25 - Perú    Telefax: 381-3842

### INFORME N° S16-074

**SOLICITANTE :** FOMPER S.A.C.  
**PROYECTO :** PLAN DE CIERRE DE PASIVOS AMBIENTALES MINEROS DE LA  
 EX UNIDAD MINERA HUAMPAR  
**UBICACIÓN :** REGION LIMA, PROVINCIA HUAROCHIRI, DISTRITO HUANZA.  
**FECHA :** 12 DE FEBRERO DEL 2016

### REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

#### PESO ESPECIFICO RELATIVO DE SOLIDOS ASTM D 854

PESO ESPECÍFICO RELATIVO DE SÓLIDOS : 2.77

*Nota: Muestra remitida e identificada por el Solicitante*

Ejecución: Téc. J. Huambo Cb.  
 Revisado: Ing. Hector Espinoza Ccente

  
 ING. HECTOR ESPINOZA CCENTE  
 EFE (H) LABORATORIO N° 02 MECANICA  
 DE SUELOS Y PAVIMENTOS UNI - FC





## SUELOS

### INFORME DE ENSAYO N° 102228-2016

<b>RAZÓN SOCIAL</b>	: FOM PER SOCIEDAD ANÓNIMA CERRADA
<b>DOMICILIO LEGAL</b>	: CAL. CHAQUILCHACA N° 197 LIMA - LIMA - SAN MIGUEL
<b>SOLICITADO POR</b>	: IVAN GAMERO PACHECO
<b>REFERENCIA</b>	: PAM - EX UNIDAD MINERA HUAMPAR
<b>PROCEDENCIA</b>	: HUANZA - HUAROCHIRI - LIMA
<b>FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS</b>	: 2016-04-15
<b>FECHA DE INICIO DE ENSAYOS</b>	: 2016-04-15
<b>MUESTREADO POR</b>	: FOM PER S.A.C.

#### I. METODOLOGÍA DE ENSAYO:

Suelo			
Ensayo	Método	L.C.	Unidades
Cianuro Total	EPA 9013A. Cyanide Extraction procedure for Solids and oils. 2004 / APHA, AWWA, WEF 4500-CN-F	0.05	mg/kg
Potencial de Acidez (PA)	EPA 600/2-78-054. Field and laboratory methods applicable to overburdens and mine soils. 1978	---	CaCO <sub>3</sub> kg/T
Potencial De Neutralización (PN)	EPA 600/2-78-054. Field and laboratory methods applicable to overburdens and mine soils. 1978	---	CaCO <sub>3</sub> kg/T
Potencial Neto de Neutralización (PNN)	EPA 600/2-78-054. Field and laboratory methods applicable to overburdens and mine soils. 1978	---	CaCO <sub>3</sub> kg/T
pH en pasta	Paste pH is recommended by the British Columbia Ministry of Employment and Investment, Energy and Minerals Division. It is based on the method of Sobek (1978).	---	unidad pH
Sulfatos	Norma Oficial Mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000 ítem 7.1.12 Método AS-20 (31 de Diciembre 2002). Especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos, estudio, muestreo y análisis.	5.00	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> mg / kg
Sulfuros	EPA: Method 9030 B / Method 9034. Acid-Soluble and Acid-Insoluble sulfides: Distillation / Titrimetric procedure for Acid Soluble and Acid Insoluble Sulfides. 1996.	0.2	S <sup>2-</sup> mg/kg
Metales (Aluminio, Antimonio, Arsénico, Bario, Boro, Berilio, Cadmio, Calcio, Cerio, Cromo, Cobalto, Cobre, Hierro, Plomo, Litio, Magnesio, Manganeso, Mercurio, Molibdeno, Níquel, Fósforo, Potasio, Selenio, Plata, Sodio, Estroncio, Talio, Estaño, titanio, Vanadio, Zinc).	EPA Method 200.7, Rev.4.4. EMMC Version. Determination of Metals and trace Elements in Water and Wates by Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry. 1994	---	mg/kg

L.C.: Límite de cuantificación.

  
 Quim. Belbeth Y. Fajardo León  
 Director Técnico  
 C.Q.P. N° 648  
 Servicios Analíticos Generales S.A.C.

SAG: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (SMEWW)-APHA-AWWA-WEF 22nd Edition 2012 - EPA: U.S. Environmental Protection Agency - ASTM: American Society for Testing and Materials - NTP: Norma Técnica Peruana  
 OBSERVACIONES: Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de Servicios Analíticos Generales S.A.C. Solo es válido para las muestras referidas en el presente informe.  
 Las muestras serán conservadas de acuerdo al periodo de perechabilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días calendario de haber ingresado la muestra al laboratorio. Página 1 de 3

NOTA: Los resultados de los ensayos 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.

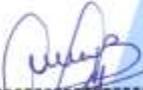
## INFORME DE ENSAYO N° 102228-2016

### II. RESULTADOS:

Producto declarado		Desmorte	Relave	Relave
Matriz analizada		Desmorte	Relave	Relave
Fecha de muestreo		2016-04-13	2016-04-13	2016-04-13
Hora de inicio de muestreo (h)		10:00	16:00	13:00
Condiciones de la muestra		Conservada	Conservada	Conservada
Código del Cliente		13056	13061	13063
Código del Laboratorio		1604498	1604499	1604500
Ensayos	Unidades	Resultados		
Cianuro Total	mg/kg	////	<0.05	<0.05
Potencial de Acidez (PA)	CaCO <sub>3</sub> kg/T	0	0.95	5.03
Potencial De Neutralización (PN)	CaCO <sub>3</sub> kg/T	25.38	52.5	34.80
Potencial Neto de Neutralización (PNN)	CaCO <sub>3</sub> kg/T	25.38	51.55	29.77
pH en pasta	unid pH	7.42	3.67	7.64
Sulfatos	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> mg / kg	538.0	3689.0	210.50
Sulfuros	S <sup>2-</sup> mg/kg	<0.2	<0.2	1.51
Producto declarado		Relave		
Matriz analizada		Relave		
Fecha de muestreo		2016-04-13		
Hora de inicio de muestreo (h)		12:00		
Condiciones de la muestra		Conservada		
Código del Cliente		9988		
Código del Laboratorio		1604502		
Ensayos	Unidades	Resultados		
Cianuro Total	mg/kg	<0.05		
Potencial de Acidez (PA)	CaCO <sub>3</sub> kg/T	0.58		
Potencial De Neutralización (PN)	CaCO <sub>3</sub> kg/T	38.82		
Potencial Neto de Neutralización (PNN)	CaCO <sub>3</sub> kg/T	38.24		
pH en pasta	unid pH	7.34		
Sulfatos	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> mg / kg	1164.50		
Sulfuros	S <sup>2-</sup> mg/kg	0.212		

Resultados de suelos en base seca.

////: Ensayo no solicitado.

  
Quim. Belbéth Y. Fajardo León  
Director Técnico  
C.Q.P. N° 648  
servicios Analíticos Generales S.A.C.

SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (SMEWW)-APHA-AWWA-WEF, 22nd Edition 2012. - EPA: U.S. Environmental Protection Agency - ASTM: American Society for Testing and Materials - NTP: Norma Técnica Peruana  
OBSERVACIONES: Está prohibido la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de Servicios Analíticos Generales S. A. C. Solo es válido para las muestras referidas en el presente informe. Las muestras serán conservadas de acuerdo al periodo de preservabilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días calendario de haber ingresado la muestra al laboratorio.

Página 2 de 3

NOTA: Los resultados de los ensayos 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.

## INFORME DE ENSAYO N° 102228-2016

### II. RESULTADOS:

Producto declarado			Relave	Relave	Relave
Matriz analizada			Relave	Relave	Relave
Fecha de muestreo			2016-04-13	2016-04-13	2016-04-13
Hora de inicio de muestreo (h)			16:00	13:00	12:00
Condiciones de la muestra			Conservada	Conservada	Conservada
Código del Cliente			13061	13063	9988
Código del Laboratorio			1604499	1604500	1604502
Ensayo	Unidad	L.D.M.	Resultados		
<b>Metales</b>					
Plata (Ag)	0.07	mg/kg	2.75	16.97	13.36
Aluminio (Al)	1.4	mg/kg	948.3	1740.9	1231.6
Arsénico (As)	0.1	mg/kg	614.7	3680.4	3724.8
Boro (B)	0.2	mg/kg	<0.2	<0.2	<0.2
Bario (Ba)	0.2	mg/kg	322.7	118.6	197.8
Berilio (Be)	0.03	mg/kg	0.11	0.36	0.30
Calcio (Ca)	4.7	mg/kg	1030.1	4365.5	4771.8
Cadmio (Cd)	0.04	mg/kg	12.92	28.43	21.57
Cerio (Ce)	0.2	mg/kg	29.6	25.1	23.5
Cobalto (Co)	0.05	mg/kg	2.20	10.09	9.32
Cromo (Cr)	0.04	mg/kg	8.95	2.79	2.17
Cobre (Cu)	0.1	mg/kg	301.6	267.4	237.8
Hierro (Fe)	0.2	mg/kg	>20000	>20000	>20000
Mercurio (Hg)	0.1	mg/kg	7.47	4.52	4.33
Potasio (K)	4.3	mg/kg	987.9	819.8	804.7
Litio (Li)	0.3	mg/kg	0.7	2.0	1.4
Magnesio (Mg)	4.4	mg/kg	199.1	1773.5	2076.5
Manganeso (Mn)	0.05	mg/kg	936.88	>2000	>2000
Molibdeno (Mo)	0.2	mg/kg	1.5	2.9	4.4
Sodio (Na)	2.3	mg/kg	23.4	14.3	16.8
Níquel (Ni)	0.06	mg/kg	<0.06	1.54	0.58
Fósforo (P)	0.3	mg/kg	409.3	354.1	396.2
Plomo (Pb)	0.06	mg/kg	1371.92	955.39	1244.58
Antimonio (Sb)	0.2	mg/kg	80.5	86.1	80.1
Selenio (Se)	0.3	mg/kg	<0.3	<0.3	<0.3
Estaño (Sn)	0.1	mg/kg	1.0	0.6	0.7
Estroncio (Sr)	0.1	mg/kg	8.3	11.1	14.4
Titanio (Ti)	0.03	mg/kg	10.04	13.26	10.82
Talio (Tl)	0.3	mg/kg	17.2	9.4	8.7
Vanadio (V)	0.04	mg/kg	14.02	5.43	5.46
Zinc (Zn)	0.2	mg/kg	2212.3	3965.8	2741.1

L.D.M.: límite de detección del método.

Resultados de suelos en base seca.

Lima, 02 de Mayo del 2016

  
 Quim. Belbeth Y. Fajardo León  
 Director Técnico  
 C.Q.P. N° 648  
 Servicios Analíticos Generales S.A.C.

BM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (BMEWW)-APHA-RWWA-WEF, 22nd Edition 2012. - EPA: U.S. Environmental Protection Agency. - ASTM: American Society for Testing and Materials. - NFP: Norma Técnica Peruana  
 OBSERVACIONES: Esta profesión: la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de Servicios Analíticos Generales S. A. C. Solo es válido para las muestras referidas en el presente informe.  
 Las muestras serán conservadas de acuerdo al periodo de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días calendario de haber ingresado la muestra al laboratorio.

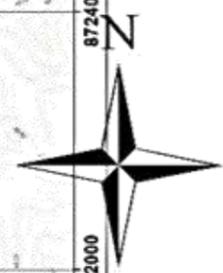
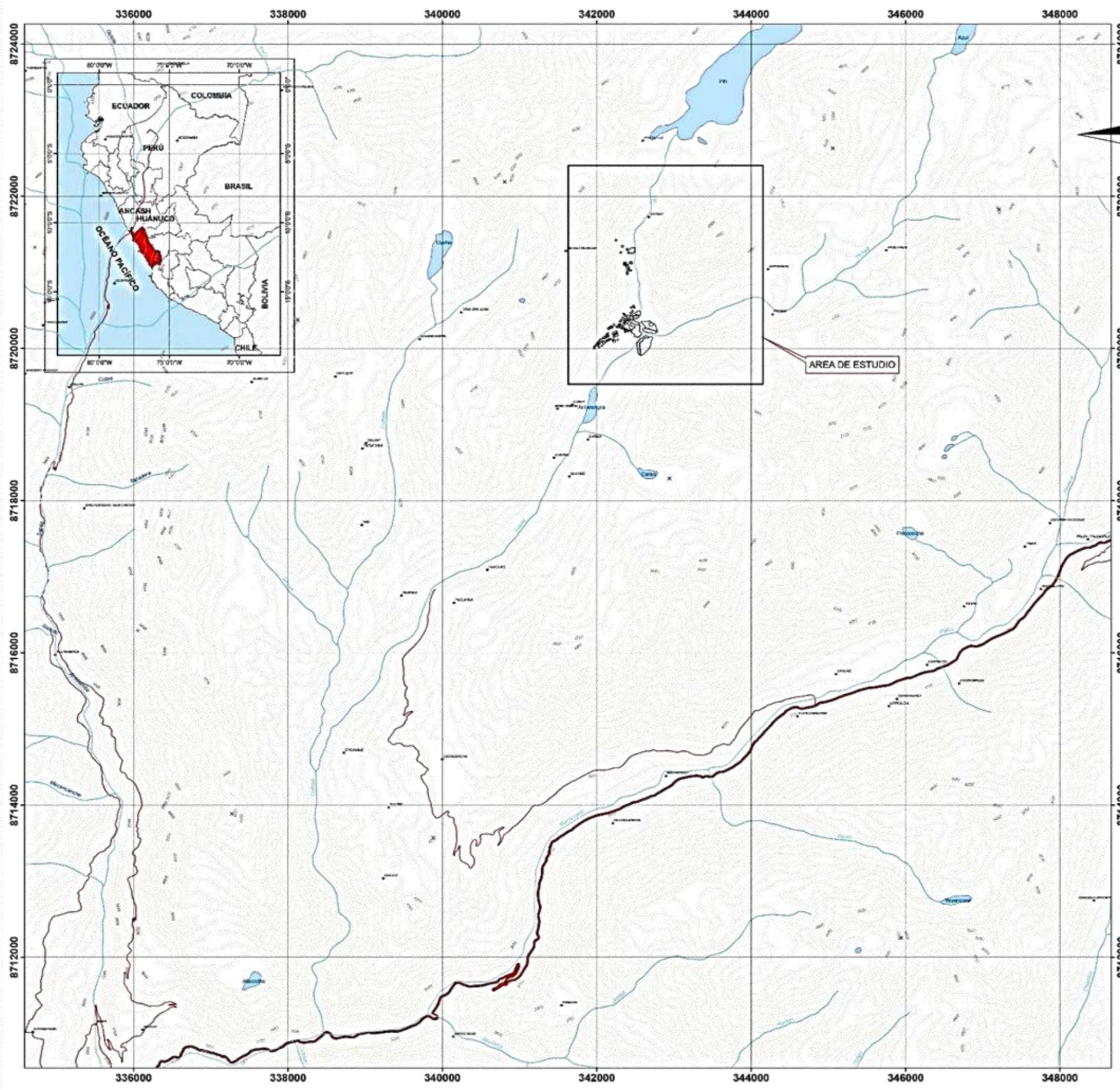
Página 3 de 2

NOTA: Los resultados de los ensayos 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.



**ANEXO III.**  
**MAPAS DE LÍNEA DE BASE**

## **PLANO DE UBICACIÓN**



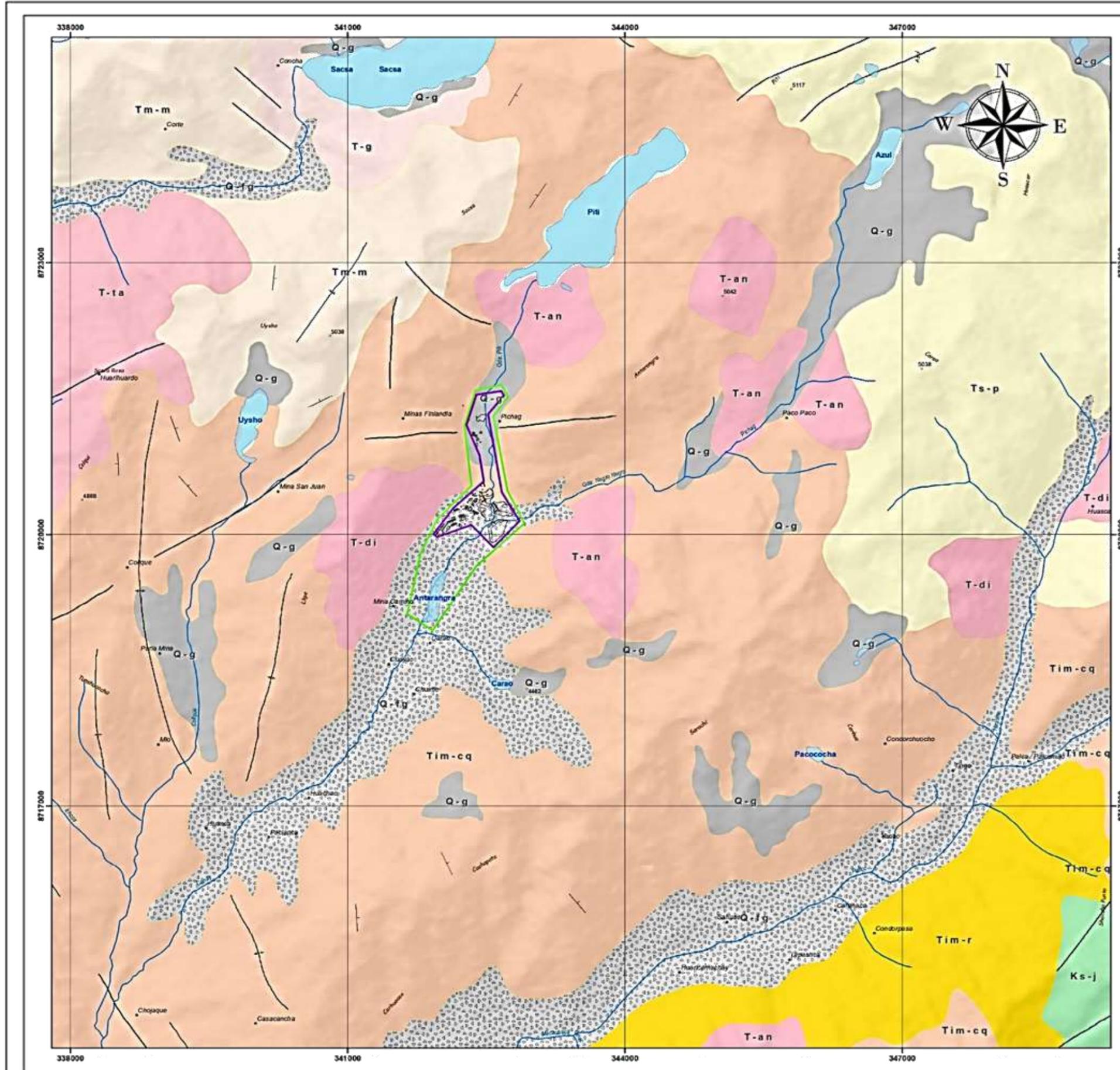
**LEYENDA**

- Área de estudio
- Ríos
- Vía departamental
- Vía vecinal
- Lagos
- Curvas de nivel
- Cotas
- Centros poblados

DATUM: WGS-84  
 PROYECCIÓN: UTM  
 ZONA: 18 SUR

	<b>TITULAR:</b> UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINERA Y METALÚRGICA	
	<b>DESARROLLADO POR:</b> A.A.P	<b>PROYECTO:</b> "DISEÑO DE INGENIERÍA EN EL CIERRE DE PASIVOS AMBIENTALES MINEROS PARA LA RECUPERACIÓN DE LOS ECOSISTEMAS DE UNA MICRO CUENCA DEL RIMAC"
<b>APROBADO POR:</b> CELSO IVÁN GAMERO PACHECO	<b>PLANO DE UBICACIÓN</b>	
<b>FUENTE:</b> IGN - MINEDU	DISTRITO: HUANZA	Escala: 1:25 000
	PROVINCIA: HUAROCHIRÍ	Fecha: Set. 2022
	DEPARTAMENTO: LIMA	

## **GEOLOGÍA REGIONAL**

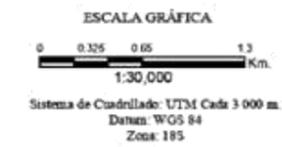


**LEYENDA**

ERA	SISTEMA	UNIDADES ESTRATIGRAFICAS		ROCAS INTRUSIVAS				
		SECTOR OCCIDENTAL	SECTOR ORIENTAL	PLUTONICAS	HIPABISALES			
CENOZOICO	CUATERNARIO	RECIENTE	Q-al	Depósitos aluviales				
		PLEISTOCENO	Q-fg	Depósitos flutoglaciares				
		TOCENO	Q-g	Depósitos glaciares				
	TERCIARIO	SUPERIOR	Ts-p	Volc. Pacococha	T-g	Granito		
			Ts-hu	Fm. Hurochiri	T-lo	Tonalita	T-ta	Tragandesta
		MEDIO	Tim-m	Volc. Milotingo	T-gd	Granodiorita	T-an	Andesita
			Tim-cq	Gpo. Colqui	T-lo	Tonalita	T-ta	Rodacita
		INFERIOR	Tim-r	Gpo. Rimac	Tim-cl	Fm. Calkas Francisco	T-me/gd	Monzonita
							T-di	Diorita
	MESOZOICO	SUPERIOR	Ks-ce	Fm. Celendin	KTi-c	Fm. Casapalca		
Ks-j			Fm. Jumasha	Ks-j	Fm. Jumasha		Ks-a	Andesita
CRETACEO		Ki-pa	Fm. Paratambo	Ki-pa	Fm. Paratambo			
		Ki-chu	Fm. Chulec	Ki-chu	Fm. Chulec			
INFERIOR	Ki-saca	Fms. Santa Catalina	Ki-g	Gpo. Goyllarisquiña				
	Ki-chim	Fm. Chimu						
JURASICO	SUPERIOR		Jr-pu	Gpo. Pucara				
TRIASICO	INFERIOR							
PALEOZOICO	PERMICO	SUPERIOR		Ps-m	Gpo. Mtu			
		INFERIOR			Ps-e	Gpo. Excelsior		

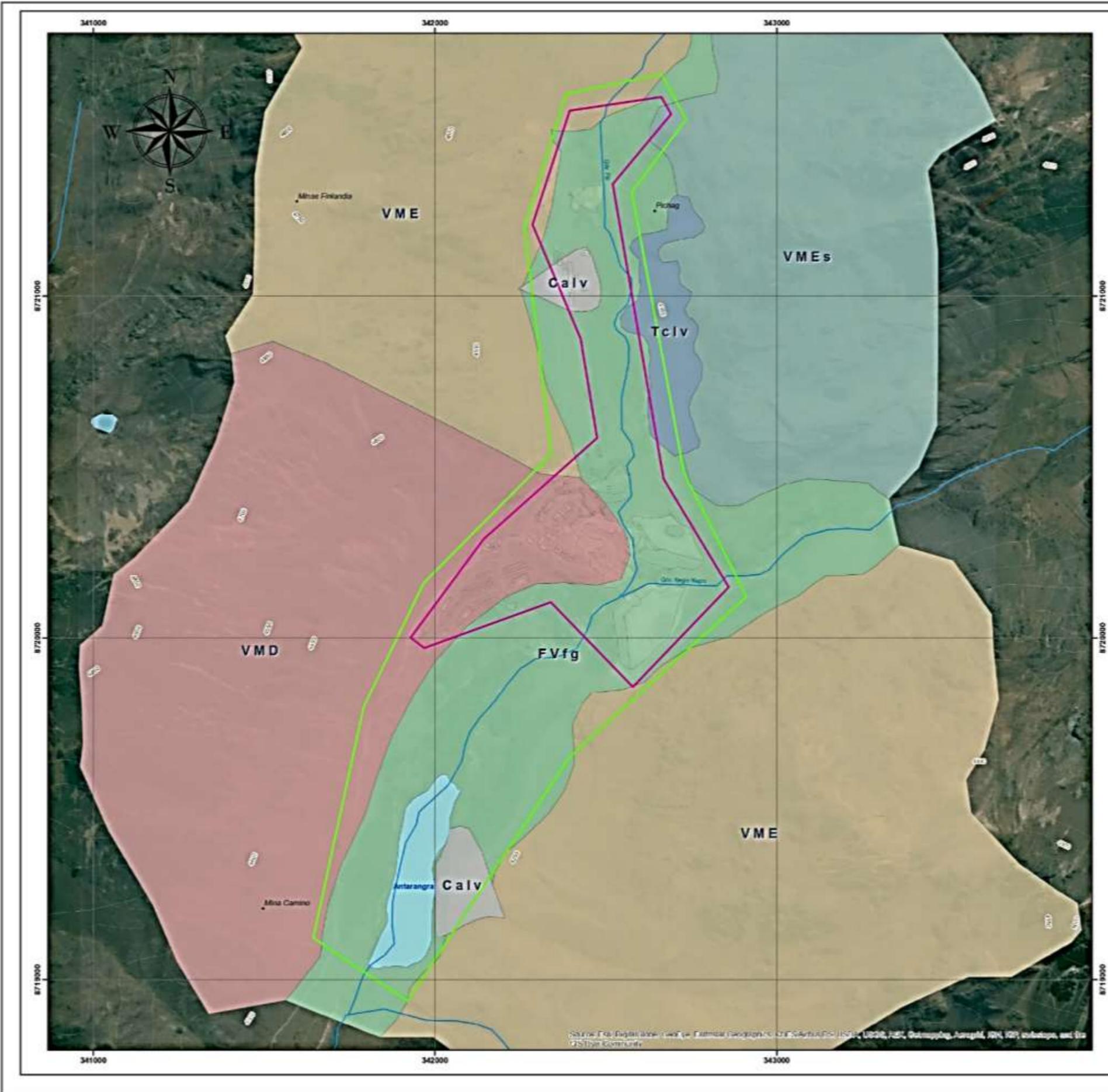
**LEYENDA**

	PAM		Eje anticlinal		Rios
	Capital distrital		Eje sinclinal		Lagos
	Centro poblado		Falla		Area de Influencia Ambiental Indirecta
	Cotas		Falla inferida		Area de Influencia Ambiental Indirecta



FIRMA:

	TITULAR: UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica	PLANO Nº <b>LB-02</b>
	DESARROLLADO POR: M.A.S.M	
APROBADO POR: GABRIEL GARCERAN	GEOLÓGIA REGIONAL	
FUENTE: Datos de campo	Dicho: HUANZA Provincia: HUAROCHE Departamento: LIMA	ESCALA: 1:300 FECHA: Jun. 2022



UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
VME	Vertiente de Montaña Empinada
VMD	Vertiente de Montaña Disectada
VMEs	Vertiente de Montaña Escarpada
FVfg	Fondo de Valle Fluvioglacial
Tclv	Talud Coluvial
Calv	Cono Aluvial

**LEYENDA**

	PAM		Curvas primarias
	Centro poblado		Curvas secundarias
	Cotas		Ríos
	Area de influencia Ambiental directa		Lagos
	Area de Influencia Ambiental Indirecta		

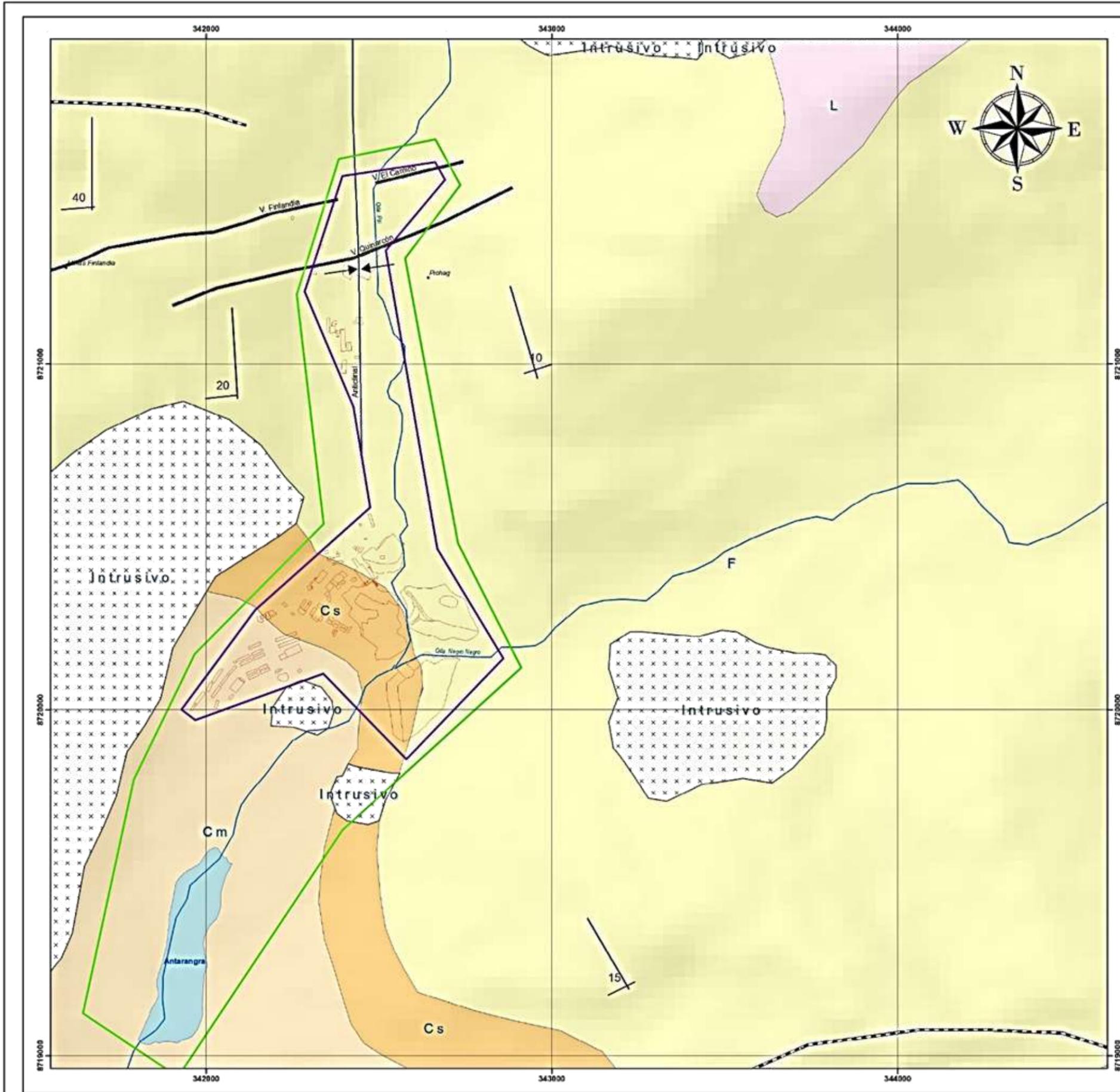
**ESCALA GRÁFICA**

1:8,000

Sistema de Cuadrillado: UTM Cada 1 000 m.  
Datum: WGS 84  
Zona: 18S

FIRMA:

	TITULAR: UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA Facultad de Ingeniería Geológica, Minas y Metalúrgica	
	DESARROLLADO POR: M.A.S.M	PROYECTO: "Ciclo de Ingeniería en el Cerro de Pinos Atribuciones para la Reconstrucción de la Escuela de una Montaña del Pisco"
APROBADO POR: Celsa delgado SHARON PACHECO	GEOMORFOLOGÍA	
FUENTE: Cerro de Pinos	Dibujo: HUANCA	ESCALA: 1: 500
Fecha de campo:	Provincia: HUANCOBAMBA	FICHA: Set. 2022
	Departamento: LIMA	

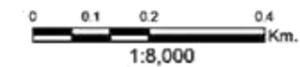


GEOLOGÍA	
DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO
Colqui medio	Cm
Colqui superior	Cs
Finlandia	F
Intrusivo	xxxxx
Lourdes	L

**LEYENDA**

	PAM		Curvas de nivel
	Centro poblado		Rios
	Cotas		Lagos
	Anticinal		Dique
	Rumbo y buzamiento		Falla
	Area de Influencia Ambiental directa		Veta
	Area de Influencia Ambiental Indirecta		Veta

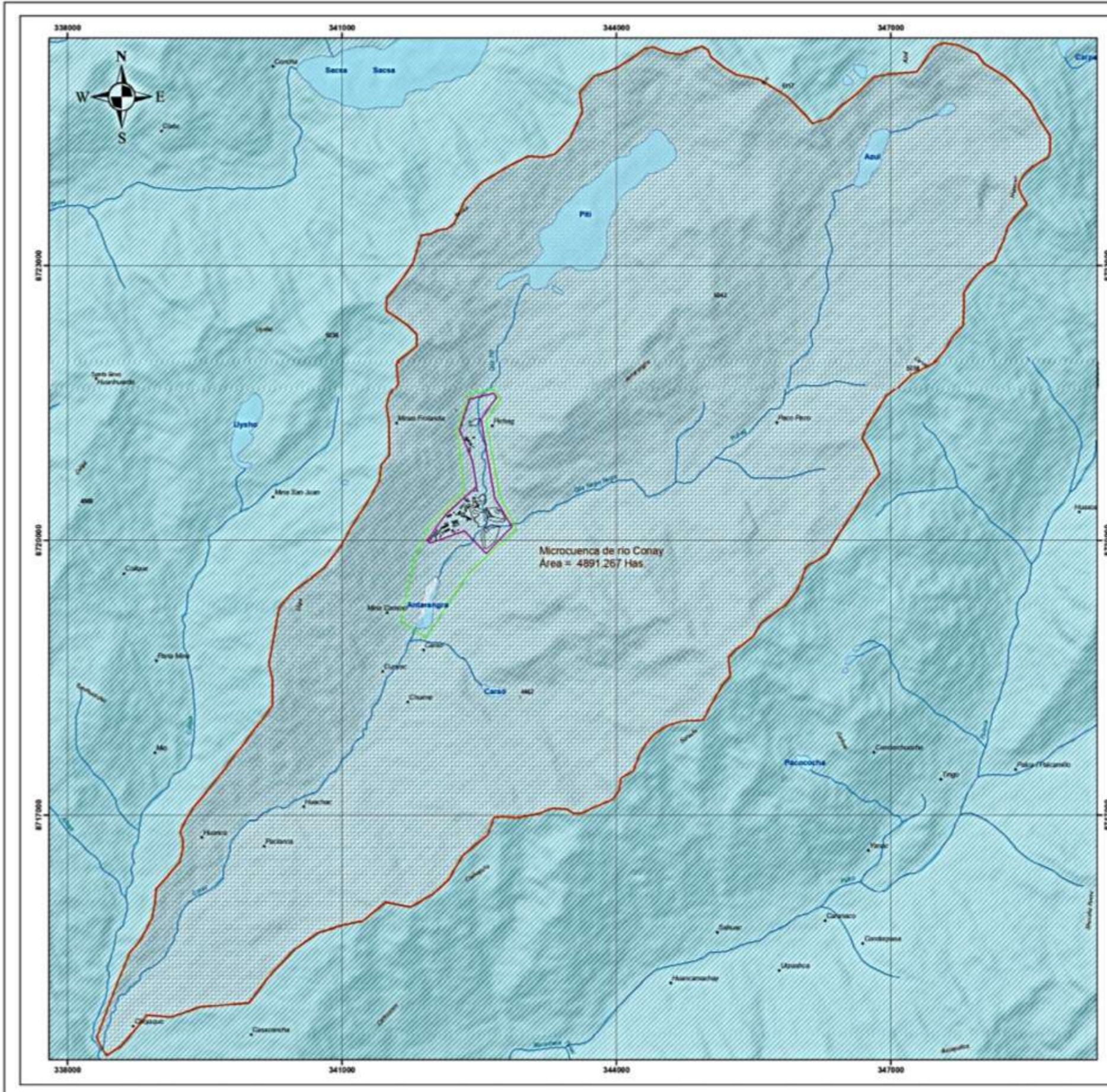
**ESCALA GRÁFICA**



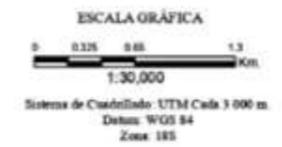
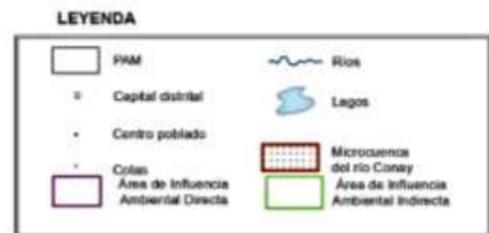
Sistema de Cuadrilado: UTM Cada 1 000 m.  
Datum: WGS 84  
Zona: 18S

FIRMA:

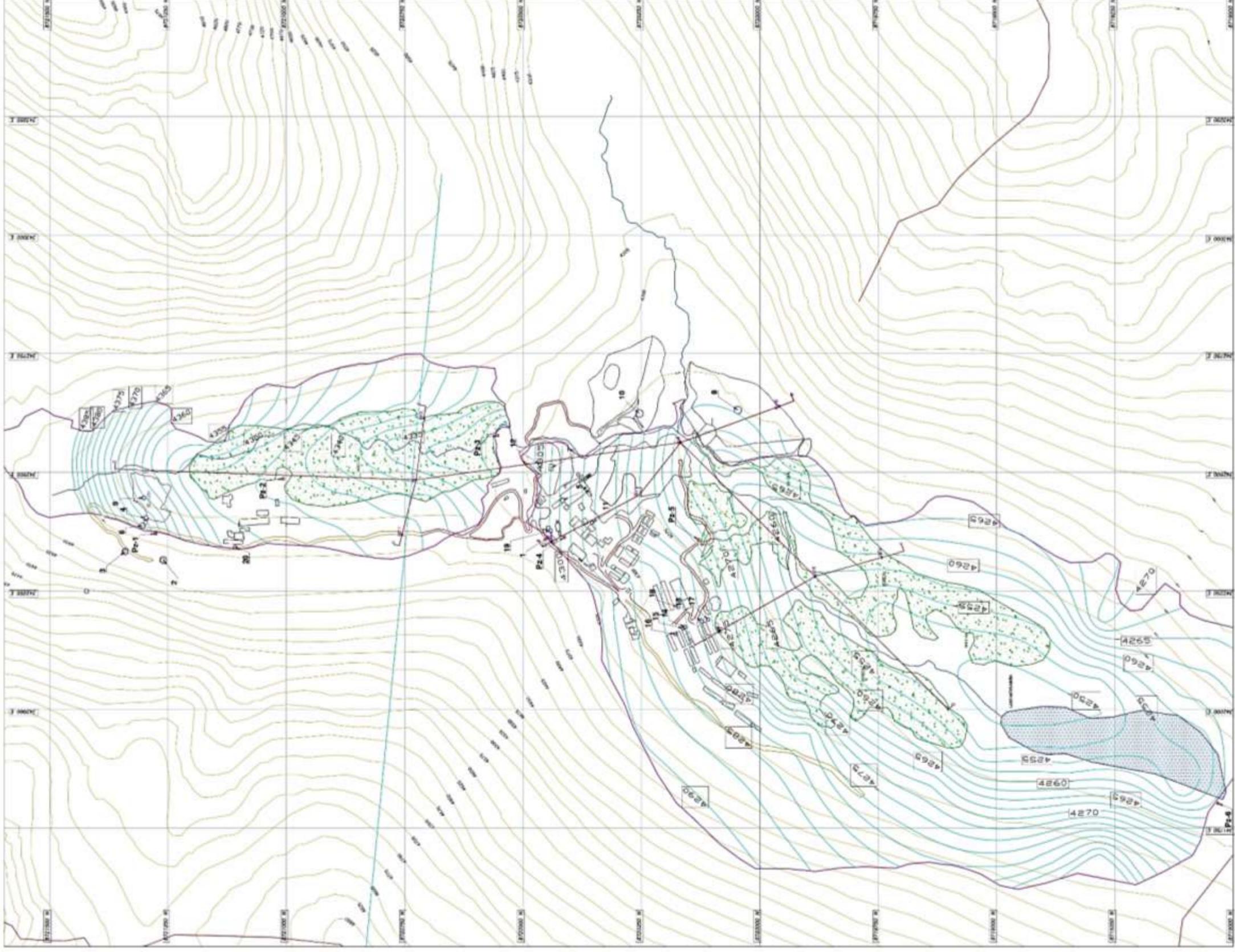
	<b>TITULAR:</b> UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA Facultad de Ingeniería Geológica, Minería y Metalúrgica	
	<b>DESARROLLADO POR:</b> M.A.B.M.	<b>PROYECTO:</b> "Campaña de Ingeniería en el Centro de Pesquerías Anticlimales Mineras para la Participación de las Economías de una Microzona de Riego"
<b>APROBADO POR:</b> César León GAMERO PACHECO	GEOLOGÍA LOCAL	
<b>FUENTE:</b> Fecha de campo:	Distrito: HUANZA Provincia: HUARDOCE Departamento: LIMA	ESCALA: 1:500 FECHA: Set. 2022



UNIDAD HIDROGRÁFICA		
Cuenca	Sub cuencas	Código
Rimac	Baja río Rimac	1375541
	Quebrada Jicamarca	1375542
	Jicamarca-Santa Eulalia	1375543
	Río Santa Eulalia	1375544
	Santa Eulalia-Párac	1375545
	Quebrada Párac	1375546
	Párac Alta río Rimac	1375547
	Alta río Rimac	1375548
	Río Blanco	1375549



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA DESARROLLADO POR: E.A.P.	TITULAR: FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA MINERA Y METALÚRGICA		Nº: <b>LB-05</b>
	PROYECTO: TÍTULO DE INGENIERÍA DEL DISEÑO DE PLANOS AMBIENTALES E INGENIERÍA PARA LA PREVENCIÓN DE LOS EFECTOS DE UNA MICRO CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RIMAC		
APROBADO POR: C. Iván Gaspar Pacheco	MAPA: HIDROGRAFÍA		ESCALA: 1:30,000 FECHA:
FUENTE: MENEZ, ANA	DISTRITO: RIMAC	PROVINCIA: HUANOCA	



**LEYENDA**

ALCALÍ (CLAS. UN.)	CURVA HOROGÉDICA (PZA)	RESE
ESTE DE CONTROL (PZ)	TOPÓNIM	LACOS
CONTRACCIÓN EXISTENTE Y EN ARMADURA	PIEDRITRE PROYECTADA	RECAPINA
CURVA TOPOGRAFICA PRINCIPAL		
SECCION HOROGÉDICA		

TITULAR:	UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA Ingeniería Geológica, Minas y Metalúrgica	Nº:	LB-06
ELABORADO POR:	M. PASTRANA O.	PLANO:	PLANO HOROGÉDICO
REVISADO POR:	M. CASTRO	DISTRITO:	HUANCA
APROBADO POR:	C. ION GAMERO P.	PROVINCIA:	HUANCA
MINISTERIO DE ENERGIA (Y MINAS)		DEPARTAMENTO:	LIMA
		ESCALA:	1/4000
		FECHA:	Set. 2022

**ANEXO IV**  
**PLANOS LÍNEA DE BASE**



**LEYENDA TOPOGRÁFICA**

- CURVA CADA 5 M
- CARRRETERA
- QUEBRADA
- COMPONENTES DECLARADOS
- COMPONENTES NO DECLARADOS
- BOFEDALES
- MATERIAL DE PRÉSTAMO

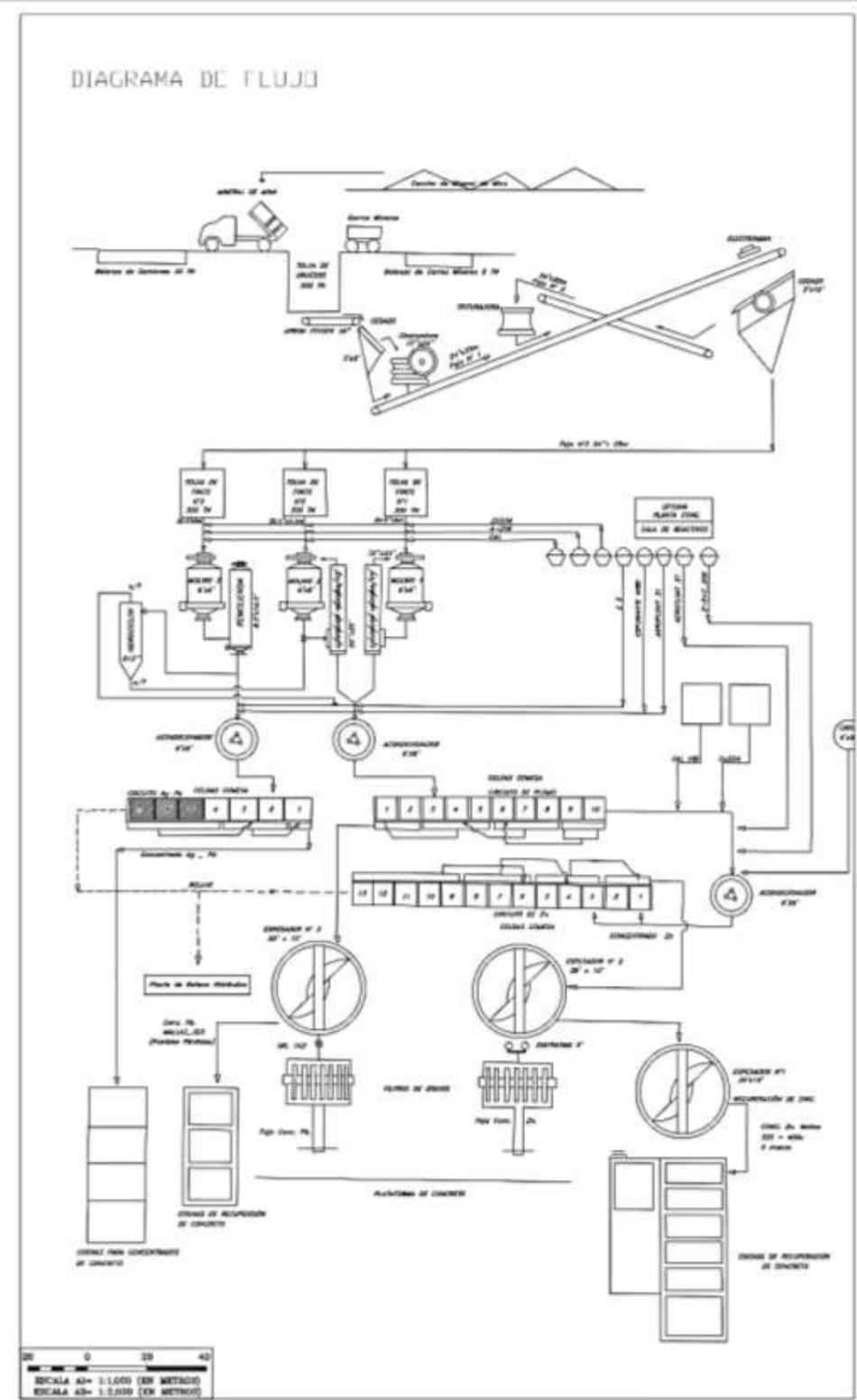
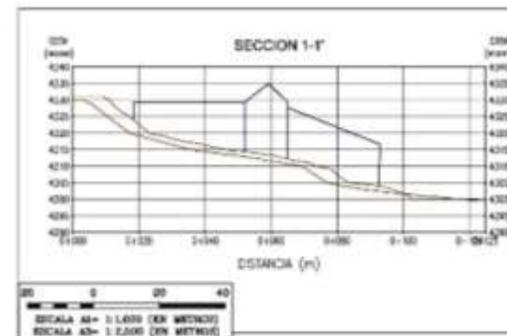
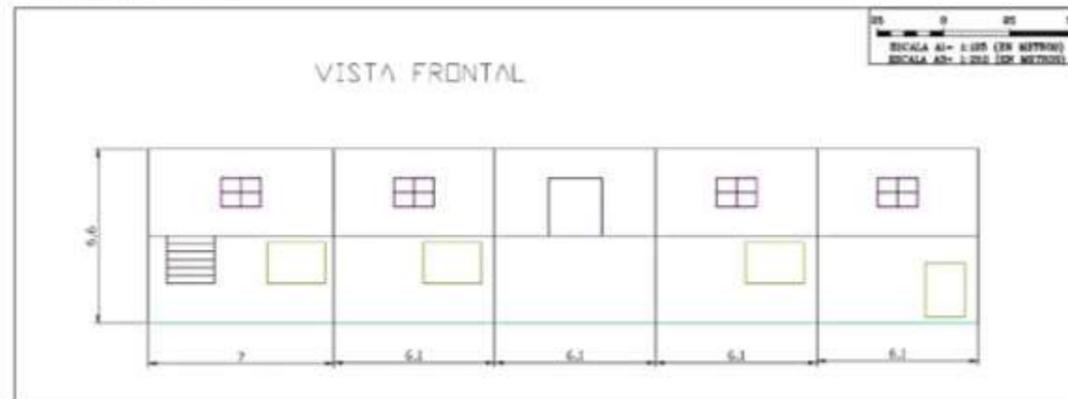
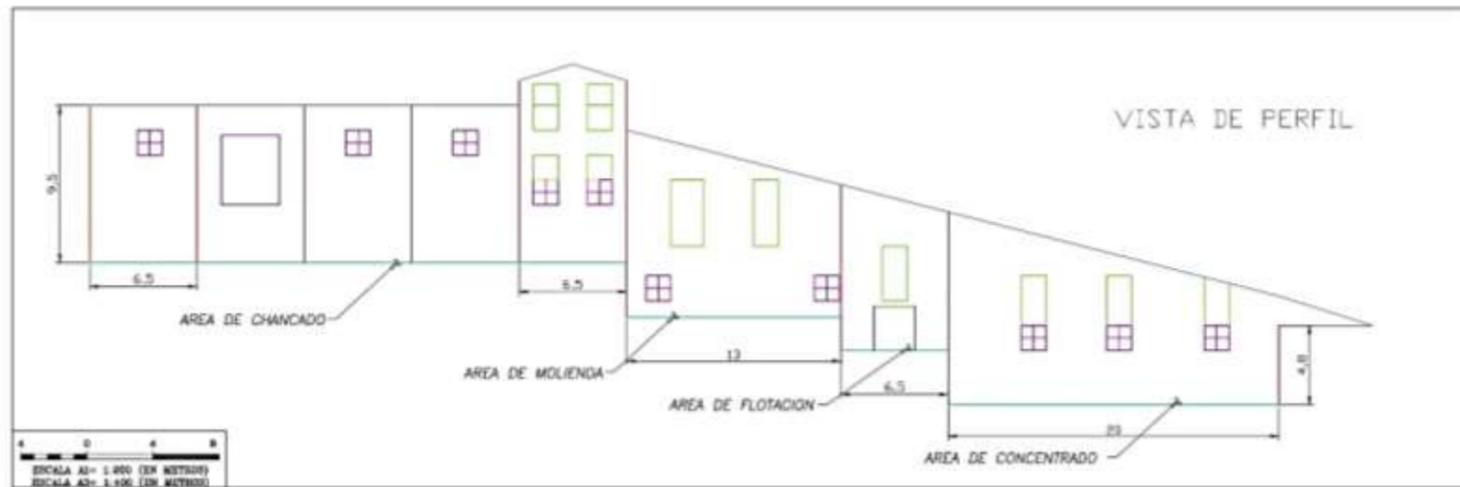
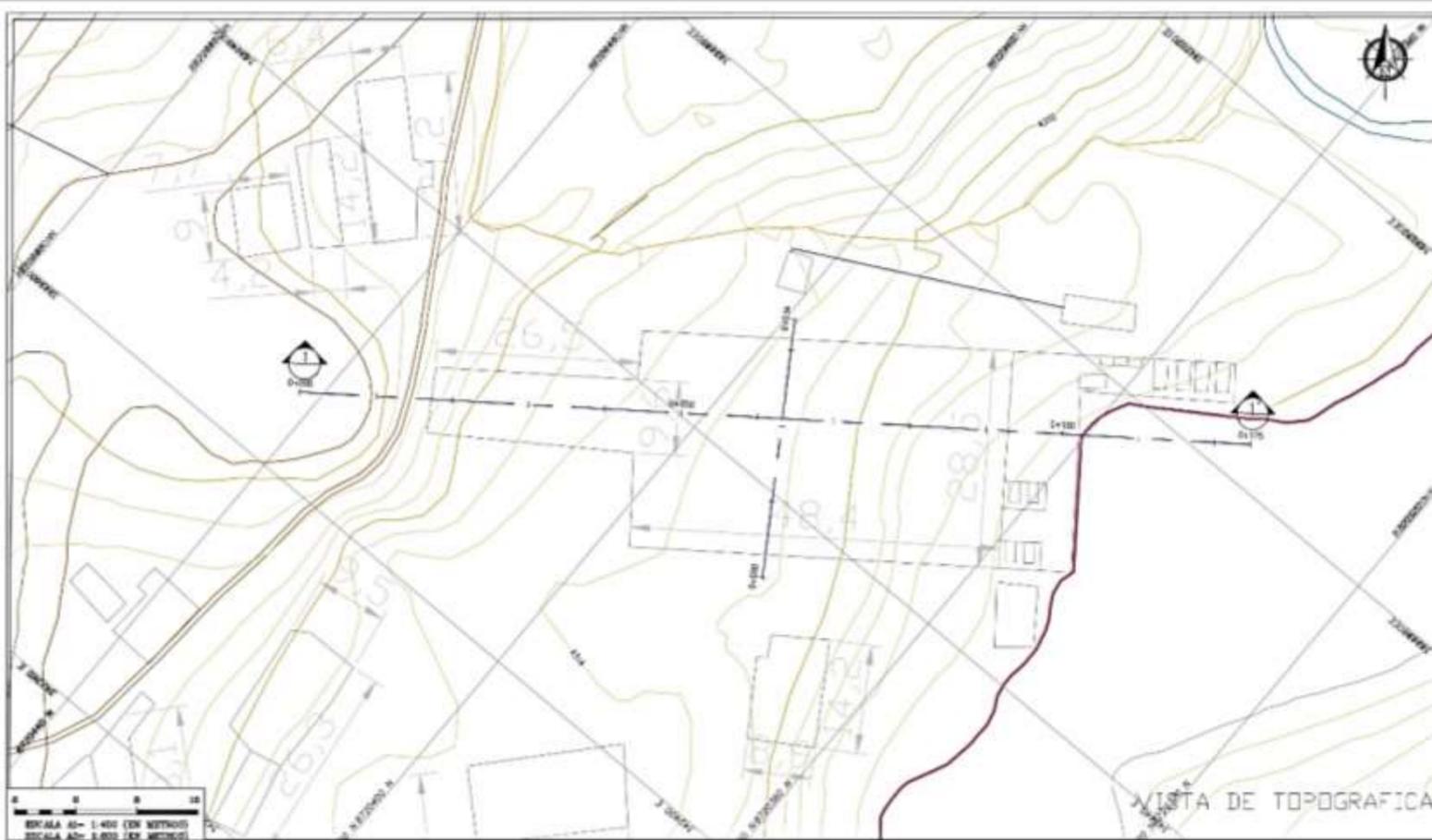
**RELACIONE DE LOS PASIVOS AMBIENTALES MANTENIDOS ELIMINADOS**

N°	TIPO DE PASIVO AMBIENTAL	CODIGO MANT	CODIGO ELIM	VALOR	VALOR
<b>ROCAMINAS</b>					
1	Roquería	1004	1007	872048	
2	Roquería	1008	1011	872049	
3	Roquería	1009	1012	872050	
4	Roquería	1010	1013	872051	
<b>INSTALACIONES DE PROCESAMIENTO</b>					
5	Plantas de procesamiento	1004	1007	872048	
6	Plantas de procesamiento	1008	1011	872049	
<b>INSTALACIONES DE MANEJO DE RESIDUOS</b>					
<b>BOFEDALES DE RELIEVE</b>					
7	Bofedales de relieve	1004	1007	872048	
8	Bofedales de relieve	1008	1011	872049	
9	Bofedales de relieve	1009	1012	872050	
10	Bofedales de relieve	1010	1013	872051	
<b>OTROS INSTALACIONES RELACIONADAS DE PROYECTO</b>					
<b>INSTALACIONES VIVIDAS</b>					
11	Instalaciones vividas	1004	1007	872048	
12	Instalaciones vividas	1008	1011	872049	
<b>VIVIENDAS Y SERVICIOS PARA LOS TRABAJADORES</b>					
13	Campesamento obreros, LA VIVIENDA	1004	1007	872048	
14	Campesamento obreros, LA VIVIENDA	1008	1011	872049	
15	Campesamento obreros, LA VIVIENDA	1009	1012	872050	
16	Campesamento obreros, LA VIVIENDA	1010	1013	872051	
17	Campesamento obreros, LA VIVIENDA	1004	1007	872048	
18	Campesamento obreros, LA VIVIENDA	1008	1011	872049	
19	Campesamento obreros, LA VIVIENDA	1009	1012	872050	
20	Campesamento obreros, LA VIVIENDA	1010	1013	872051	

DE	HASTA	LONGITUD	VOLUMEN MATERIAL GENERALIZADO
RELAVE 9	RELAVE 10-1	1224	8419
MATERIAL DE PRÉSTAMO	SEÑALITE 7	556	2048
MATERIAL DE PRÉSTAMO	RELAVE 10-1	189	262
MATERIAL DE PRÉSTAMO	RELAVE 10	806	5771
MATERIAL DE PRÉSTAMO	RELAVE 8	1191	1610
MATERIAL DE RELAVE	RELAVE 10-1	789	2795
MATERIAL CORTADO DEMOLIDO	SEÑALITE 7	200	7708
LINK		NUMERAR	

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
 Facultad de Ingeniería Geológica  
 Minas y Geología  
 PLANOS Nº  
**IN-01**  
 Proyecto: Diseño de Plan de Cierre de Tercera Andarada de la Mina  
 con el Resque de las Cimentaciones de sus  
 Componentes  
 Autor: A.D.A.  
 Revisado: C.I.O.P.  
 Aprobado: C.I.O.P.  
 Escala: 1:500  
 Fecha: 11/02/2014

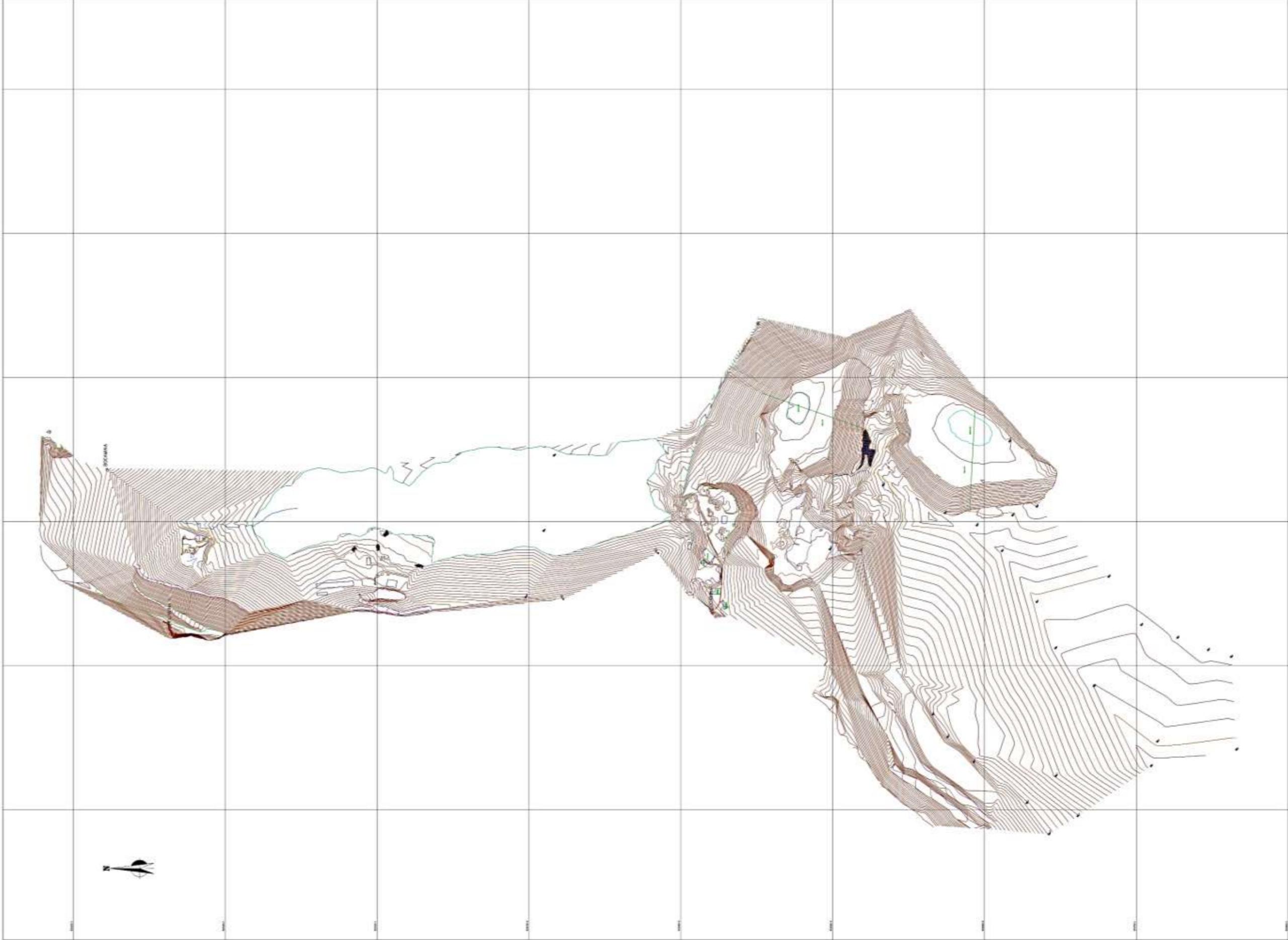
ESCALA AS= 1:1000 (EN METROS)  
 ESCALA AD= 1:2000 (EN METROS)  
 DATUM: WGS 84 ZONA: 18 SUR



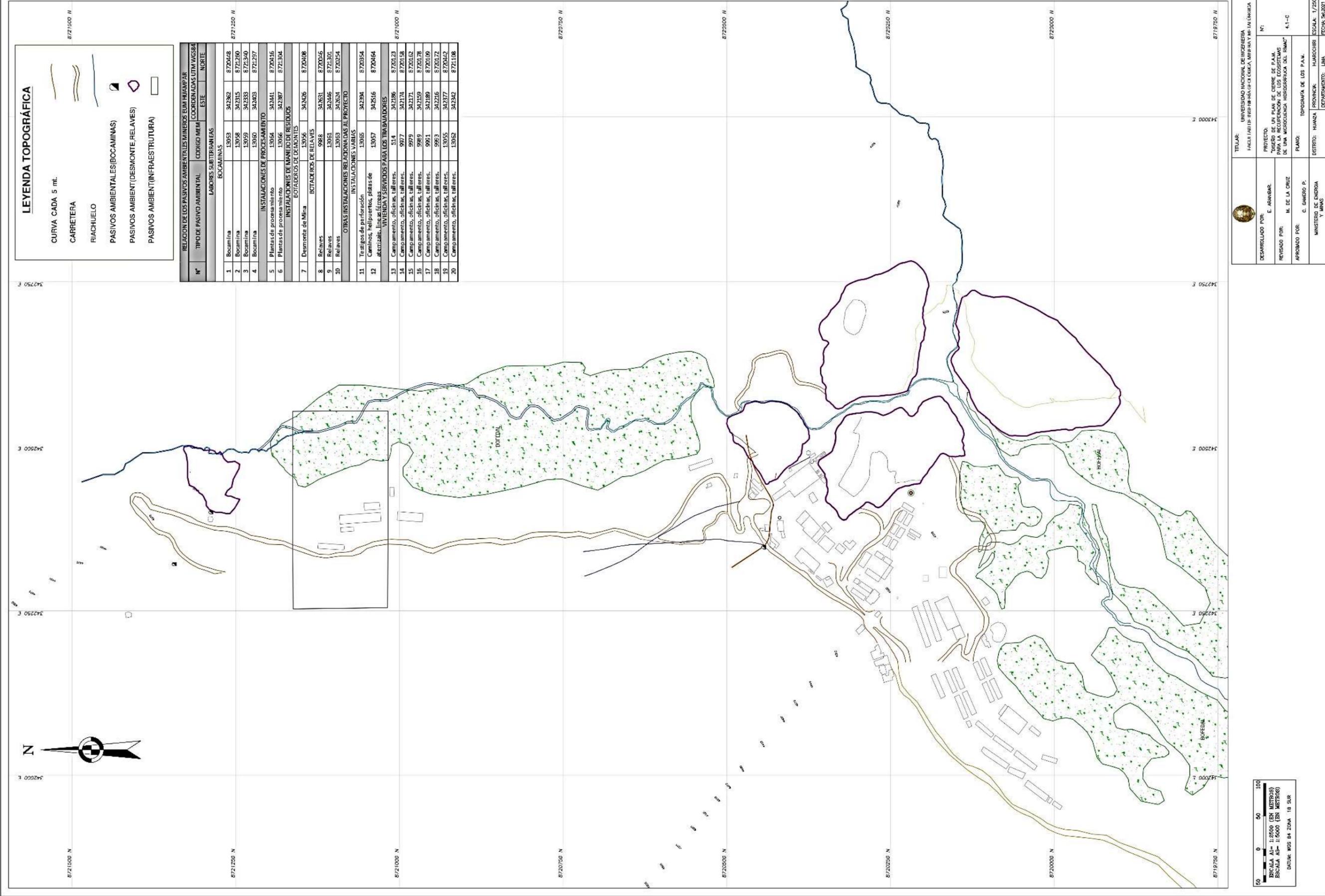
**LEGENDA**

- CURVA DE NIVEL Y ELEVACION EN METROS DE LA SUPERFICIE DEL TERRENO ADYACENTE
- ACCESO EXTERNO
- LINEA FERREA
- TUBERIA
- ANQUEJO
- LINEA DE APUNTAMIENTO
- NOTACIONES EXISTENTES

UNAHU UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAYO Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica		ELEMENTO <b>PB-01</b>
PROYECTO: Construcción de Planta de Tratamiento de Agua Potable para el Distrito de Huancayo	ESCALA: 1:100	FECHA: 2014
AUTOR: Ing. Carlos A. López	REVISOR: Ing. Carlos A. López	APROBADO: Ing. Carlos A. López



<p>1. SISTEMA DE AGUAS SUBTERRANEOAS</p> <p>2. TUBOS LAS MUJERES ESTAN EN VERACRUZ</p> <p>3. LAS CURVAS ESTAN A CADA 1 CM</p>		<p>PROYECTO: LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO PARA EL DISEÑO DE UN SISTEMA DE AGUAS SUBTERRANEOAS</p> <p>FECHA: 15/05/2010</p> <p>ESCALA: 1:50,000</p> <p>PROYECTANTE: [Nombre]</p> <p>REVISOR: [Nombre]</p> <p>APROBADO: [Nombre]</p>	
<p>INSTITUCION: [Nombre]</p> <p>PROYECTO: [Nombre]</p> <p>FECHA: [Fecha]</p> <p>ESCALA: [Escala]</p> <p>PROYECTANTE: [Nombre]</p> <p>REVISOR: [Nombre]</p> <p>APROBADO: [Nombre]</p>		<p>4.1-B</p>	

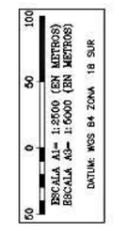


### LEYENDA TOPOGRÁFICA

- CURVA CADA 5 mt.
- CARRETERA
- RIACHUELO
- PASIVOS AMBIENTALES (BOCAMINAS)
- PASIVOS AMBIENTALES (DESMONTE, RELAVES)
- PASIVOS AMBIENTALES (INFRAESTRUCTURA)

RELACION DE LOS PASIVOS AMBIENTALES MINEROS LUM HUAMPAR			
N°	TIPO DE PASIVO AMBIENTAL	CODIGO MEM	COORDENADAS UTM WGS84
LABORES SUBTERRANEAS			
BOCAMINAS			
1	Bocamina	13053	342862 8720428
2	Bocamina	13058	342315 8721260
3	Bocamina	13059	342333 8721340
4	Bocamina	13060	342403 8721297
INSTALACIONES DE PROCESAMIENTO			
5	Plantas de procesamiento	13064	342441 8720416
6	Plantas de procesamiento	13066	342387 8721304
INSTALACIONES DE MANEJO DE RESIDUOS			
BOTADEROS DE DESMONTES			
7	Desmonte de Mina	13056	342426 8720408
BOTADEROS DE RELAVES			
8	Relaves	9848	342631 8720426
9	Relaves	13061	342446 8721301
10	Relaves	13063	342624 8720254
OTRAS INSTALACIONES RELACIONADAS AL PROYECTO			
INSTALACIONES VARIAS			
11	Trajigos de perforación	13065	342394 8720354
12	Caminos, helipuertos, plataformas, líneas férreas	13057	342516 8720464
VIVIENDA Y SERVIDOS PARA LOS TRABAJADORES			
13	Campamento, oficinas, talleres.	514	342186 8720123
14	Campamento, oficinas, talleres.	5977	342174 8720158
15	Campamento, oficinas, talleres.	5979	342171 8720162
16	Campamento, oficinas, talleres.	5989	342159 8720128
17	Campamento, oficinas, talleres.	5981	342189 8720109
18	Campamento, oficinas, talleres.	5953	342216 8720172
19	Campamento, oficinas, talleres.	13055	342377 8720422
20	Campamento, oficinas, talleres.	13062	342342 8721108

		TITULAR: UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL, AMBIENTAL Y MINERA
DESARROLLADO POR:	E. RAMÍREZ	PROYECTO: PLAN DE MANEJO AMBIENTAL PARA LA RECUPERACION DE LOS ECOSISTEMAS DE UNA MICROCUENCA HIDROGRAFICA DEL RAMAC 41-C
REVISADO POR:	M. DE LA CRUZ	
APROBADO POR:	C. GARCIA P.	PLANO:
MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS		DISTRICTO: HUANCABAMBA PROVINCIA: HUANCABAMBA DEPARTAMENTO: LIMA
		ESCALA: 1/2500 FECHA: 04/2021



**ANEXO V**  
**ESTABILIDAD FÍSICA**

## **ANEXO 5A**

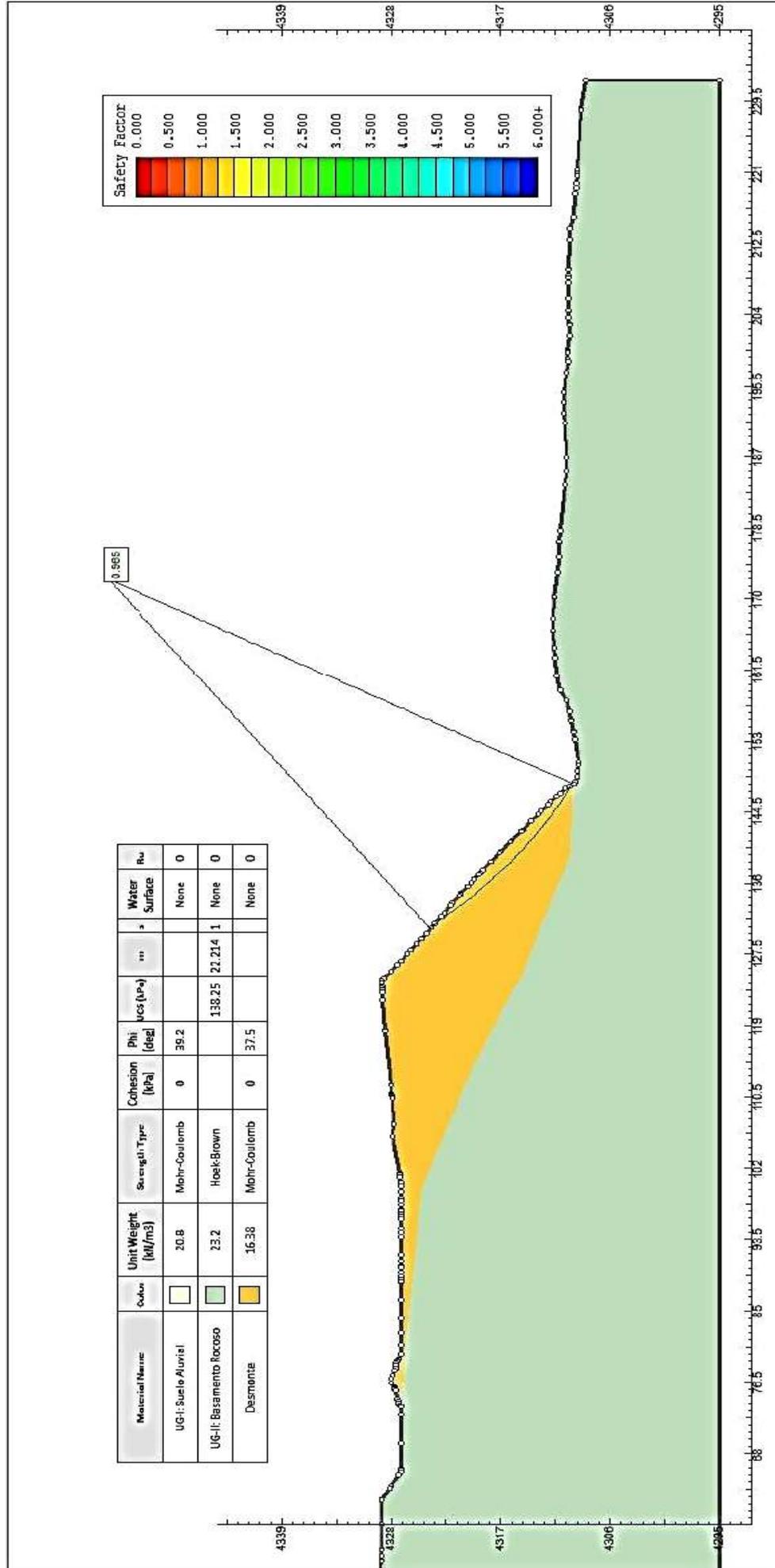
### **Análisis de Estabilidad Física de PAM**

#### **Situación Actual (Sin Remediar)**



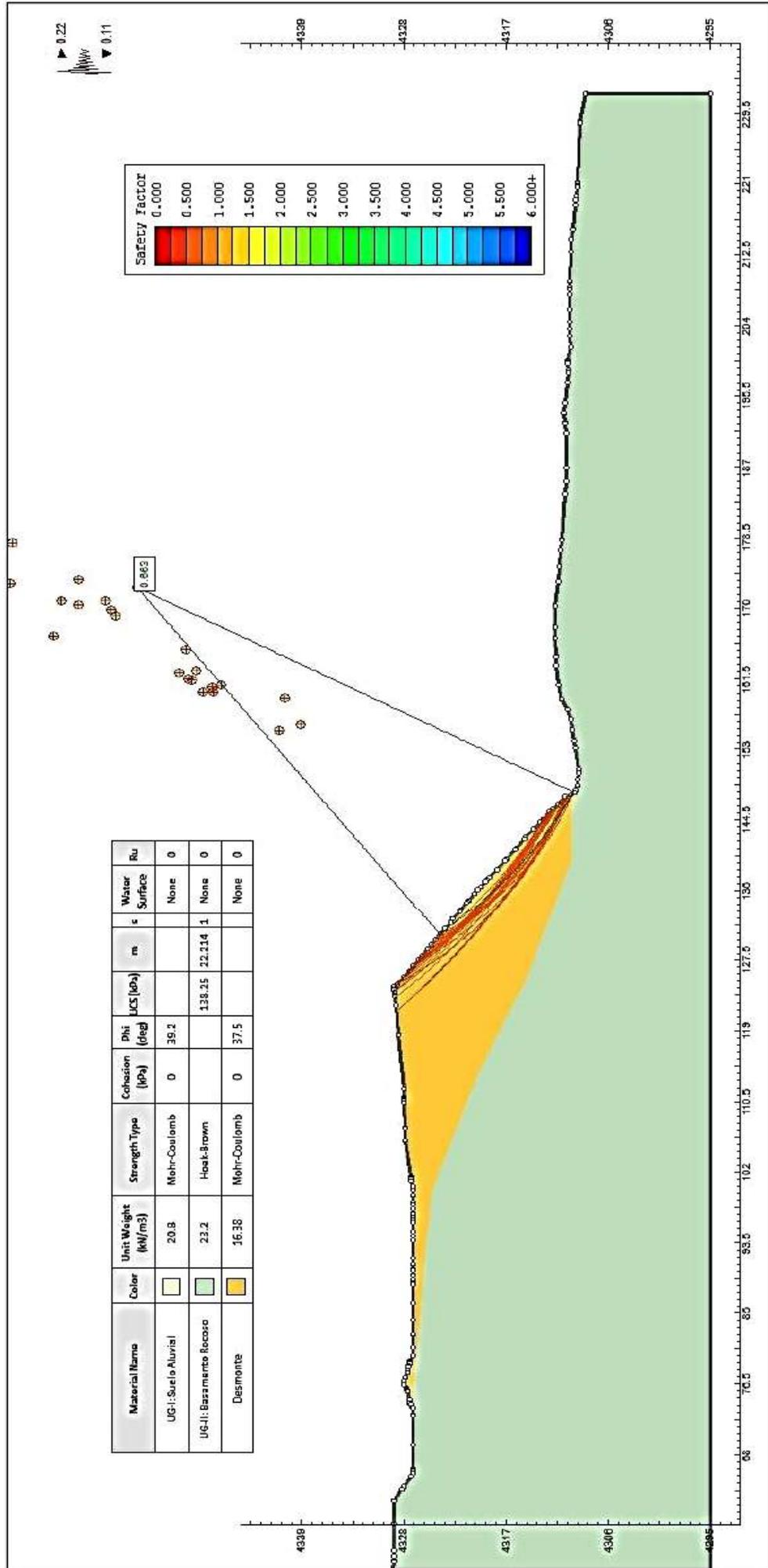
# Desmontera PAM 7 (D 13056) - Situación Actual

## Análisis de Estabilidad - Condiciones Estáticas



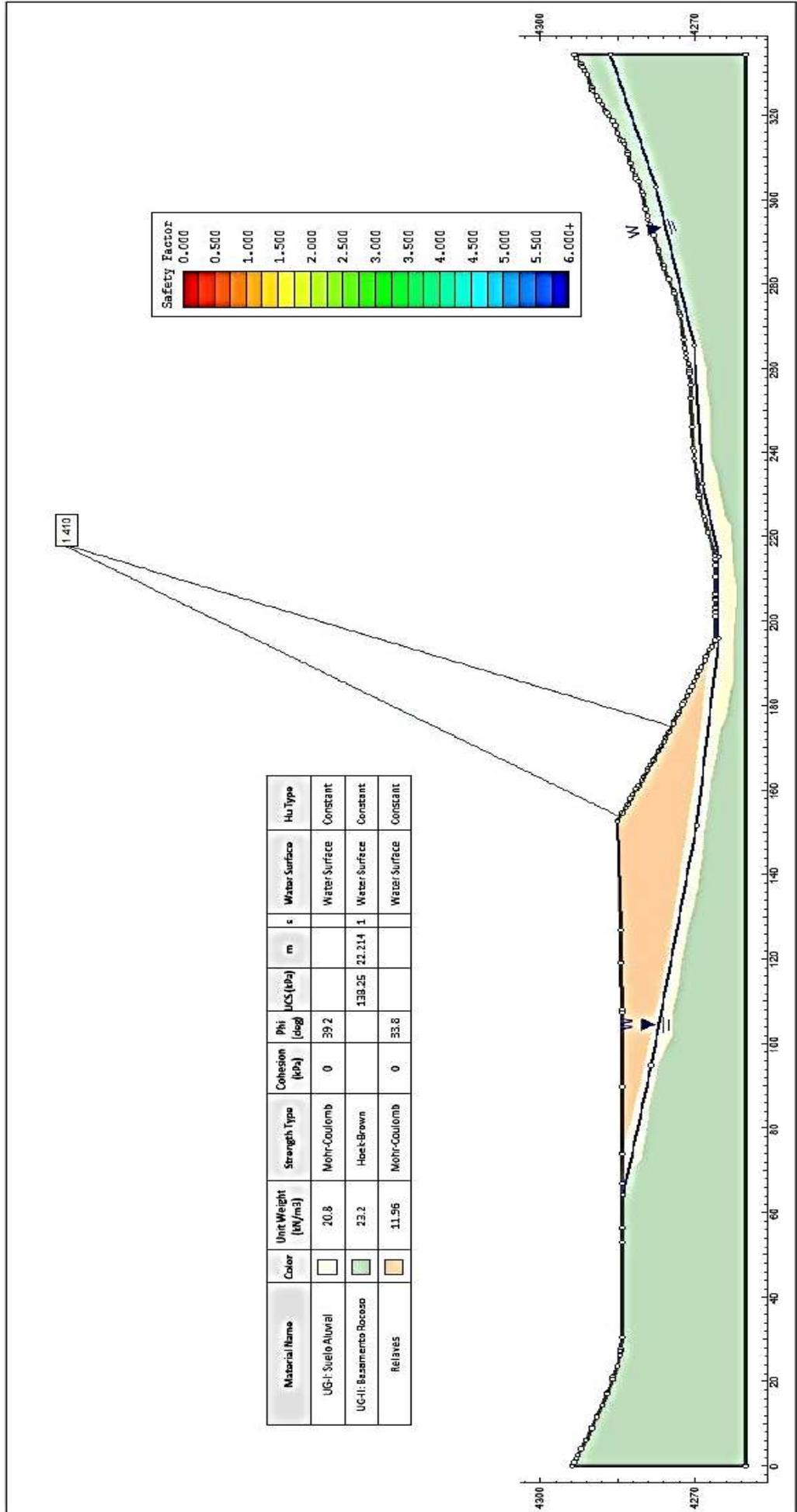
# Desmontera PAM 7 (D 13056) - Situación Actual

## Análisis de Estabilidad - Condiciones Pseudo-estáticas



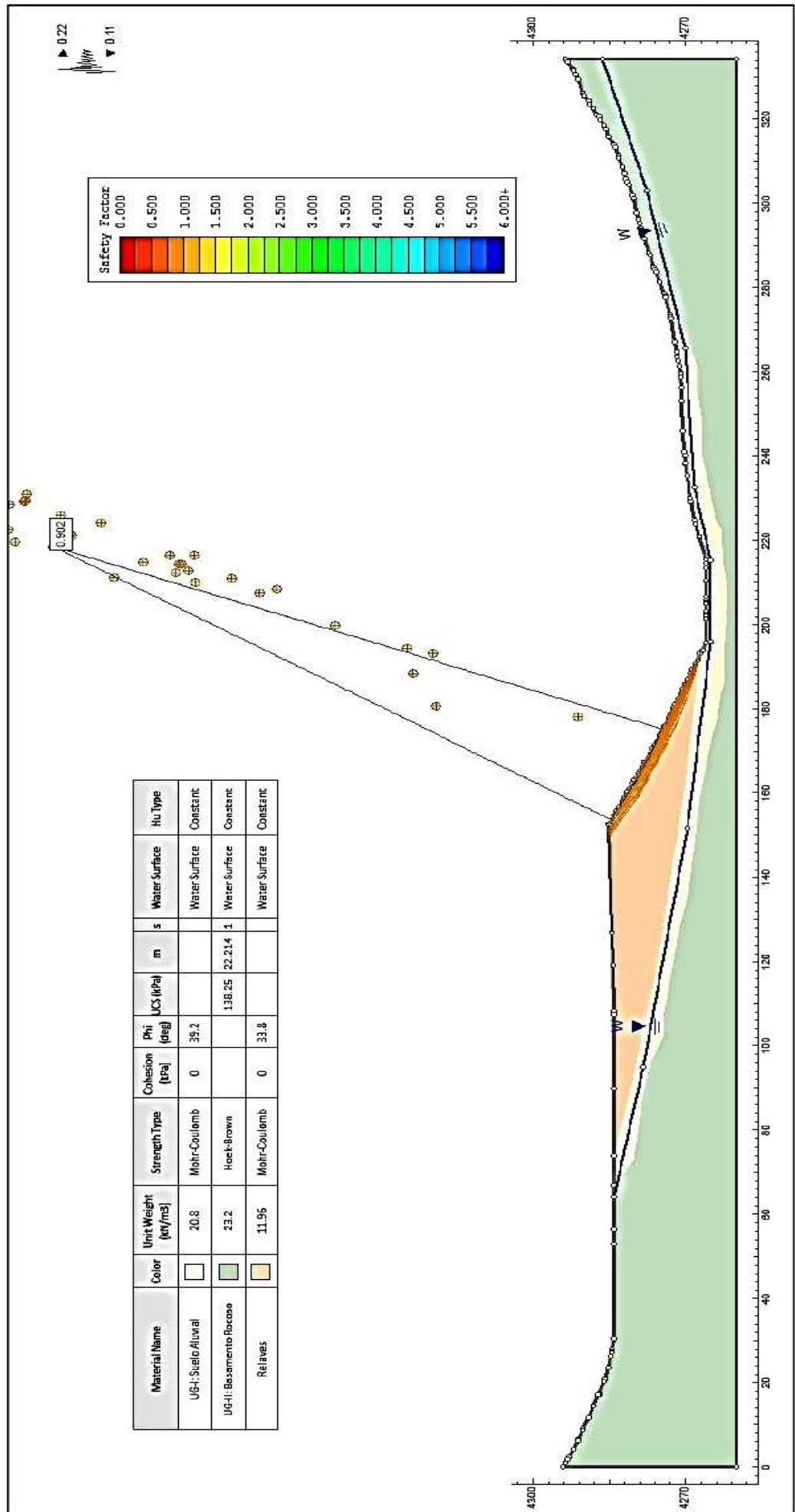
**Relavera PAM 8 (R 9988) - Situación Actual**

**Análisis de Estabilidad - Condiciones Estáticas**



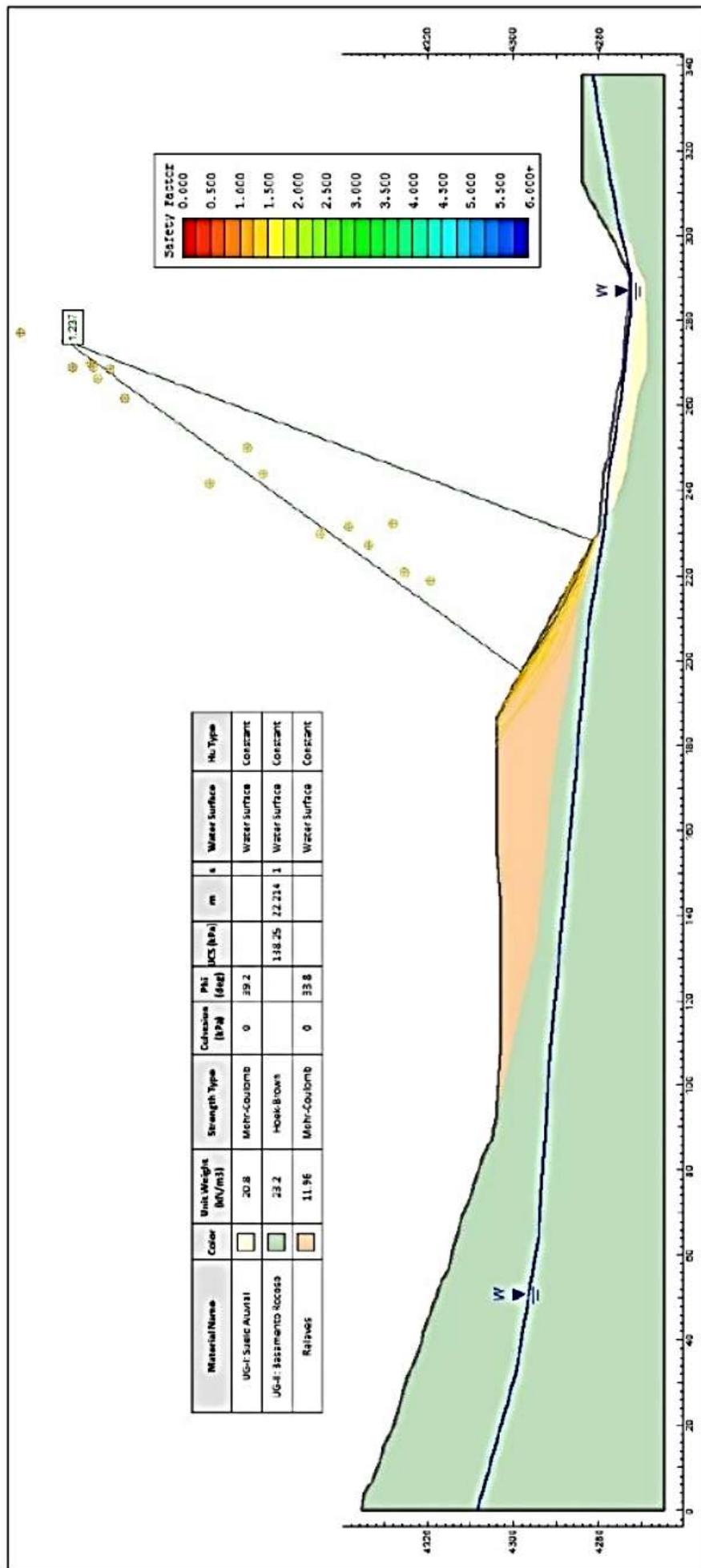
# Relavera PAM 8 (R 9988) - Situación Actual

## Análisis de Estabilidad - Condiciones Pseudo-estáticas



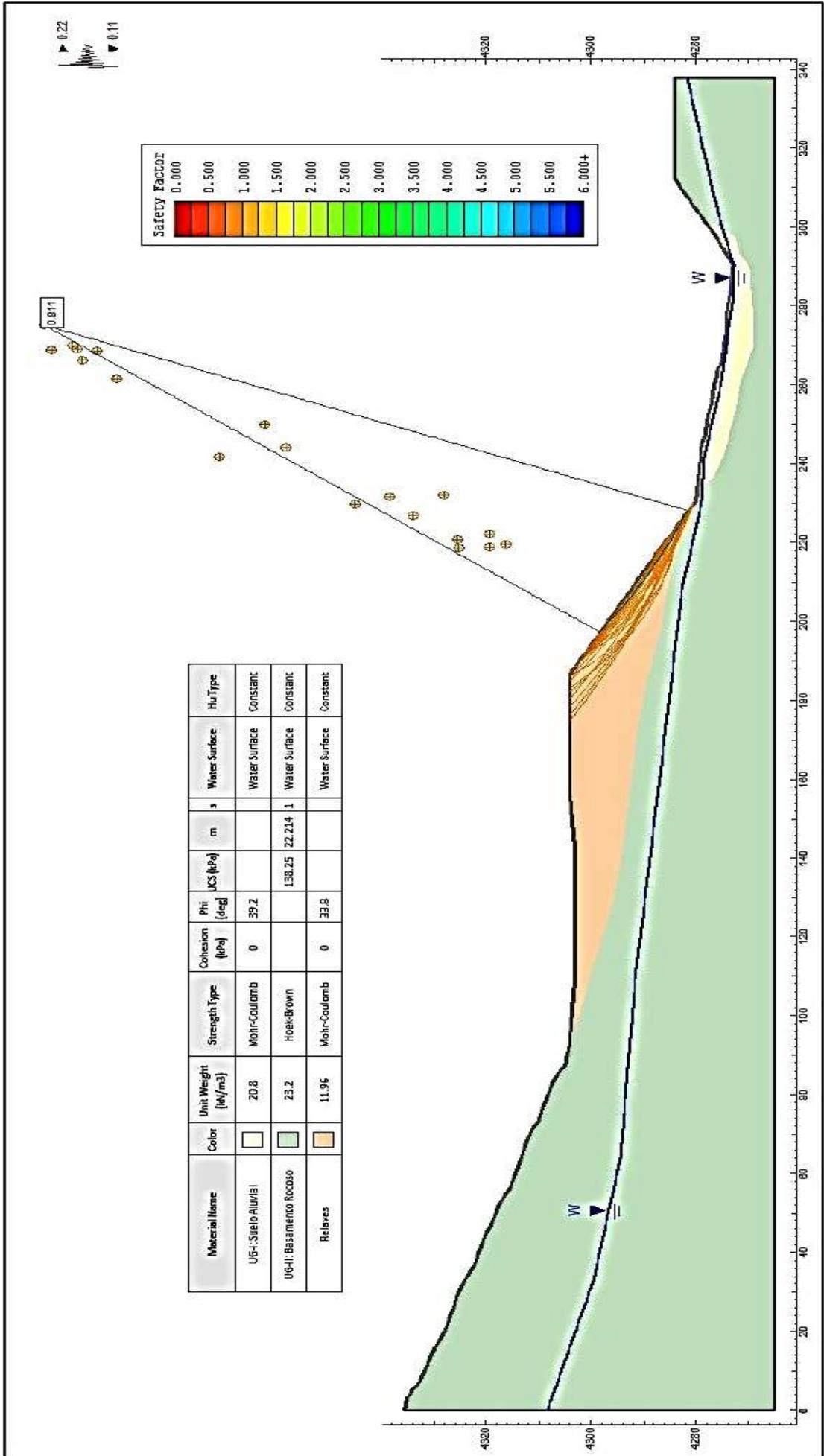
## Relavera PAM 10 (R 13063) - Situación Actual

### Análisis de Estabilidad - Condiciones Estáticas



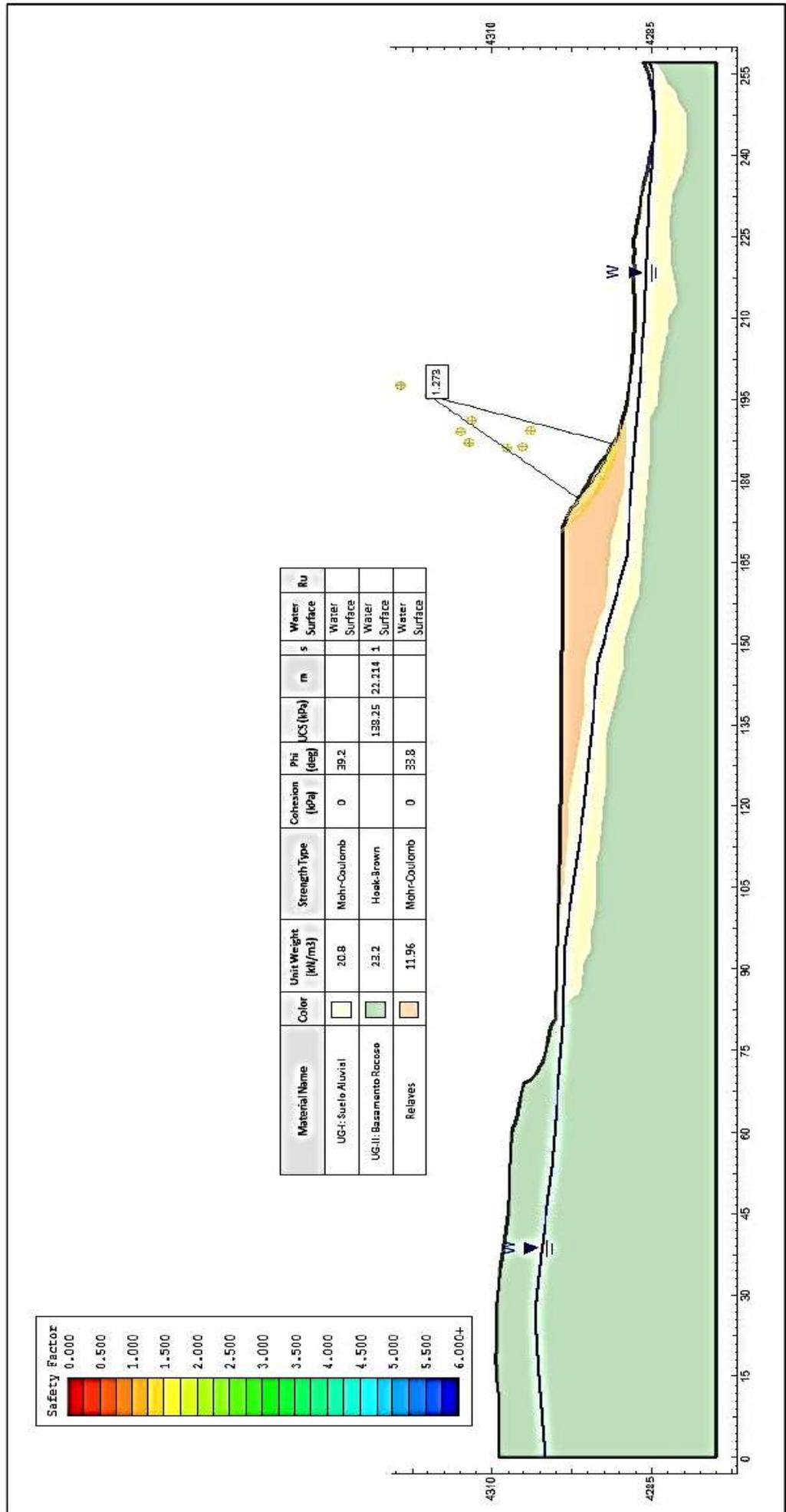
## Relavera PAM 10 (R 13063) - Situación Actual

# Análisis de Estabilidad - Condiciones Pseudo-estáticas



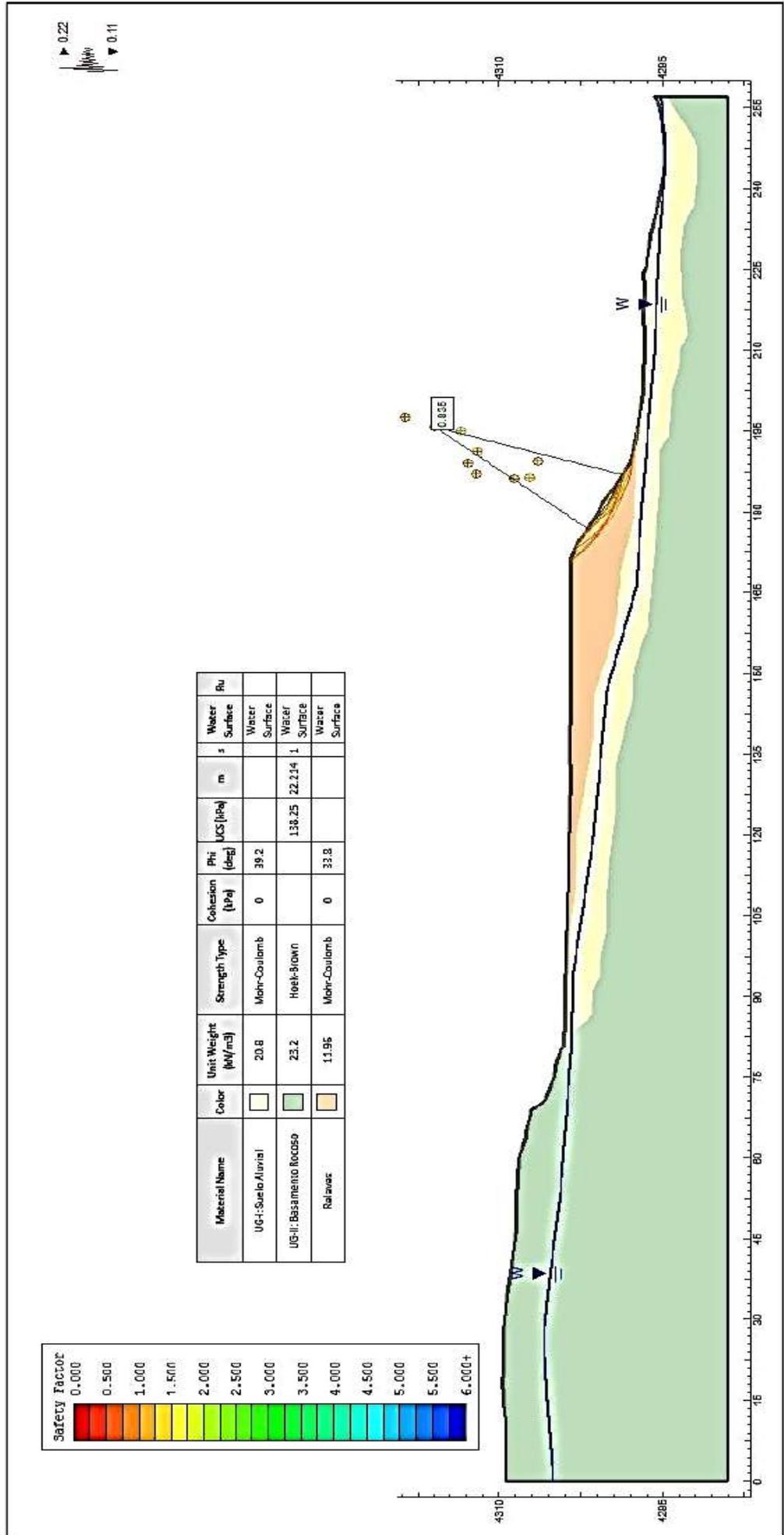
**Relavera PAM 10 -1 (R 13063) - Situación Actual**

**Análisis de Estabilidad - Condiciones Estáticas**



# Relavera PAM 10 -1 (R 13063) - Situación Actual

## Análisis de Estabilidad - Condiciones Pseudo-estáticas



## **ANEXO 5B**

**Análisis de Estabilidad Física de PAM**

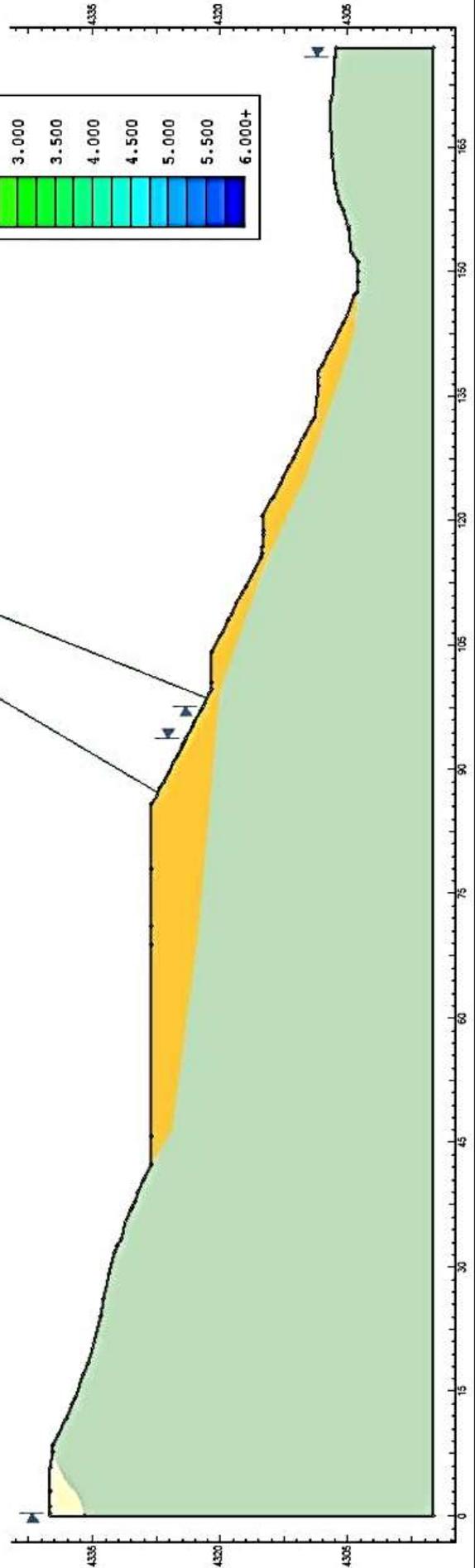
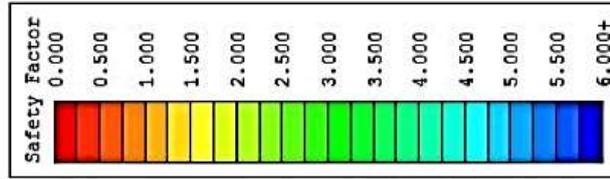
**Posterior a las Actividades de Cierre**

# Desmontera PAM 7 (D 13056) - Posterior a las actividades de cierre

## Análisis de Estabilidad - Condiciones Estáticas

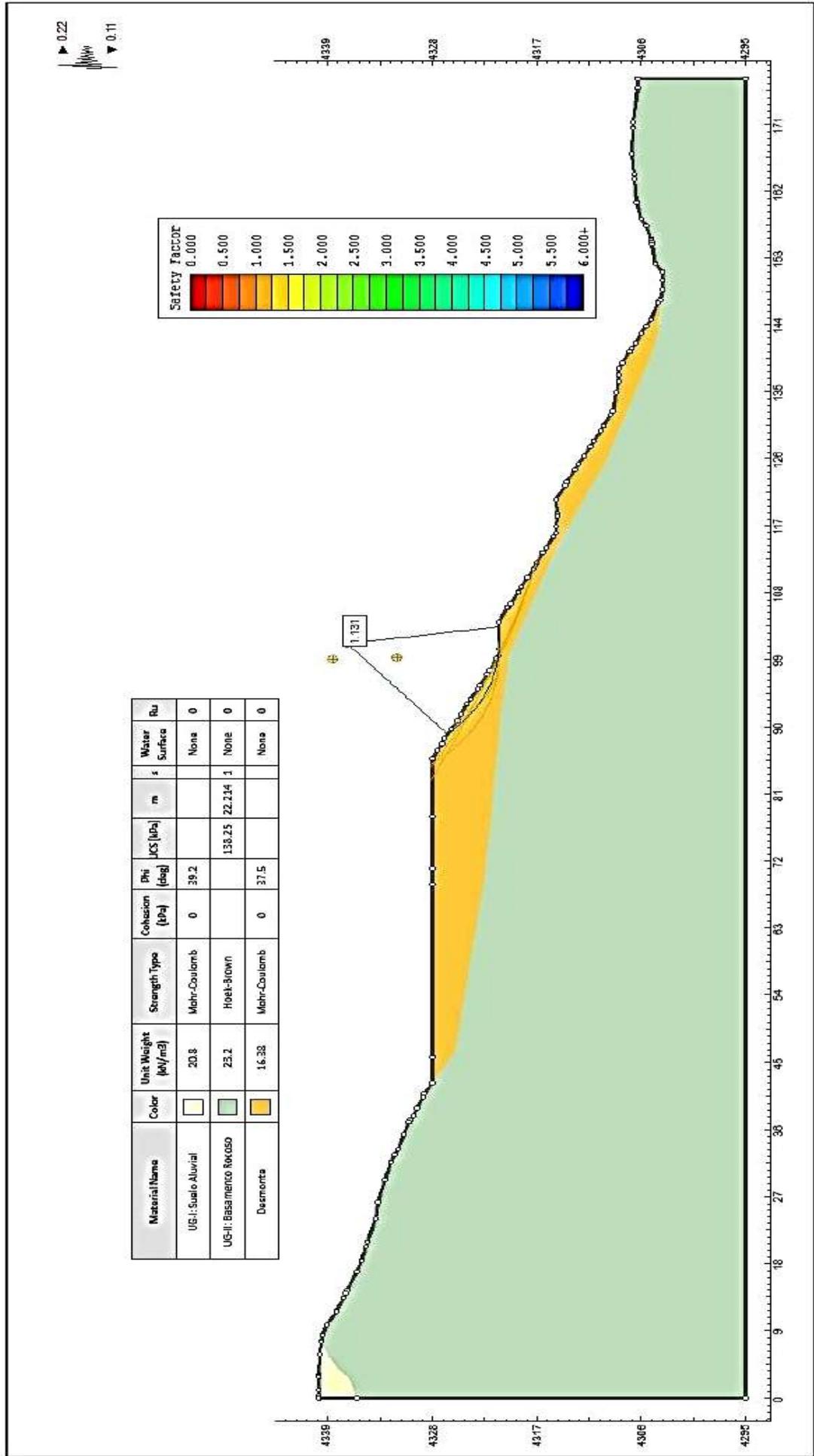
1.519

Material Name	Color	Unit Weight (kN/m <sup>3</sup> )	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	UCS (kPa)	m	s	Water Surface	Ru
UG-I: Suelo Aluvial		20.8	Mohr-Coulomb	0	39.2				None	0
UG-II: Basamento Rocoso		23.2	Hoek-Brown			138.25	22.214	1	None	0
Desmonte		16.38	Mohr-Coulomb	0	37.5				None	0



## Desmontera PAM 7 (D 13056) - Posterior a las actividades de cierre

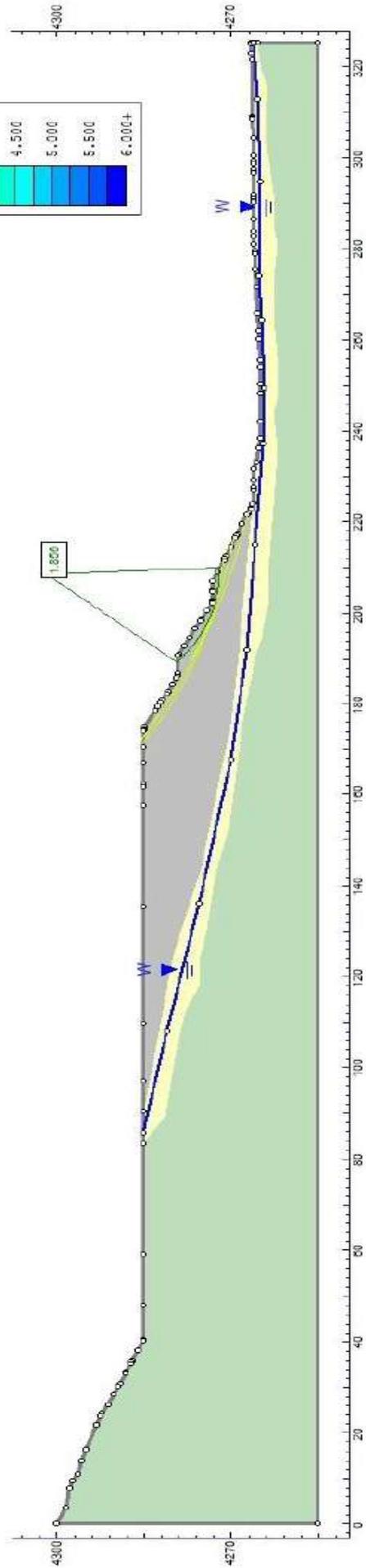
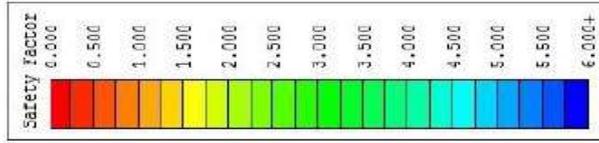
### Análisis de Estabilidad - Condiciones Pseudo-estáticas



# Relavera PAM 8 (R 9988) - Posterior a las actividades de cierre

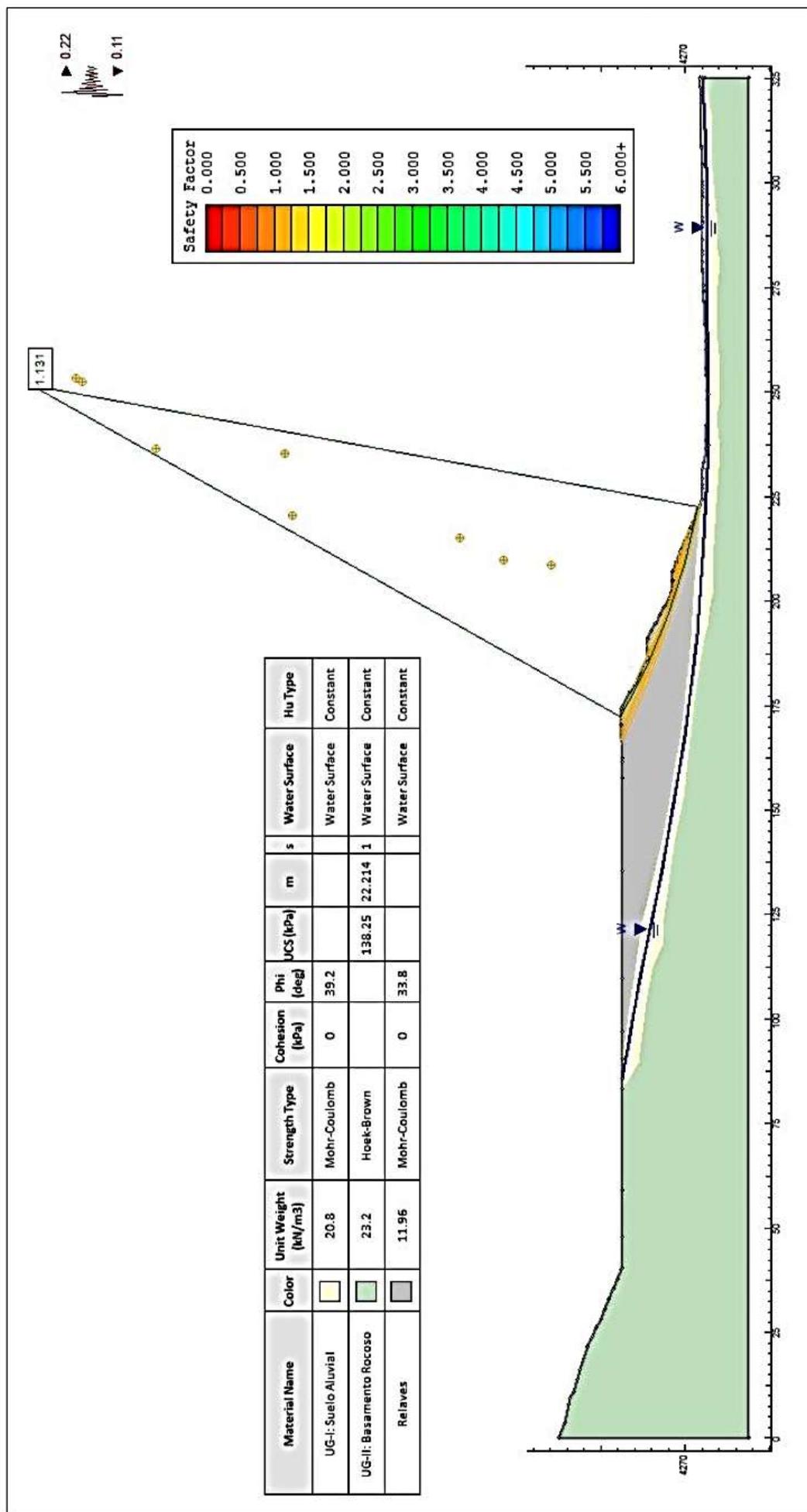
## Análisis de Estabilidad - Condiciones Estáticas

Material Name	Color	Unit Weight (kN/m <sup>3</sup> )	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	JCS (kPa)	m	s	Water Surface	Hu Type
UG-I: Suelo Aluvial	Yellow	20.6	Mohr-Coulomb	0	39.2				Water Surface	Constant
UG-II: Basamento Rocoso	Green	23.2	Hoek-Brown			138.25	22.214	1	Water Surface	Constant
Relaves	Grey	11.96	Mohr-Coulomb	0	33.8				Water Surface	Constant



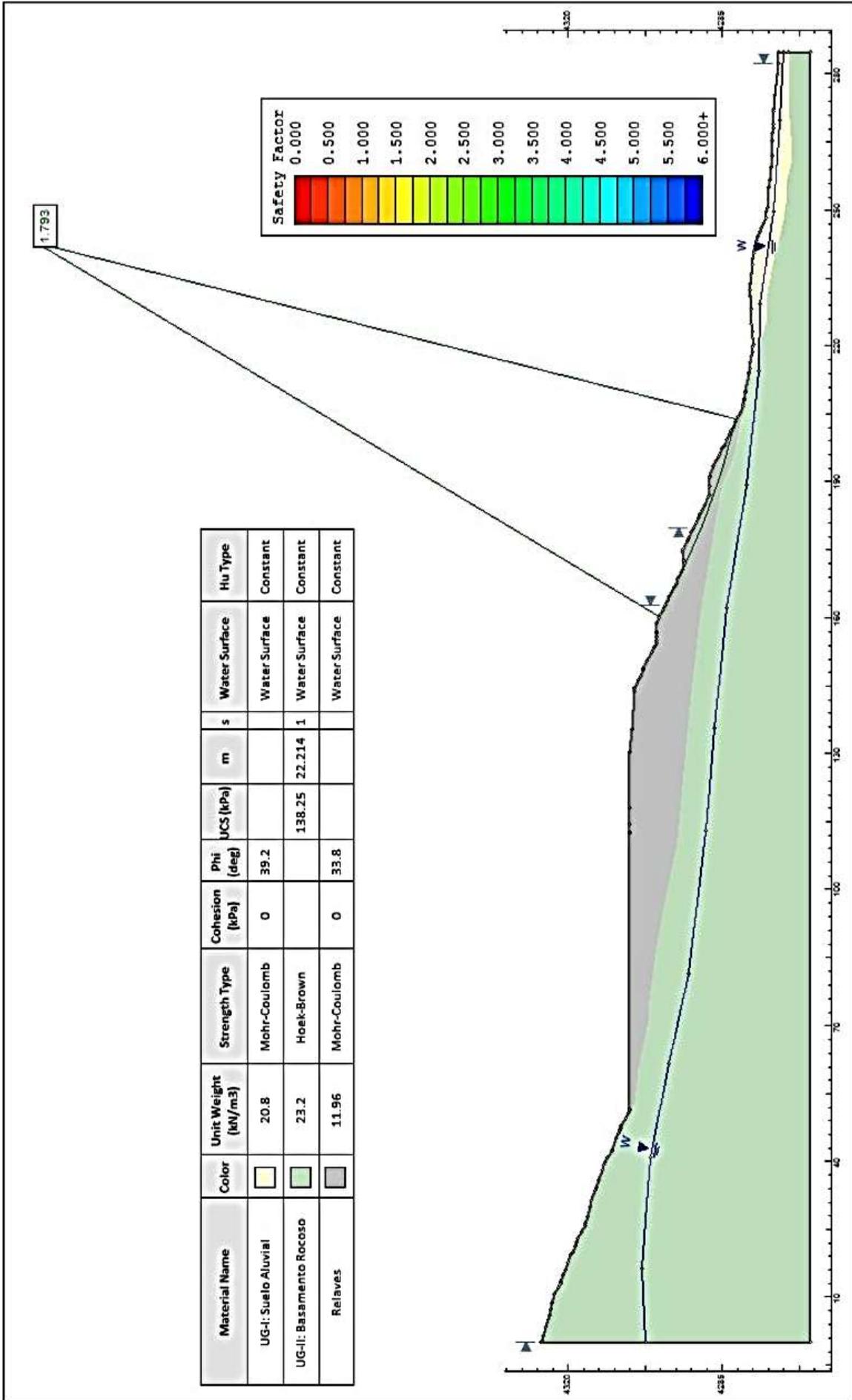
**Relavera PAM 8 (R 9988) - Posterior a las actividades de cierre**

**Análisis de Estabilidad - Condiciones Pseudo-estáticas**



**Relavera PAM 10 (R 13063) - Posterior a las actividades de cierre**

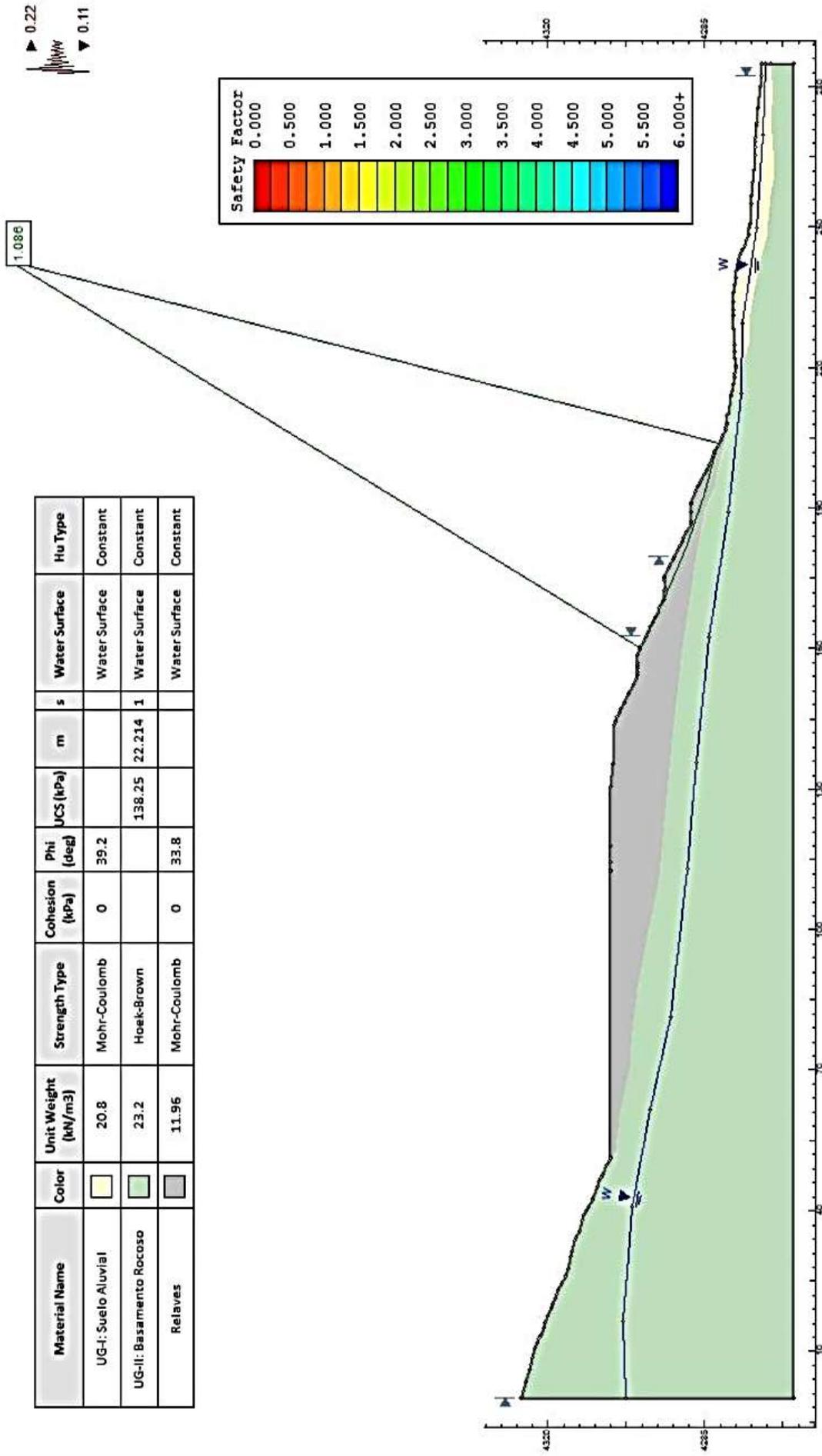
**Análisis de Estabilidad - Condiciones Estáticas**



**Relavera PAM 10 (R 13063) - Posterior a las actividades de cierre**

**Análisis de Estabilidad - Condiciones Pseudo-estáticas**

Material Name	Color	Unit Weight (kN/m <sup>3</sup> )	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	JCS (kPa)	m	s	Water Surface	Hu Type
UG-I: Suelo Aluvial	Yellow	20.8	Mohr-Coulomb	0	39.2				Water Surface	Constant
UG-II: Basamento Rocoso	Green	23.2	Hoek-Brown			138.25	22.214	1	Water Surface	Constant
Relaves	Grey	11.96	Mohr-Coulomb	0	33.8				Water Surface	Constant

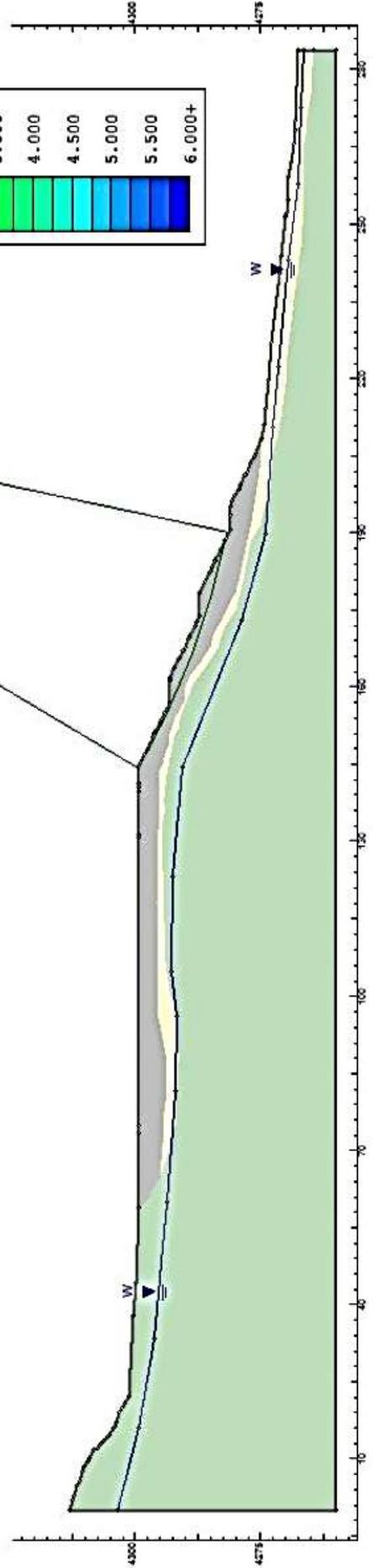
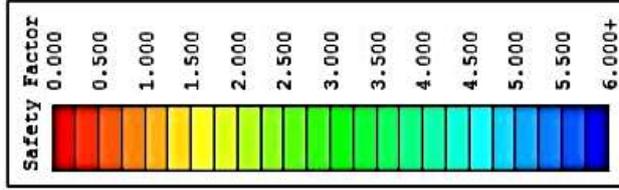


# Relavera PAM 10 -1 (R 13063) - Posterior a las actividades de cierre

## Análisis de Estabilidad - Condiciones Estáticas

Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	UCS (kPa)	m	s	Water Surface	Hu Type
UG-I: Suelo Aluvial		20.8	Mohr-Coulomb	0	39.2				Water Surface	Constant
UG-II: Basamento Rocoso		23.2	Hoek-Brown			138.25	22.214	1	Water Surface	Constant
Relaves		11.96	Mohr-Coulomb	0	33.8				Water Surface	Constant

1.851

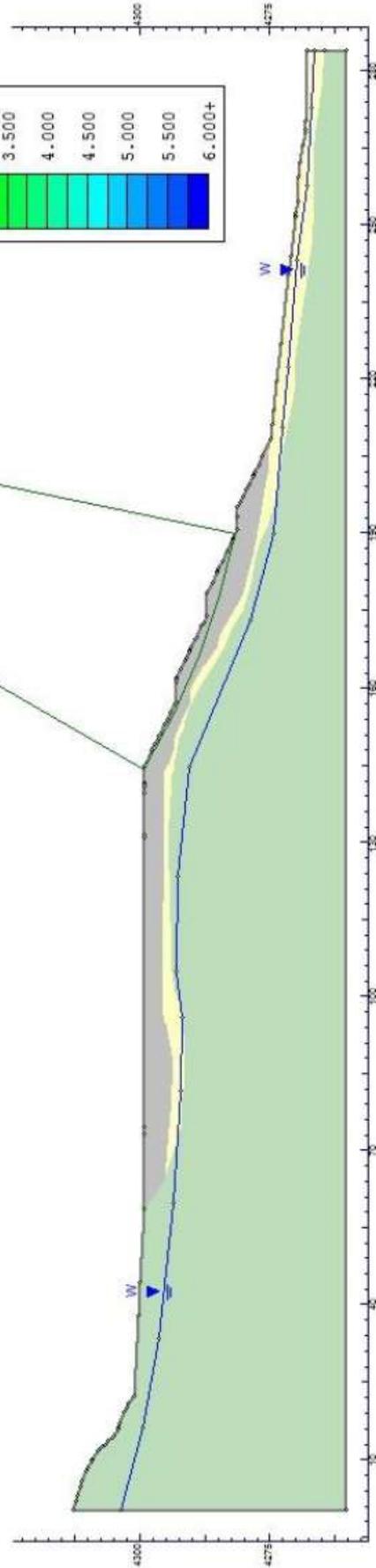
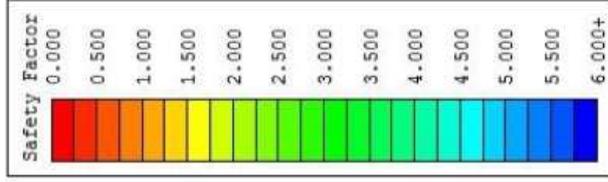


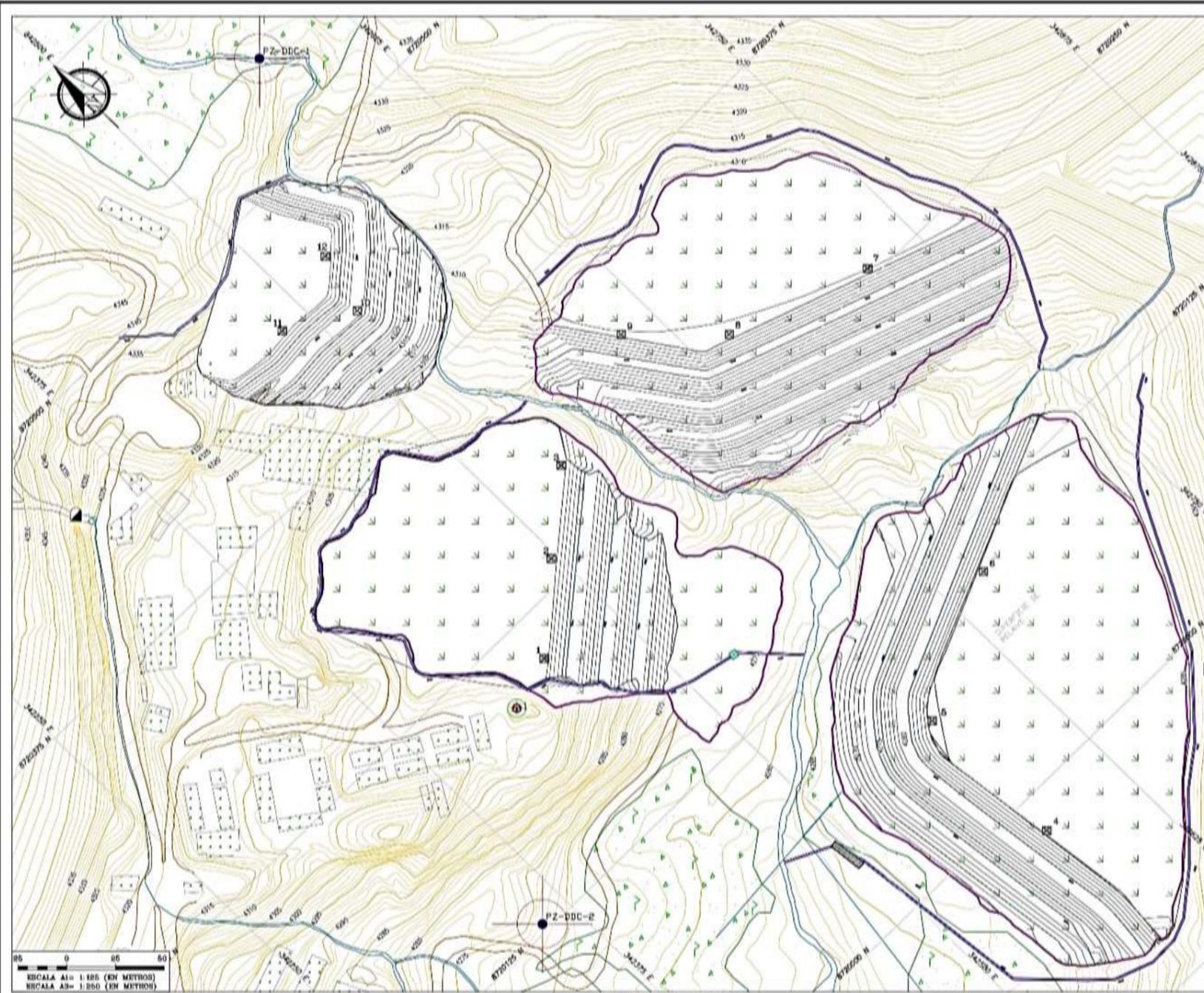
**Relavera PAM 10 -1 (R 13063) - Posterior a las actividades de cierre**

**Análisis de Estabilidad - Condiciones Pseudo-estáticas**

1.114

Material Name	Color	Unit Weight (kN/m <sup>3</sup> )	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	UCS (kPa)	m	s	Water Surface	Hu Type
UG-I: Suelo Aluvial	Yellow	20.8	Mohr-Coulomb	0	39.2				Water Surface	Constant
UG-II: Basamento Rocoso	Green	23.2	Hoek-Brown			138.25	22.214	1	Water Surface	Constant
Relaves	Grey	11.96	Mohr-Coulomb	0	33.8				Water Surface	Constant





PLANTA GENERAL

REFERENCIA:  
LA INFORMACIÓN DE CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DE TERRENO EXISTENTE MOSTRADAS, HA SIDO LEVANTADO POR FOMPER SAC EN FEBRERO DEL 2016. SISTEMA DE COORDENADAS WGS 84.

NOTAS:

1. LOS PIEZOMETROS DEBERAN SER INSTALADOS EN UN PERFORACION DE INCLINACION -90°.
2. LAS TUBERIAS PVC SON DE CLASE 10 O SCHEDULE 40 EN LONGITUDES DE 5m c/u.
3. LA UBICACION DE LOS PIEZOMETROS, LOS HITOS TOPOGRAFICOS Y PUNTOS DE CONTROL TOPOGRAFICO PUEDEN AJUSTARSE DE ACUERDO A LAS CONDICIONES ENCONTRADAS EN CAMPO. EL NUMERO DE PIEZOMETROS PUEDE INCREMENTARSE DE ACUERDO A LOS REQUERIMIENTOS DE CONTRATA.
4. LOS PIEZOMETROS EXISTENTES DEBERAN SER EXTENDIDOS HASTA ALCANZAR LA SUPERFICIE DEL TERRENO.
5. LA INSTRUMENTACION GEOTECNICA INSTALADA DEBERA CONTAR CON UN PLAN DE MONITOREO PERIODICO.
6. LA PROFUNDIDAD DEL PIEZOMETRO PROPUESTO DEBE ATRAVESAR EL CONTACTO DESMONTE/SUELO HASTA 5m COMO MINIMO.

TABLA 1 ●  
PIEZOMETROS PROPUESTO (VER NOTA 4)

PIEZOMETRO	NORTE	ESTE	ELEVACION
PZ-DDC-1	8°720,533.94	432,577.77	4,652
PZ-DDC-2	8°720,129.20	432,557.79	4,274

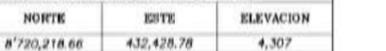
TABLA 3 (VER NOTA 3) ⚡  
PUNTOS DE CONTROL TOPOGRAFICOS PROPUESTOS

HITO	NORTE	ESTE
1	8°720,227.03	342,457.16
2	8°720,261.72	342,496.95
3	8°720,292.75	342,535.36
4	8°719,981.04	342,575.38
5	8°720,063.38	342,574.74
6	8°720,100.22	342,648.75
7	8°720,254.94	342,719.50
8	8°720,280.98	342,844.90
9	8°720,319.74	342,605.73
10	8°720,424.23	342,518.91
11	8°720,443.93	342,484.17
12	8°720,456.13	342,527.64

1 DETALLE TIPICO DE PIEZOMETRO Y/O POZO DE MONITOREO



2 DETALLE DE CABEZAL



3 DETALLE PUNTO TOPOGRAFICO PLANTA

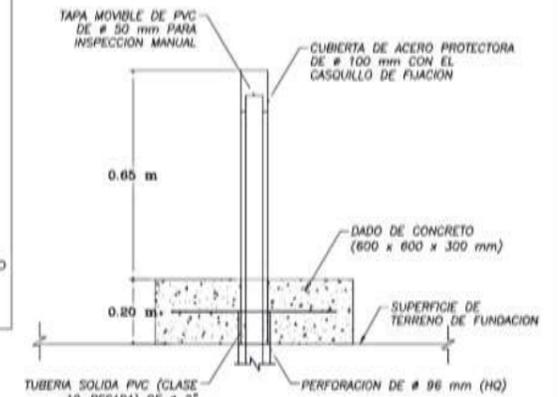


4 DETALLE DE PUNTO TOPOGRAFICO SECCION



SIGNOS CONVENCIONALES

	CURVAS DE NIVEL SUPERFICIE TERRENO NATURAL
	CURVAS DE NIVEL SUPERFICIE RELAVES Y DESMONTE DE MINA
	CAMINO DE ACCESO
	XXX
	RÍO INTERMITENTE, QUEBRADA ESTACIONAL
	BOFEDAL
	CAHAL DE CORONACION
	CANAL DE COLECCION
	BOCAMINA REMEDIADO
	PASIVO REVEGETADO
	PIZ- DDC-01
	HITO TOPOGRAFICO PROPUESTO
	PUNTOS DE CONTROL TOPOGRAFICO PROPUESTO



2 DETALLE DE CABEZAL



3 DETALLE PUNTO TOPOGRAFICO PLANTA



4 DETALLE DE PUNTO TOPOGRAFICO SECCION



2 DETALLE DE CABEZAL

1 DETALLE TIPICO DE PIEZOMETRO Y/O POZO DE MONITOREO

HT	NORTE	ESTE	ELEVACION
HT-1	8°720,218.66	432,428.78	4,307

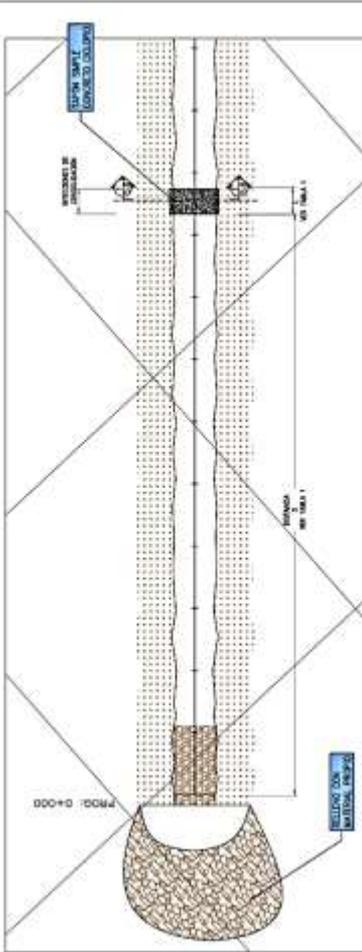
2 DETALLE DE CABEZAL

2 DETALLE DE CABEZAL

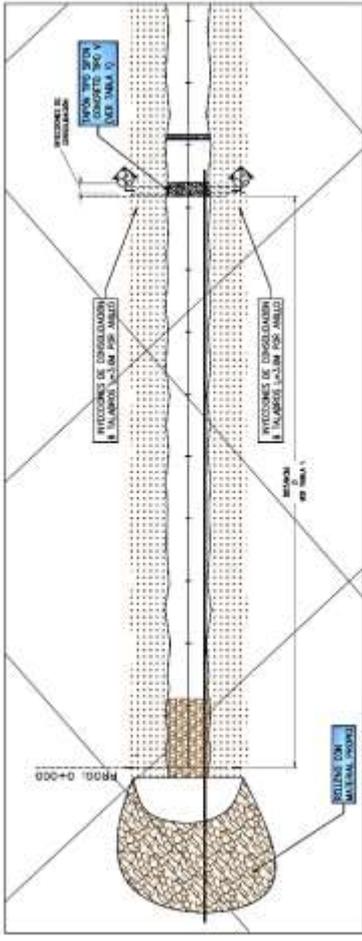
HT	NORTE	ESTE	ELEVACION
HT-1	8°720,218.66	432,428.78	4,307

TITULAR:	UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica		
DESARROLLADO POR:	Miguel de LA CRUZ QUISPE	IF:	GT-01
APROBADO POR:	Celso Iván GAMERO PACHECO	PLANO:	MONITOREO GEOTECNICO DEL DESMONTE Y RELAVES
DISTRITO:	HUANZA	PROVINCIA:	HUAROGAR
DEPARTAMENTO:	UNAS	ESCALA:	GRAFICA
		FECHA:	30/1/2022

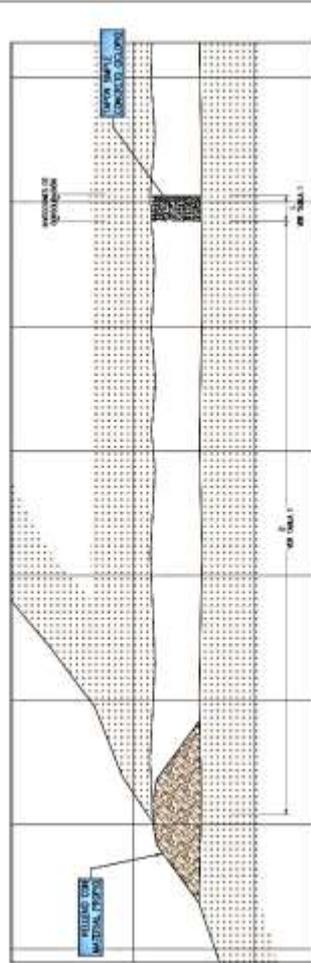
**ANEXO VI**  
**PLANOS DE CIERRE**



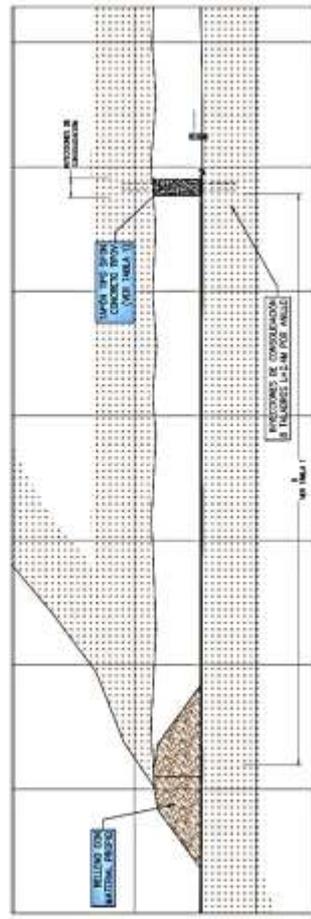
CIERRE TÍPICO DE BOCAMINA TAPÓN SIMPLE  
DUREZA  
ESCALA 1:10



CIERRE TÍPICO DE BOCAMINAS TAPÓN HERMÉTICO  
DUREZA  
ESCALA 1:10



CIERRE TÍPICO DE BOCAMINA TAPÓN SIMPLE  
REPLANTACIONAL  
ESCALA 1:10



CIERRE TÍPICO DE BOCAMINA TAPÓN HERMÉTICO  
REPLANTACIONAL  
ESCALA 1:10

NOTAS:

1. TODAS LAS DIMENSIONES ESTÁN DADAS EN EL SISTEMA MÉTRICO DECIMAL.
2. EL CONCRETO DE LAS OBRAS DEBE SER DE RESISTENCIA DE 200 Kg/cm<sup>2</sup> A LOS 28 DÍAS. EL CEMENTO EMPLEADO DEBE SER 150 N.
3. LAS DIMENSIONES DE LAS CALUMBRAS SIN APROXIMADAS EL LECTOR DEBERÁ VERIFICARLAS ANTES DE INICIAR LA CONSTRUCCIÓN.
4. ANTES DEL VACÍO DE CONCRETO SE DEBERÁ HACER LA LIMPIEZA DE LA SUPERFICIE SEGUN ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.
5. LAS JUNTAS DE CONSTRUCCIÓN SON REPERICIONALES, EN OBRA DEBENTAN ALOJARSE DE ACUERDO AL REQUERIMIENTO DE DISEÑO.
6. LAS DAJAS DE LAS GUNETAS EXISTENTES EN TODO LO QUE ES FACILIBLE SE APROXIMARAN PARA TENDERS DE LAS TUBERIAS DE DISEÑO.

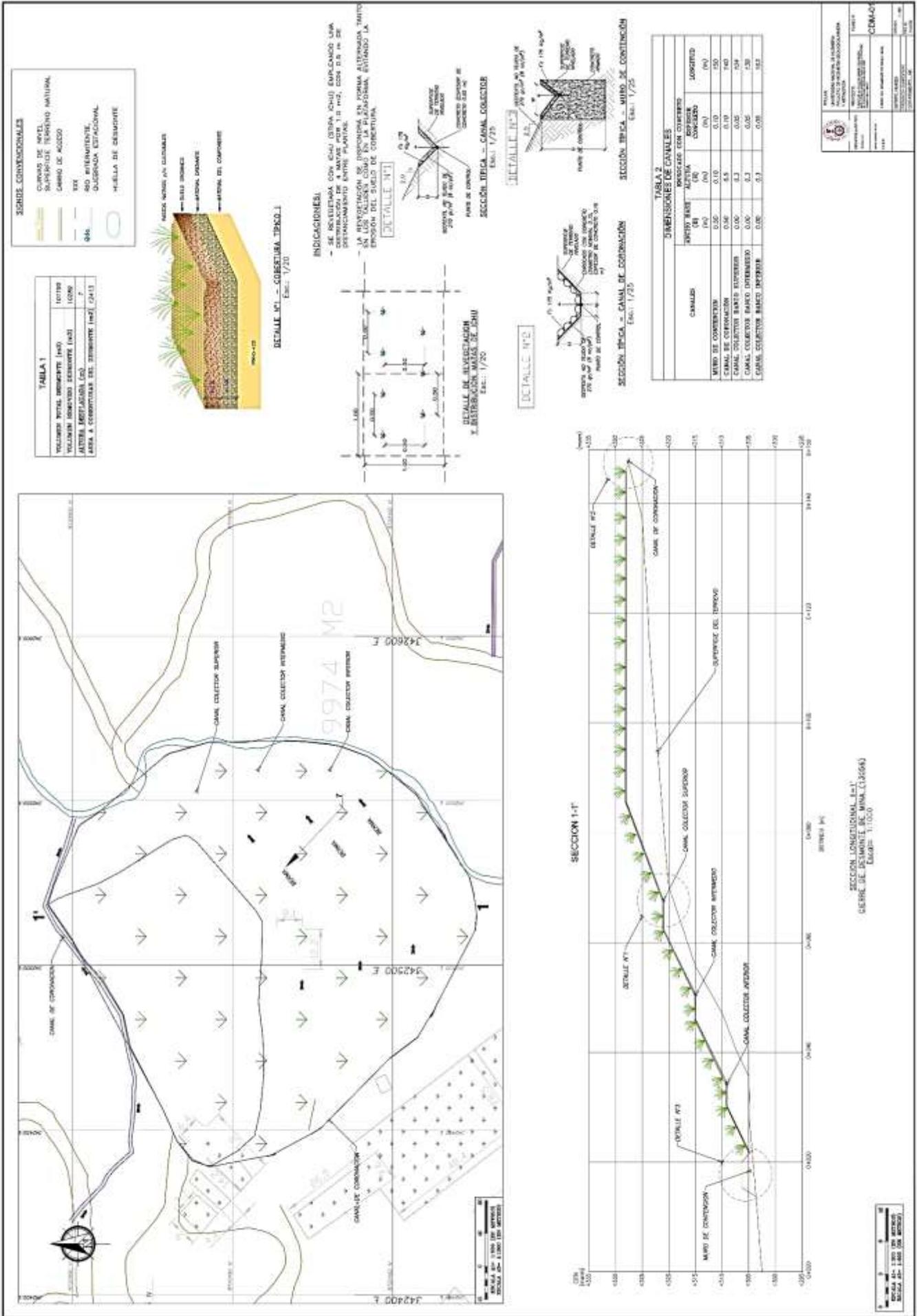
TABLA 1.1. DETALLE DE UBICACIÓN DE TAPONES.

N°	PAGNO AMBIENTAL	ID	COORDENADAS (EN METROS)		ALTITUD (en metros)	DIMENSION (en metros)	USUARIO DE CERRIE	ESTADO ACTUAL	CAUDAL (m <sup>3</sup> /s)	ESTABLECIMIENTO (en metros)	TAPON EN FORMA DE BOCAMINA	
			NORTE	ESTE							TIPO	CANTIDAD
1	Bocamina	13051	872048	342862	4075	2.95x1.05	Remediación	Abandono	123	30.0	0.5	Tapón Tipo Sifón con Material de concreto
2	Bocamina	13058	872100	342315	4075	2.90x2.30	Remediación	Abandono	54 caudal	25.0	0.5	Tapón Simple con material de concreto
3	Bocamina	13079	872130	342333	4075	3.40x2.75	Remediación	Abandono	54 caudal	5.0	0.5	Tapón Simple con material de concreto
4	Bocamina	13060	872127	342403	4358	-	Remediación	Abandono	54 caudal	5.0	0.5	Tapón Tipo Sifón con Material de concreto


**AGENCIA NACIONAL DE MEDIOAMBIENTE**  
 INSTITUTO NACIONAL DE MEDIOAMBIENTE, MINERIA Y METALURGIA  
 PROYECTO: PROYECTO DE RECONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA CIUDAD DE SUYARE  
 UBICACIÓN: SUYARE, DEPARTAMENTO DE SUYARE  
 PLAN N° **BM-01**  
 ELABORADO POR: **ING. JUAN CARLOS GARCÍA**  
 APROBADO POR: **ING. JUAN CARLOS GARCÍA**  
 FECHA: **15/05/2013**  
 ESCALA: **1:100**  
 DEPARTAMENTO: **SUYARE**

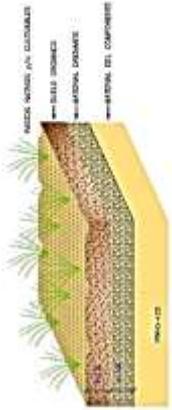






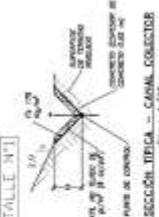
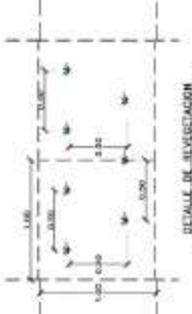
**TABLA 1**

TOLCERADO TOTAL DEFENSIVO (M2)	107199
TOLCERADO IMPERMEABLE DEFENSIVO (M2)	10009
ÁREAS DE REPARACIÓN (M2)	7
ÁREAS A COBERTURAS DEL DEFENSIVO (M2)	2413



**INDICACIONES:**

- SE REALIZARA CON CHU (OTRA CHU) EMPALMADO LINA DE CONTINUACION DE A MAYOR POR 10 M2, CON D.R. DE 20% DETACHAMIENTO ENTRE PLANTAS.
- LA INGENIERIA SE PRESENTA EN FORMA ALTERNADA TANTO EN LA SUPERFICIE NATURAL COMO EN LA SUPERFICIE DE COBERTURA.



**SECCION TIPO - CANAL DE COBERTURA**  
Escala: 1/25

**SECCION TIPO - MURO DE CONTINUACION**  
Escala: 1/25

**TABLA 2**  
DIMENSIONES DE CANALES  
REVESTIDO CON CONCRETO

CANAL	ANCHO (M)	ALTIMETRIA (M)	ESPESOR CONCRETO (M)	LONGITUD (M)
MURO DE CONTINUACION	0.60	0.10	0.10	150
CANAL DE COBERTURA	0.60	0.10	0.10	150
CANAL COLECTOR BARRIO SUPERIOR	0.60	0.3	0.05	150
CANAL COLECTOR BARRIO INTERMEDIO	0.60	0.3	0.05	150
CANAL COLECTOR BARRIO INFERIOR	0.60	0.3	0.05	150

PROYECTO: **SECCION LONGITUDINAL 1-1' DEL SISTEMA DE SANEAMIENTO DE LA COMUNIDAD DE SAN JUAN DE LOS RIOS**

FECHA: 15/05/2018

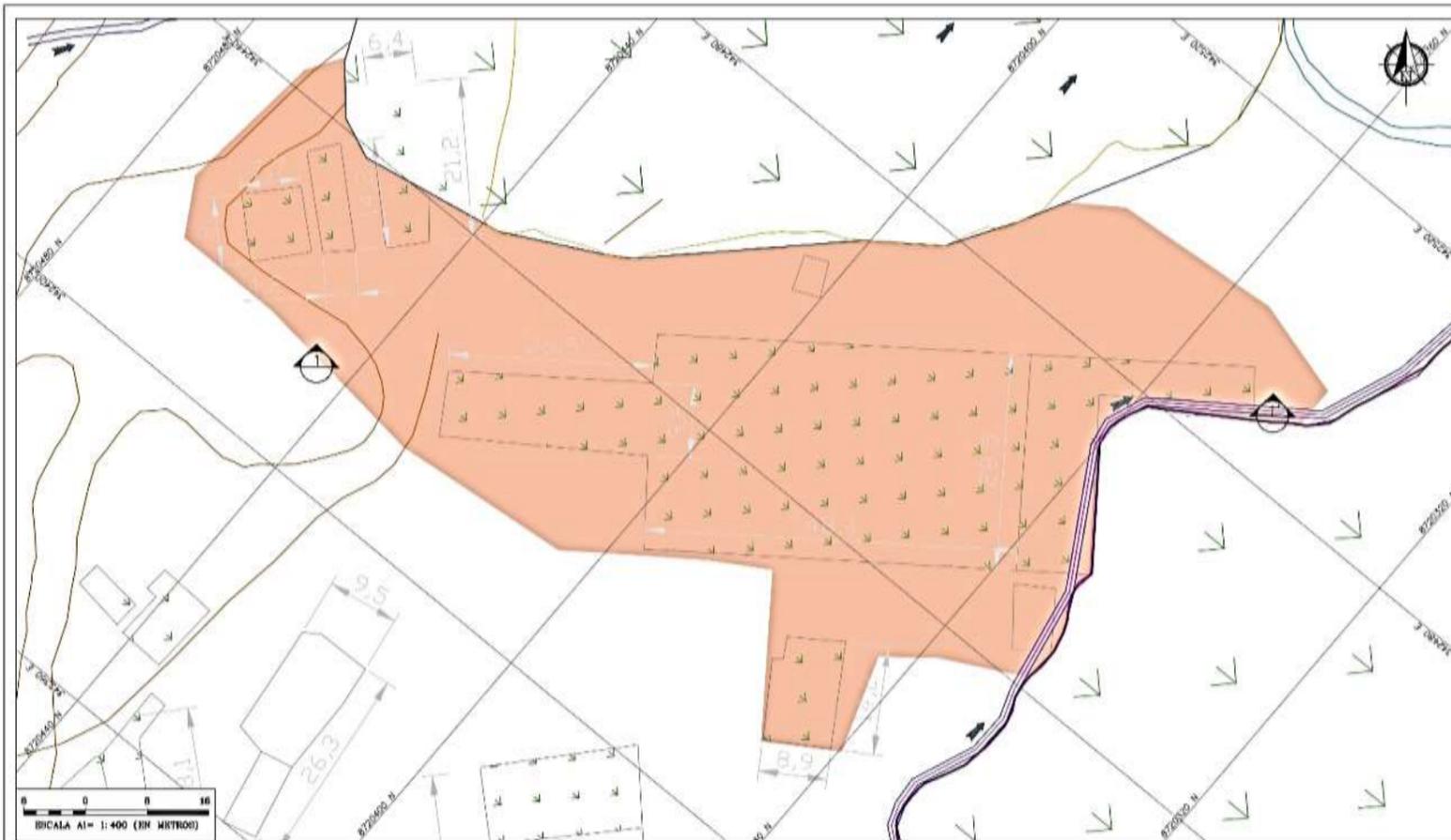
PROYECTISTA: **ING. JUAN CARLOS GONZALEZ**

CLIENTE: **COMUNIDAD DE SAN JUAN DE LOS RIOS**

ESCALA: 1:1000

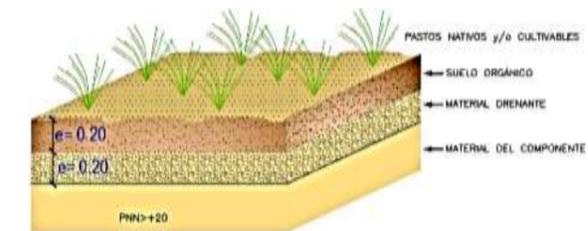
**SECCION LONGITUDINAL 1-1'**  
SECTOR DE SANEAMIENTO DE SAN JUAN DE LOS RIOS  
Escala: 1:1000



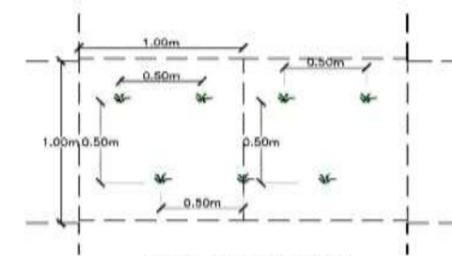


**SIMBOLOGIA:**

	CURVAS DE NIVEL Y ELEVACION EN METROS DE LA SUPERFICIE DEL TERRENO EXISTENTE
	ACCESO EXISTENTE
	LINEA FERREA
	TUBERIA
	RIACHUELO
	LIMITE DE APILAMIENTO
	INSTALACIONES EXISTENTES



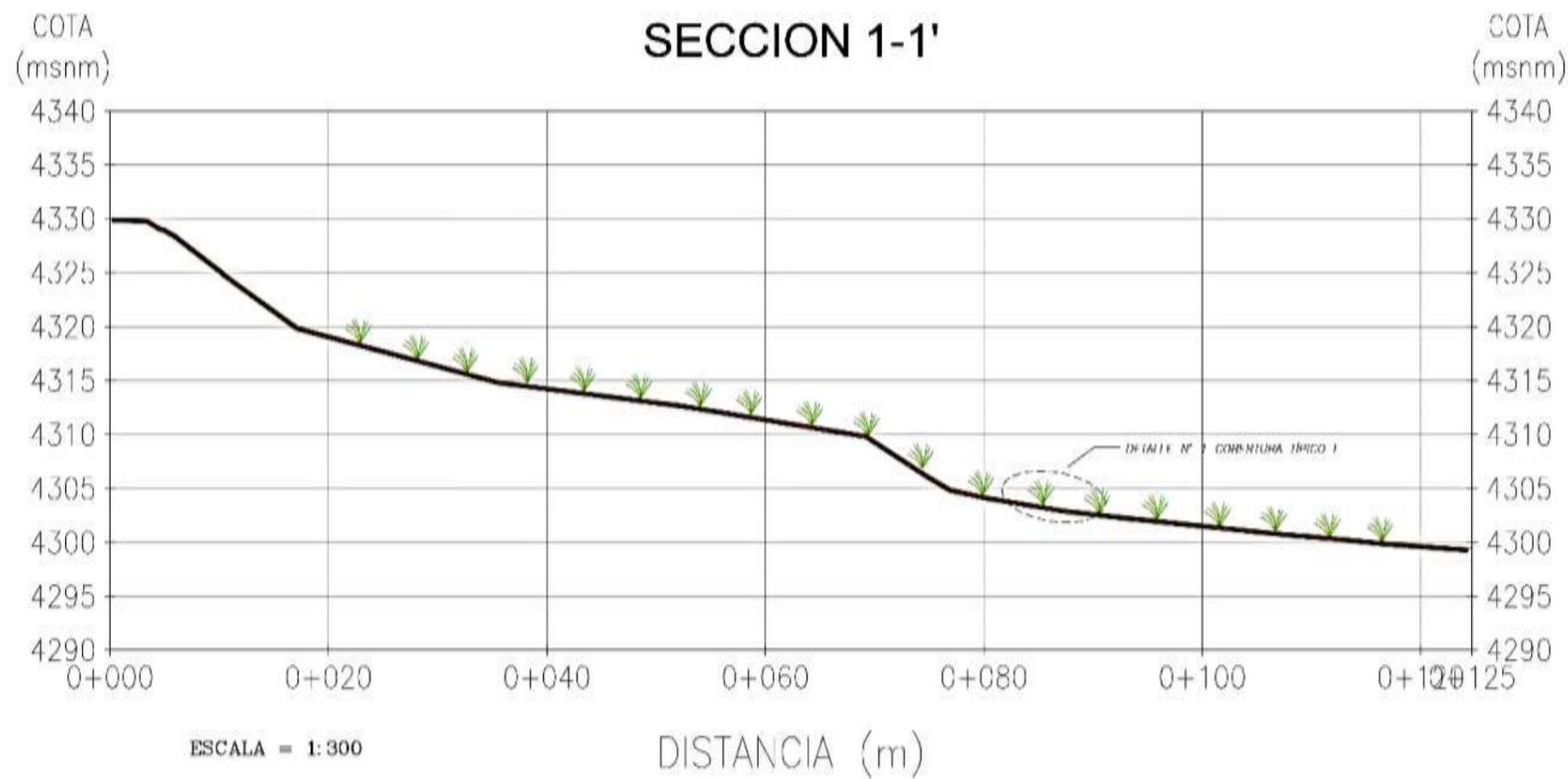
**DETALLE N°1 - COBERTURA TIPO I**  
Esc.: 1/20



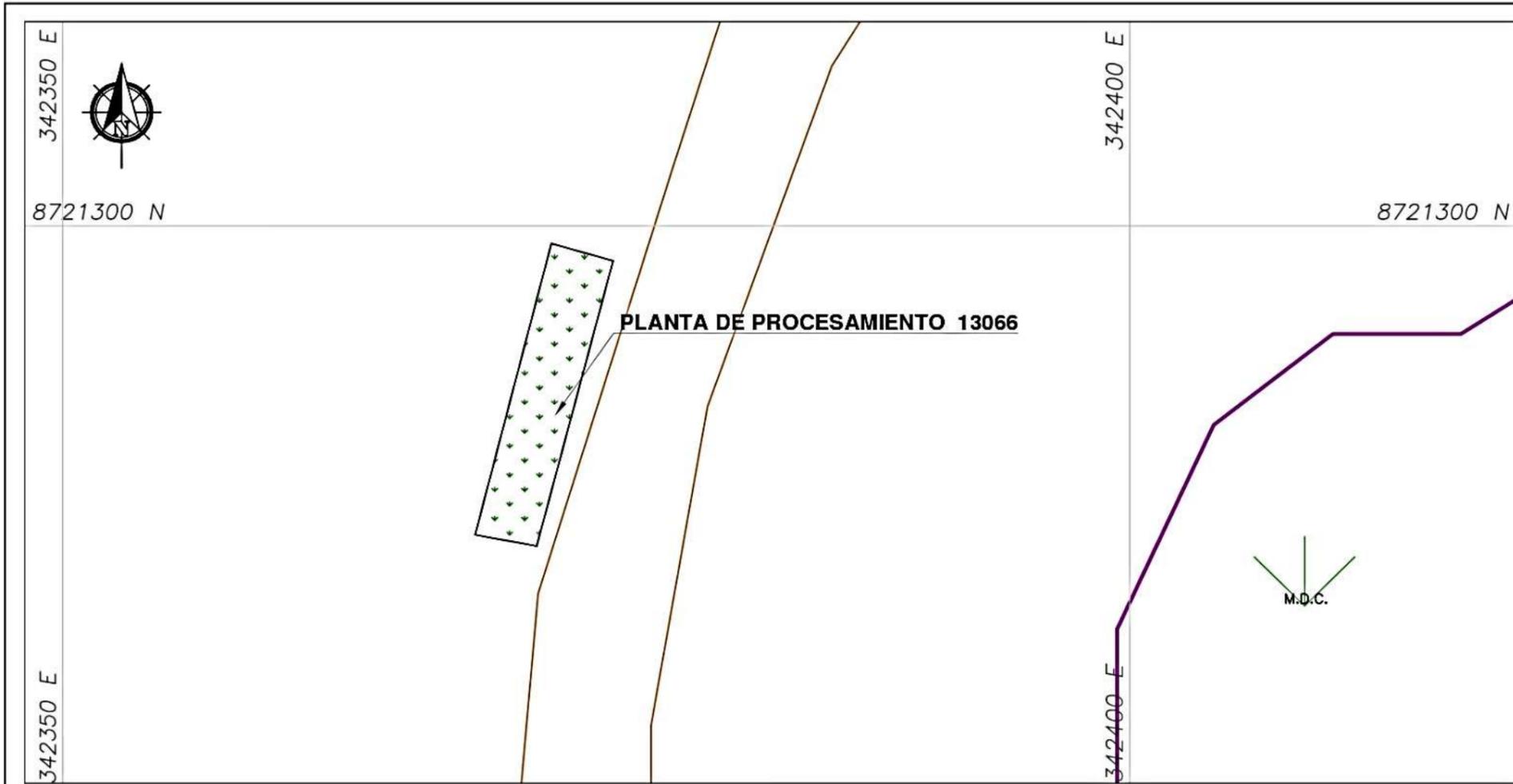
**DETALLE DE REVEGETACION Y DISTRIBUCION MATAS DE ICHU**  
Esc.: 1/20

**INDICACIONES:**

- SE REVEGETARA CON ICHU (STIPA ICHU) EMPLEANDO UNA DISTRIBUCION DE 4 MATAS POR 1.0 m<sup>2</sup>, CON 0.5 m DE DISTANCIAMIENTO ENTRE PLANTAS.
- LA REVEGETACION SE DISPONDRA EN FORMA ALTERNADA TANTO EN LOS TALUDES COMO EN LA PLATAFORMA, EVITANDO LA EROSION DEL SUELO DE COBERTURA.
- COBERTURA TIPO I: COBERTURA SIMPLE PARA MATERIAL QUE NO GENERA ACIDEZ UBICADA SOBRE PAJONAL, CONSISTE EN LA APLICACION DE MATERIAL DETRITICO DRENANTE (0.20m O MENOS) DIRECTAMENTE SOBRE EL AREA QUE OCUPABA EL COMPONENTE, DESPUES DE UNA CAPA DE SUELO ORGANICO (0.20m) Y FINALMENTE SERA REVEGETADO CON PASTOS NATIVOS.
- EL MATERIAL DRENANTE ACTUA COMO SOPORTE MECANICO Y RUPTURA CAPILAR Y SE DISTRIBUIRA SOBRE LA SUPERFICIE SIN COMPACTACION (SUELTO).
- EL MATERIAL DRENANTE TENDRA DIAMETROS DE 2 mm a 75 mm.

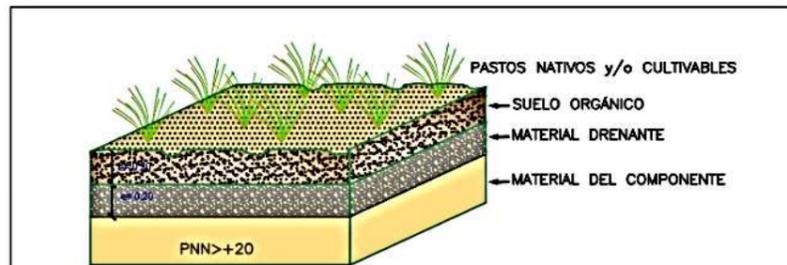
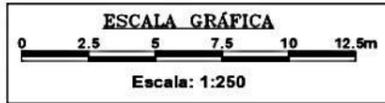
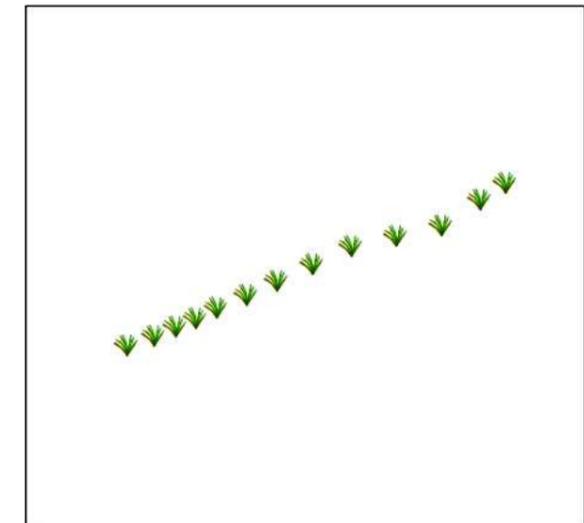


	<b>TITULAR:</b> UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINERA Y METALURGIA	
	<b>DESARROLLADO POR:</b> M.D.La.C.	<b>PROYECTO:</b> CERRIO DE UN PLANT DE CERRIO DE PASAJOS ANTIPTA PRIMARIOS PARA A INYECTACION DE LOS EQUIOS TRAVAS DE UNA MICRO CUBIERTA DEL PIMAC
<b>APROBADO POR:</b> C.J.G.P.	<b>CERRIO PLANTA DE BENEFICIO (13064)</b>	
	<b>DISTRITO:</b> HUANZA <b>PROVINCIA:</b> HUAROCHIRI <b>DEPARTAMENTO:</b> LIMA	<b>ESCALA:</b> 1:600 <b>FECHA:</b> Set.2022



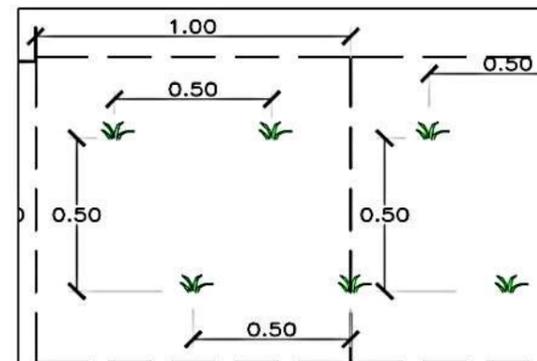
**SIMBOLOGIA:**

	CURVAS DE NIVEL Y ELEVACION EN METROS DE LA SUPERFICIE DEL TERRENO EXISTENTE
	ACCESO EXISTENTE
	RIACHUELO
	INSTALACIONES EXISTENTES
	PASIVO REVEGETADO

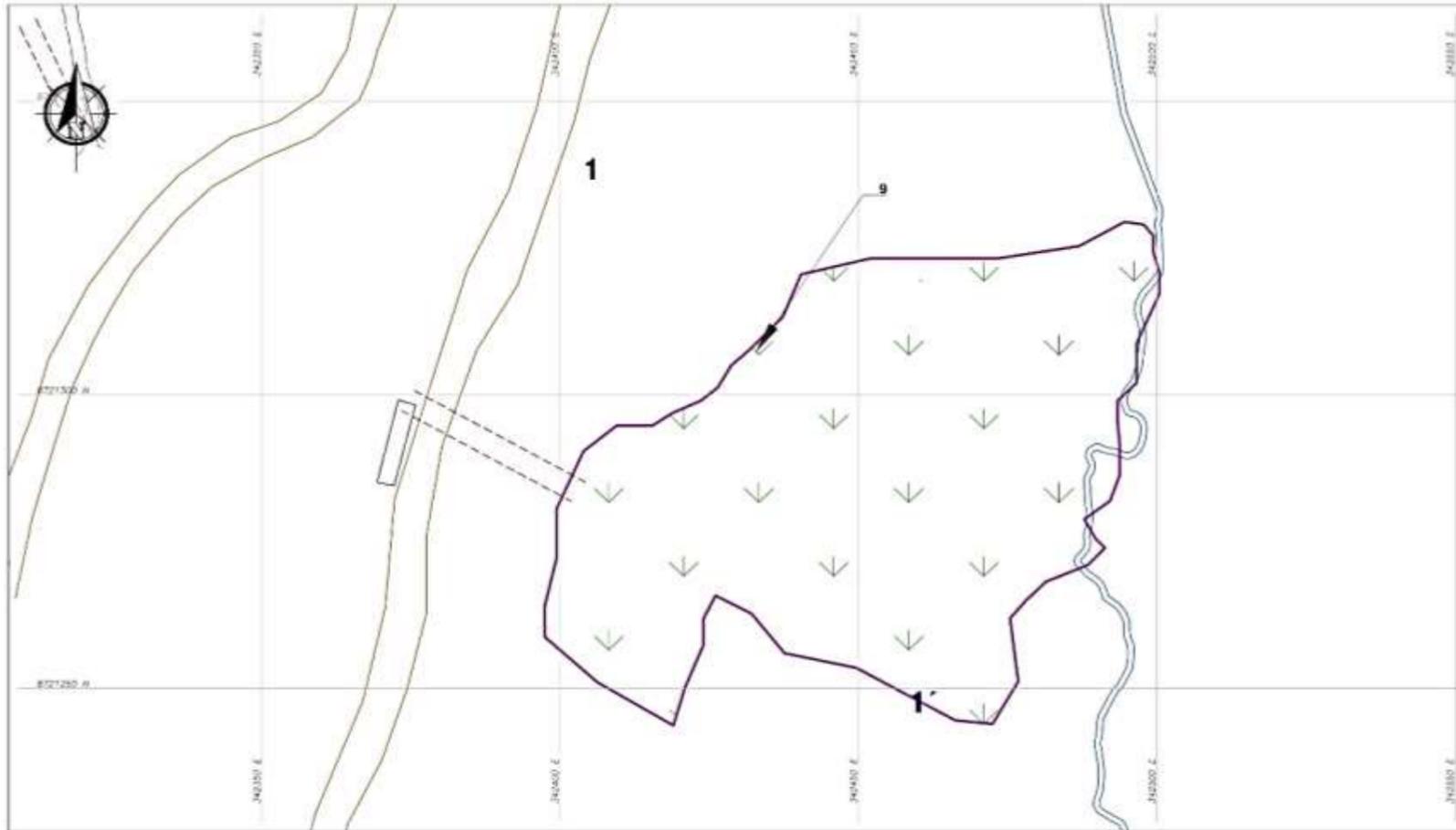


DETALLE 1 - COBERTURA TIPO I

RELACION DE LOS PASIVOS AMBIENTALES MINEROS EUM HUAMPAR												
N°	TIPO DE PASIVO AMBIENTAL	CODIGO MEM	DIMENSIONES		PERIMETRO (m)	ESPESOR DE CONCRETO (m)	AREA DESMANTELAR (m <sup>2</sup> )	VOLUMEN DE CONCRETO DEMOLIDO (M <sup>3</sup> )	ESTABILIDAD GEOQUÍMICA			
			ALTURA (m)	ÁREA DEL PASIVO (m <sup>2</sup> )					COBERTURA	ÁREA REVEGETAR (M <sup>2</sup> )	VOLUMEN DE MAT. DRENANTE GRANULAR (M <sup>3</sup> )	VOLUMEN DE SUELO ORGÁNICO (M <sup>3</sup> )
LABORES SUBTERRANEAS BOCAMINAS												
OTRAS INSTALACIONES RELACIONADAS AL PROYECTO												
INSTALACIONES VARIAS												
11	Testigos de perforación	13065	3	127	46	0.2	138	33.02	Tipo I	127	27.94	29.21



	TITULAR: UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINERA Y METALURGIA	
	DESARROLLADO POR: M.DeLa.C.	PROYECTO: DISEÑO DE UN PLAN DE CIERRE DE PASIVOS AMBIENTALES MINEROS PARA LA RECUPERACION DE LOS ECOSISTEMAS DE UNA MICRO CUENCA DEL RINAC
APROBADO POR: C.I.G.P.	CIERRE PLANTA DE BENEFICIO (13000)	
	DISTRITO: HUANZA PROVINCIA: HUAROCHIRI DEPARTAMENTO: LIMA	ESCALA: 1 : 500  FECHA: Set. 2022

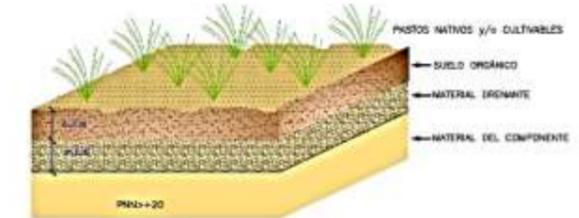


10 0 10 20  
 ESCALA A1= 1:500 (EN METROS)  
 ESCALA A2= 1:800 (EN METROS)

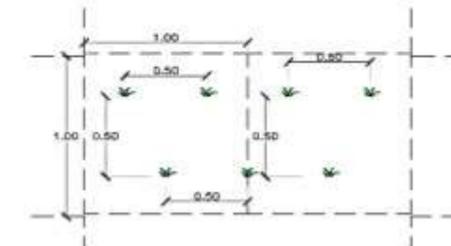
PLANTA  
 Esc.: 1/500

TABLA 1	
VOLUMEN TOTAL RELAVERA (m3)	8419
VOLUMEN REMOVIDO RELAVERA (m3)	8419
AREA A COBERTURAR DE LA RELAVERA (m2)	5574

SIGNOS CONVENCIONALES	
	CURVAS DE NIVEL SUPERFICIE TERRENO NATURAL
	CAMINO DE ACCESO
	CAMINO DE HERRADURA
	RIO INTERMITENTE, QUEBRADA ESTACIONAL
	HUELLA DELA RELAVERA



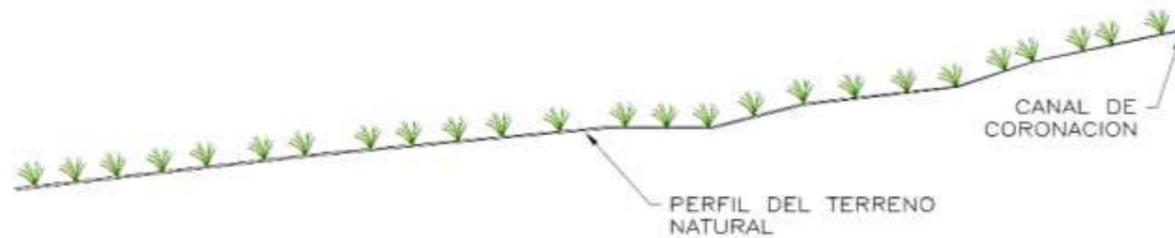
DETALLE N°1 - COBERTURA TÍPICO I  
 Esc.: 1/20



DETALLE DE REVEGETACION Y DISTRIBUCION MATAS DE ICHU  
 Esc.: 1/20

**INDICACIONES:**

- SE REVEGETARÁ CON ICHU (STIPA ICHU) EMPLEANDO UNA DISTRIBUCIÓN DE 4 MATAS POR 1,0 m2, CON 0,5 m DE DISTANCIAMIENTO ENTRE PLANTAS.
- LA REVEGETACIÓN SE DISPONDRÁ EN FORMA ALTERNADA TANTO EN LOS TALUDES COMO EN LA PLATAFORMA, EVITANDO LA EROSIÓN DEL SUELO DE COBERTURA.

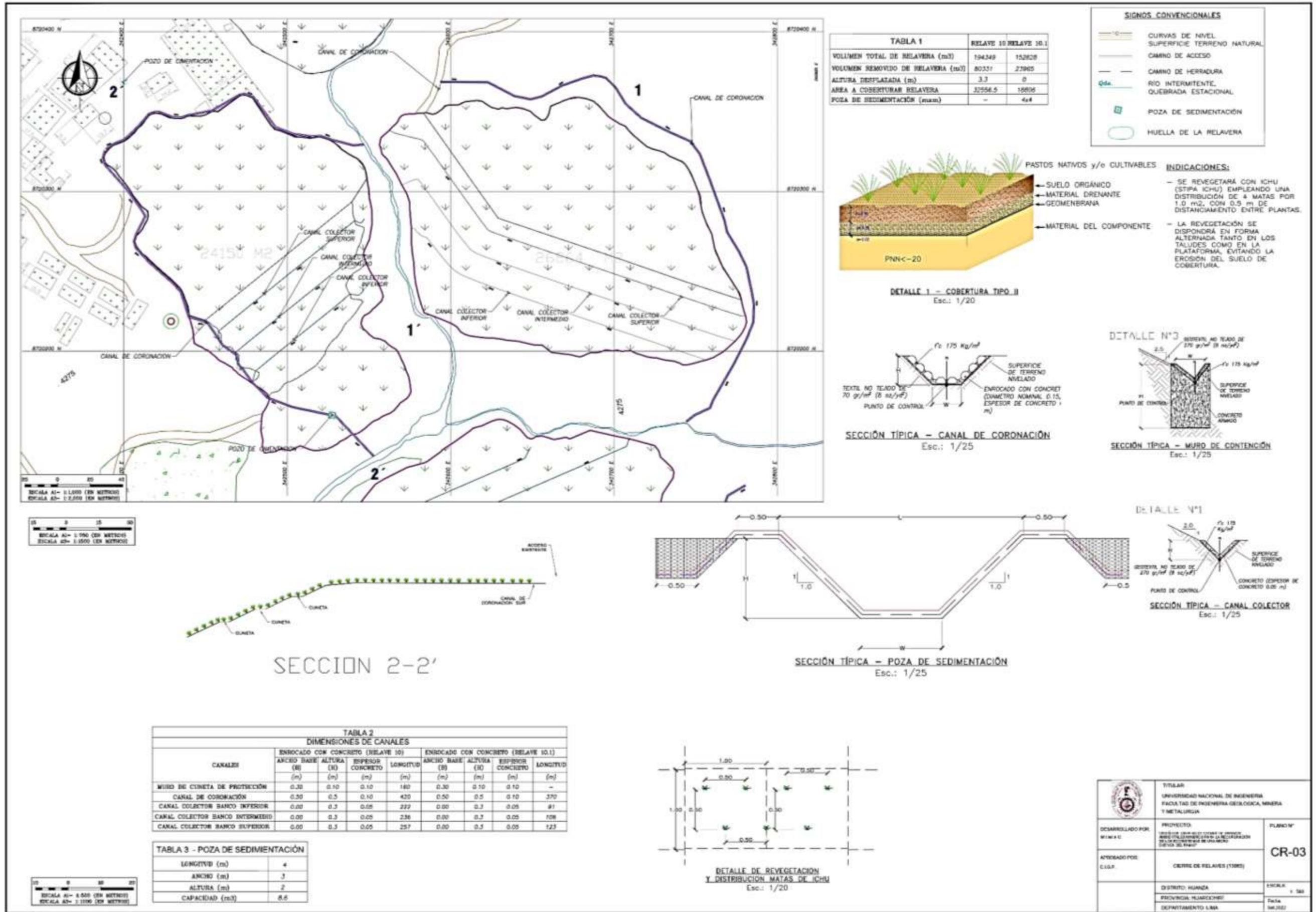


SECCION LONGITUDINAL 1-1'  
 CIERRE DE RELAVES MINA (13061)  
 Escala: 1:300

4 0 4 8 12  
 ESCALA A1= 1:300 (EN METROS)  
 ESCALA A2= 1:600 (EN METROS)

	TITULAR: UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINERIA Y METALURGIA	
	DESARROLLADO POR: M.D.N.A.C.	PROYECTO: DISEÑO DE UN PLAN DE CIERRE DE PASIVOS AMBIENTALES Y MINEROS PARA LA FUNDICIÓN DE LOS CORRIENTES D. J.A. M.C. (LUCAS, 444)
APROBADO POR: C.I.O.P.	CIERRE DE RELAVES (13061)	
	DEPARTAMENTO: LIMA	ESCALA: 1-300
	PROVINCIA: HUARACHIRI	FECHA: 14/03/21
	DISTRITO: HUANZA	



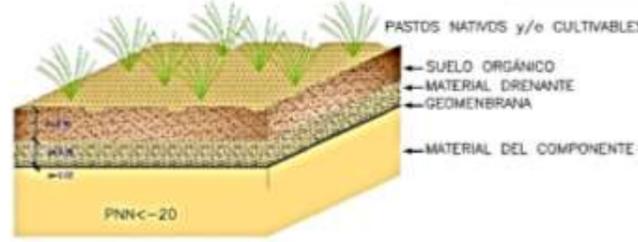


**TABLA 1**

	RELAYE 10	RELAYE 10.1
VOLUMEN TOTAL DE RELAYERA (m <sup>3</sup> )	194349	152628
VOLUMEN REMOVIDO DE RELAYERA (m <sup>3</sup> )	80337	23965
ALTURA DESPLAZADA (m)	3.3	0
AREA A COBERTURAR RELAYERA	32556.5	16936
POZA DE SEDIMENTACIÓN (masas)	-	4x4

**SIGNOS CONVENCIONALES**

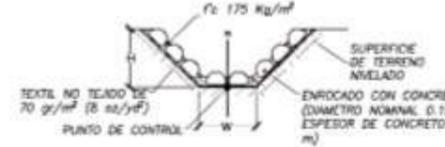
- CURVAS DE NIVEL SUPERFICIE TERRENO NATURAL
- CAMINO DE ACCESO
- CAMINO DE HERRADURA
- RIO INTERMITENTE, QUEBRADA ESTACIONAL
- POZA DE SEDIMENTACIÓN
- HUELLA DE LA RELAYERA



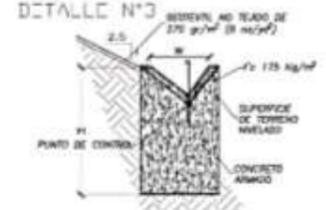
**INDICACIONES:**

- SE REVEGETARÁ CON ICHU (STIPA ICHU) EMPLEANDO UNA DISTRIBUCIÓN DE 4 MATAS POR 1.0 m<sup>2</sup>, CON 0.5 m DE DISTANCIAMIENTO ENTRE PLANTAS.
- LA REVEGETACIÓN SE DISPONDRÁ EN FORMA ALTERNADA TANTO EN LOS TALUDES COMO EN LA PLATAFORMA, EVITANDO LA EROSIÓN DEL SUELO DE COBERTURA.

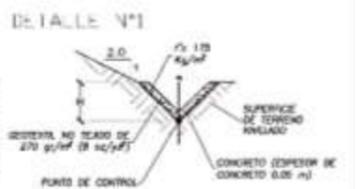
**DETALLE 1 - COBERTURA TIPO II**  
Esc.: 1/20



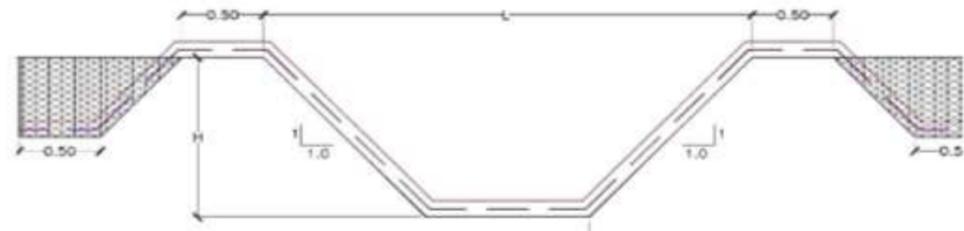
**SECCIÓN TÍPICA - CANAL DE CORONACIÓN**  
Esc.: 1/25



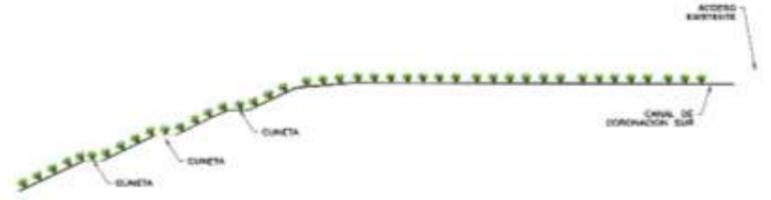
**SECCIÓN TÍPICA - MURO DE CONTENCIÓN**  
Esc.: 1/25



**SECCIÓN TÍPICA - CANAL COLECTOR**  
Esc.: 1/25



**SECCIÓN TÍPICA - POZA DE SEDIMENTACIÓN**  
Esc.: 1/25



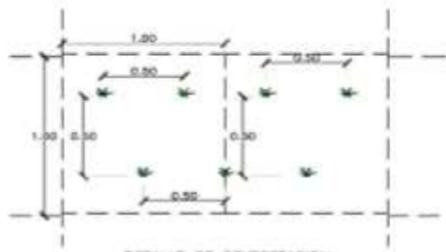
**SECCION 2-2'**

**TABLA 2**  
DIMENSIONES DE CANALES

CANALES	ENROCADO CON CONCRETO (RELAYE 10)				ENROCADO CON CONCRETO (RELAYE 10.1)			
	ANCHO BASE (B) (m)	ALTURA (H) (m)	ESPESOR CONCRETO (m)	LONGITUD (m)	ANCHO BASE (B) (m)	ALTURA (H) (m)	ESPESOR CONCRETO (m)	LONGITUD (m)
MURO DE CINETA DE PROTECCIÓN	0.30	0.10	0.10	160	0.30	0.10	0.10	-
CANAL DE CORONACIÓN	0.50	0.5	0.10	420	0.50	0.5	0.10	370
CANAL COLECTOR BANCO INFERIOR	0.00	0.3	0.05	222	0.00	0.3	0.05	81
CANAL COLECTOR BANCO INTERMEDIO	0.00	0.3	0.05	236	0.00	0.3	0.05	708
CANAL COLECTOR BANCO SUPERIOR	0.00	0.3	0.05	257	0.00	0.3	0.05	123

**TABLA 3 - POZA DE SEDIMENTACIÓN**

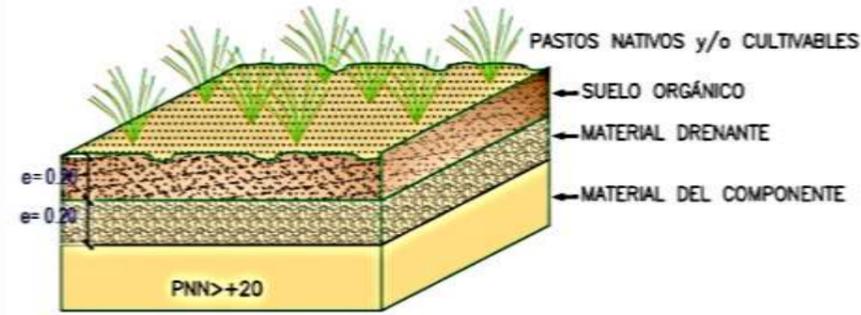
LONGITUD (m)	4
ANCHO (m)	3
ALTURA (m)	2
CAPACIDAD (m <sup>3</sup> )	8.6



**DETALLE DE REVEGETACIÓN Y DISTRIBUCIÓN MATAS DE ICHU**  
Esc.: 1/20

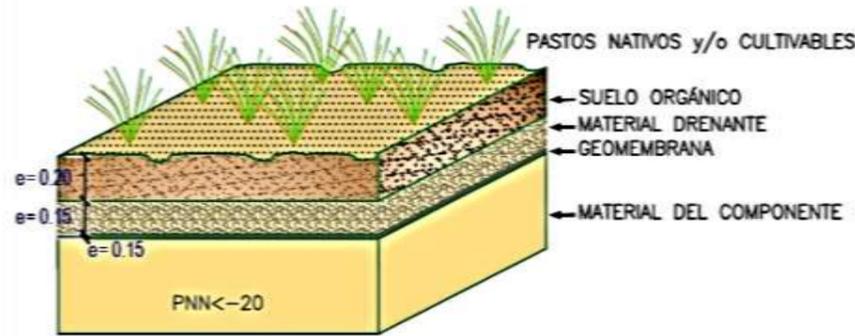
	TITULAR	UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINERA Y METALURGIA	PLANO N° <b>CR-03</b>
	DESARROLLADO POR	PROYECTO: UNIDAD OPERATIVA 10000 (RECONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE RELAYES) DENTRO DE PLAN 10000	
APROBADO POR	C.I.G.A.	CENTRO DE RELAYES (10000)	ENCALA 1:500 Fecha: 06/2002
		DISTRITO: HUANDA PROVINCIA: HUARACOCHE DEPARTAMENTO: LIMA	

**TIPO I**



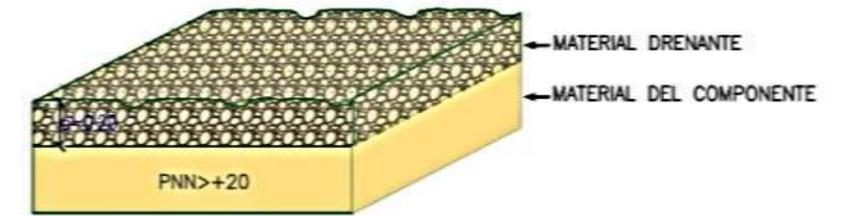
**COBERTURA TIPO-I**

**TIPO II**



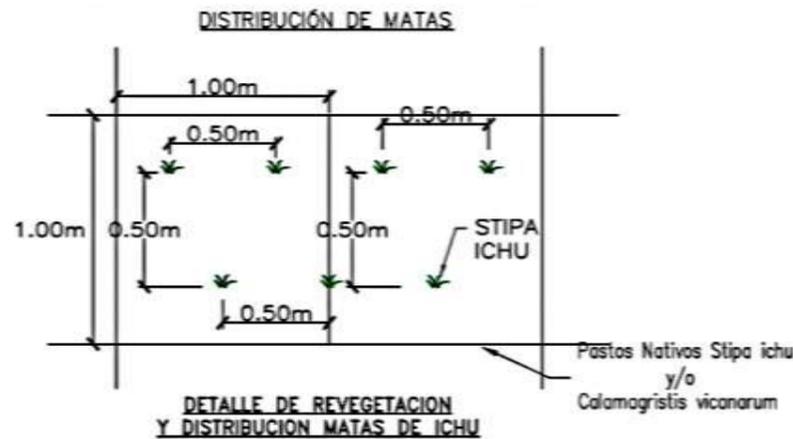
**COBERTURA TIPO-II**

**TIPO III**



**COBERTURA TIPO-III**

**DETALLE DE REVEGETACIÓN**



**NOTAS:**

1. COBERTURA TIPO I: COBERTURA SIMPLE PARA MATERIAL QUE NO GENERA ACIDEZ UBICADA SOBRE PAJONAL, CONSISTE EN LA APLICACIÓN DE MATERIAL DETRÍTICO DRENANTE (0.20m O MENOS) DIRECTAMENTE SOBRE EL ÁREA QUE OCUPABA EL COMPONENTE, DESPUÉS DE UNA CAPA DE SUELO ORGÁNICO (0.20m) Y FINALMENTE SERÁ REVEGETADO CON PASTOS NATIVOS.
2. COBERTURA TIPO II: COBERTURA COMPLEJA PARA MATERIAL GENERADOR DE ACIDEZ O CON CONTENIDOS DE ELEMENTOS NOCIVOS UBICADA SOBRE PAJONAL O SUELO NATURAL; CONSISTE EN LA INSTALACIÓN DE UNA GEOMEMBRANA TEXTURADA (1MM), LUEGO UNA APLICACIÓN DE UNA CAPA DE MATERIAL DETRÍTICO DRENANTE (0.15M), UNA CAPA DE SUELO AGRÍCOLA (0.20M) Y FINALMENTE SE REVEGETA CON PASTOS NATIVOS.
3. COBERTURA TIPO III: PARA MATERIAL QUE NO GENERA ACIDEZ (SIN REVEGETACIÓN). COBERTURA COMPLEJA PARA MATERIAL NO GENERADOR DE ACIDEZ NI CONTIENE ELEMENTOS NOCIVOS, CONSISTE EN LA APLICACIÓN DE UN MATERIAL DETRÍTICO DRENANTE (0.20 M) DIRECTAMENTE SOBRE EL ÁREA QUE OCUPA EL COMPONENTE (BOCAMINAS, DESMONTERAS, ETC.)
4. EN LA REHABILITACIÓN NATURAL DE LOS COMPONENTES SE UTILIZARÁN ESPECIES NATIVAS EN ZONAS ADYACENTES O COLINDANTES A LOS COMPONENTES, ESTAS CONTRIBUIRÁN A EVITAR LA EROSIÓN DEL SUELO AL MISMO TIEMPO DE MANTENER LA ARMONÍA PAISAJÍSTICA PROPIA DE LA ZONA.
5. ESPECIES DOMINANTES:  
STIPA ICHU, PLANTA PERENNE, CESPITOSA, AMACOLLADA. CAÑAS DE 25-80 CM DE LARGO, CONVOLUTAS O PLEGADO CONVOLUTAS, PUNTIAGUDAS, ALGO CORIÁCEAS, HAZ FINAMENTE ESCABROSO, ENVÉS GLABRO. PANÍCULA COMÚNMENTE SPECIFORME, CIMOSA, DENSAMENTE FLORIDA DESDE LA BASE, DE 15-30 CM DE LARGO. ESPIGUILLAS EN SU MAYOR PARTE CORTAMENTE PEDICELADAS. GLUMAS LIGERAMENTE DESIGUALES DE 6-8MM DE LARGO, HIALINAS.
6. EL MATERIAL DRENANTE ACTÚA COMO SOPORTE MECÁNICO Y RUPTURA CAPILAR Y SE DISTRIBUIRA SOBRE LA SUPERFICIE SIN COMPACTACIÓN (SUELTO).
7. EL MATERIAL DRENANTE TENDRA DIAMETROS DE 2 mm a 75 mm .

	<b>TITULAR:</b> UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINERA Y METALURGIA	
	<b>DESARROLLADO POR:</b> M.De La O.	<b>PROYECTO:</b> DISEÑO DE UN PLAN DE CUIDO DE PASTOS AMBIENTALES Y RIEGOS PARA LA RECUPERACION DE LOS ECOSISTEMAS DE UNA MICRO CUENCA DEL SIAC
<b>APROBADO POR:</b> O.L.P.	<b>Tipo de Coberturas</b>	
	DISTRITO: HUANZA PROVINCIA: HUARDCHIRI DEPARTAMENTO: LIMA	ESCALA: S/Esc. Fecha: Set 2022

**ANEXO VII**  
**ESPECIES BIOLÓGICAS**



"Diseño de ingeniería en el cierre de Pasivos Ambientales Mineros para la recuperación de los ecosistemas de una micro cuenca hidrográfica del Rímac"

### INVENTARIO DE LA FLORA EN LA ZONA DE INVESTIGACIÓN

	
<p><b>Clase</b> Magnoliopsida  <b>Orden</b> Asterales  <b>Familia</b> Asteraceae  <b>Género</b> Senecio  <b>Especie</b> <i>Senecio nutans</i></p>	<p><b>Clase</b> Magnoliopsida  <b>Orden</b> Fabales  <b>Familia</b> Fabaceae  <b>Género</b> Astragalus  <b>Especie</b> <i>Astragalus sp.</i></p>
	
<p><b>Clase</b> Magnoliopsida  <b>Orden</b> Cornales  <b>Familia</b> Loasaceae  <b>Género</b> <i>Caiophora</i>  <b>Especie</b> <i>Caiophora sp.</i></p>	<p><b>Clase</b> Magnoliopsida  <b>Orden</b> Asterales  <b>Familia</b> Asteraceae  <b>Género</b> Hypochaeris  <b>Especie</b> <i>Hypochaeris taraxacoides</i></p>
	
<p><b>Clase</b> Magnoliopsida</p>	<p><b>Clase</b> Magnoliopsida</p>



"Diseño de ingeniería en el cierre de Pasivos Ambientales Mineros para la recuperación de los ecosistemas de una micro cuenca hidrográfica del Rímac"

<p><b>Orden</b> Rosales  <b>Familia</b> Rosaceae  <b>Género</b> Urticaceae  <b>Especie</b> <i>Urtica urens</i></p>	<p><b>Orden</b> Rosales  <b>Familia</b> Rosaceae  <b>Género</b> Lachemilla  <b>Especie</b> <i>Lachemilla pinnata</i></p>
 <p><b>Clase</b> Magnoliopsida  <b>Orden</b> Asterales  <b>Familia</b> Asteraceae  <b>Género</b> Senecio  <b>Especie</b> <i>Senecio sp.</i></p>	 <p><b>Clase</b> Magnoliopsida  <b>Orden</b> Lamiales  <b>Familia</b> Verbenaceae  <b>Género</b> Verbena  <b>Especie</b> <i>Verbena litoralis</i></p>
 <p><b>Clase</b> Magnoliopsida  <b>Orden</b> Lamiales  <b>Familia</b> Orobanchaceae  <b>Género</b> Castilleja  <b>Especie</b> <i>Castilleja pumila</i></p>	 <p><b>Clase</b> Magnoliopsida  <b>Orden</b> Asterales  <b>Familia</b> Asteraceae  <b>Género</b> <i>Baccharis</i>  <b>Especie</b> <i>Baccharis caespitosa</i></p>



**Clase** Magnoliopsida  
**Orden** Asterales  
**Familia** Asteraceae  
**Género** Chuquiraga  
**Especie** *Chuquiraga spinosa*



**Clase** Magnoliopsida  
**Orden** Asterales  
**Familia** Asteraceae  
**Género** Hypochaeris  
**Especie** *Hypochaeris sp.*



**Clase** Magnoliopsida  
**Orden** Caryophyllales  
**Familia** Cactaceae  
**Género** Austrocylindropuntia  
**Especie** *Austrocylindropuntia floccosa*



**Clase** Magnoliopsida  
**Orden** Gentianales  
**Familia** Gentianaceae  
**Género** Gentiana  
**Especie** *Gentiana sedifolia*



**Clase** Magnoliopsida  
**Orden** Rosales  
**Familia** Rosaceae  
**Género** Urticaceae  
**Especie** *Urtica sp.*



**Clase** Liliopsida  
**Orden** Poales  
**Familia** Poaceae  
**Género** Stipa



"Diseño de ingeniería en el cierre de Pasivos Ambientales Mineros para la recuperación de los ecosistemas de una micro cuenca hidrográfica del Rímac"

	Especie <i>Stipa ichu</i>
 <p> <b>Clase</b> Liliopsida  <b>Orden</b> Poales  <b>Familia</b> Juncaceae  <b>Género</b> <i>Distichia</i>  <b>Especie</b> <i>Distichia muscoides</i> </p>	 <p> <b>Clase</b> Liliopsida  <b>Orden</b> Poales  <b>Familia</b> Poaceae  <b>Género</b> <i>Calamagrostis</i>  <b>Especie</b> <i>Calamagrostis vicunarium</i> </p>



"Diseño de ingeniería en el cierre de Pasivos Ambientales Mineros para la recuperación de los ecosistemas de una micro cuenca hidrográfica del Rímac"

### INVENTARIO DE LA FAUNA EN LA ZONA DE INVESTIGACIÓN



**Clase** Aves  
**Orden** Passeriformes  
**Familia** Emberizidae  
**Género** Zonotrichia  
**Especie** *Zonotrichia capensis*



**Clase** Aves  
**Orden** Passeriformes  
**Familia** Hirundinidae  
**Género** Haplochelidon  
**Especie** *Haplochelidon andecola*



**Clase** Aves  
**Orden** Cathartiformes  
**Familia** Cathartidae  
**Género** Coragyps  
**Especie** *Coragyps atratus*



**Clase** Aves  
**Orden** Passeriformes  
**Familia** Furnariidae  
**Género** Cinclodes  
**Especie** *Cinclodes fuscus*



"Diseño de ingeniería en el cierre de Pasivos Ambientales Mineros para la recuperación de los ecosistemas de una micro cuenca hidrográfica del Rímac"



© Ken Billington  
**Clase** Aves  
**Orden** Anseriformes  
**Familia** Anatidae  
**Género** Chloephaga  
**Especie** *Chloephaga melanoptera*



**Clase** Aves  
**Orden** Anseriformes  
**Familia** Anatidae  
**Género** Anas  
**Especie** *Anas georgica (polluelo)*



**Clase** Aves  
**Orden** Falconiformes  
**Familia** Falconidae  
**Género** Phalacrocorax  
**Especie** *Phalacrocorax melanopterus*



**Clase** Aves  
**Orden** Piciformes  
**Familia** Picidae  
**Género** Colaptes  
**Especie** *Colaptes auratus*



**Liolaemus ornatus**  
 © Luciano Avila  
**Clase** Reptiles  
**Orden** Squamata  
**Familia** Liolaemidae  
**Género** Liolaemus  
**Especie** *Liolaemus ornatus*



**Clase** Mamíferos  
**Orden** Rodentia  
**Familia** Chinchillidae  
**Género** Lagidium  
**Especie** *Lagidium peruanum*



ANEXO VIII  
**Ley N° 30035**  
Respositorio Nacional Digital



**UNIVERSIDAD  
NACIONAL DE  
INGENIERIA**

## **FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN PARA LA PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA EN EL PORTAL DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UNI**

### **1. DATOS PERSONALES**

Apellidos y nombres: Celso Iván Gamero Pacheco

D.N.I: 20033229

Teléfono casa: - celular: 995 691 416

Correos electrónicos: c i g a m e r o @ y a h o o . e s

### **2. DATOS ACADÉMICOS**

Grado académico: Bachiller

Mención: Ingeniería Química

### **3. DATOS DE LA TESIS**

Título:

“Diseño de Ingeniería en el Cierre de Pasivos Ambientales Mineros para la recuperación de los Ecosistemas de una Micro Cuenca Hidrográfica del Rímac”

Año de publicación: 2024

A través del presente, autorizo a la Biblioteca Central de la Universidad Nacional de Ingeniería, la publicación electrónica a texto completo en el Repositorio Institucional, el citado título.

Firma:

Fecha de recepción: 03/06/2024

## ANEXO IX CURRICULUM VITAE



### Celso Iván GAMERO PACHECO

Nacionalidad: Peruano  
 Ingeniero Químico habilitado  
 D.N.I: 20033229  
 Licencia de Conducir: P20033229 A-I  
 Estado Civil: Casado  
 Dirección: Av. Huarochirí 1086– Santa Anita-Lima  
 ☎: 995691416  
 ✉: [cigamero@yahoo.es](mailto:cigamero@yahoo.es)

#### Perfil Profesional

- Ingeniero Químico, colegiado y habilitado con Registro CIP N° 53121
- Ingeniero con 27 años de experiencia acumulada en: procesos hidrometalúrgicos, laboratorio químico-metalúrgico con amplia experiencia en análisis por instrumentación (absorción atómica), plantas de beneficio, procesos pirometalúrgicos, procesos ADR. Experiencia en Seguridad Industrial y Salud Ocupacional, experiencia en Aspectos Ambientales.
- Gestor de Proyectos Ambientales en los rubros de Minería, Saneamiento, Agroindustria, Vivienda y Producción implementando Sistemas de Seguridad, Salud Ocupacional y Medio Ambiente.

Capacidad de planificar, organizar, coordinar y dar solución a problemas. Facilidad para trabajar en equipo e interactuar a todo nivel. Proactivo, responsable y con ética profesional consolidada en valores humanos fundamentales.

Así mismo, con experiencia en Planes de Remediación de los Componentes Ambientales Aire, Agua y Suelos.

Experiencia en Gestión de plantas de tratamiento; de agua potable, de efluentes industriales y de efluentes domésticos.

#### Formación académica

1985-1992	Ingeniero Químico UNCP - Universidad Nacional del Centro del Perú
1992	Bachiller en Ingeniería Química
1995	Título de Ingeniero Químico
2004- 2005	Maestría en Minería y Medio Ambiente UNI - Universidad Nacional de Ingeniería – Lima (egresado)
2008-2009	Especialización en Conservación del Medio Ambiente y Evaluación del Impacto Ambiental UNALM - Universidad Nacional Agraria La Molina

- 2015**      Diplomado en Project Management basado en el PMBOK 5ta. Edición del Project Management Institute PMI  
Instituto de Estudios Profesionales de Ingeniería CDLIMA-CIP
- 2022**      Implementación de la Norma ISO 45001-2018. Instituto Peruano de Seguridad y Salud en el Trabajo.  
Diplomado en Seguridad y Salud Ocupacional y Medio Ambiente – SSOMA 22

### Experiencia profesional

#### 2022-2023

*Empresa:* **Constructora DANVER S.A.C.**

*Cargo:* Coordinador SSOMA

#### 2021

*Empresa:* **HLC Minería y Construcción**

*Cargo:* Jefatura SSOMA Zona Sur

#### 2020

*Empresa:* **Minera Laytaruma S.A.**

*Cargo:* Supervisor de Desorción

#### 2017 – 2019

*Empresa:* **Minera Laytaruma S.A.**

*Cargo:* Jefe de Seguridad, Salud Ocupacional y Medio Ambiente

#### 2016

*Empresa:* **FOM PER S.A.C.** (Ene-Jun)

Consultora de los sectores Energía, Minería e Hidrocarburos

*Cargo:* Consultor Ambiental Externo

*Empresa:* **DQ Asesoría y Consultoría** (May-Jun)

*Cargo:* Consultor Ambiental Externo

#### 2015      **GRAMSA GOLD S.A.C.** (Jul-Dic)

*Empresa:* Empresa Consultora en el Sector Minero Metalúrgico

*Cargo:* Consultor Ambiental Externo

*Empresa:* **DQ Asesoría y Consultoría** (Feb-Set)

*Cargo:* Consultor Ambiental Externo

#### 2014    **SEDAPAL** (Jul-Jun)

*Empresa:* Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima

*Cargo:* *Especialista en Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales*

**2012 DQ Asesoría y Consultoría Ambiental E.I.R.L. Lima**

*Empresa:* Empresa Consultora de Gestión Ambiental

*Cargo:* *Consultor Ambiental Externo*

**2013 FC Ingeniería y Servicios Ambientales S.A.C.**

*Empresa:* Empresa Consultora de Gestión ambiental

*Cargo:* *Consultor Ambiental Externo*

**2009 Viceversa Consulting S.A.**

*Empresa:* Empresa Consultora en Asuntos Sociales, Medio Ambiente, Comunicación Corporativa, Gerenciamiento de Riesgos, Manejo de Crisis, Salud y Seguridad.

**2012 OEFA - Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental**

*Empresa:* Institución pública, técnica especializada, adscrita al Ministerio del Ambiente.

*Cargo:* *Supervisor de Instrumentos de Gestión Ambiental*

**2008 Grupo Gloria S.A.**

*Empresa:* Conglomerado industrial de sectores de lácteos y alimentos, en cemento, papeles, agroindustria, transporte y servicios

*Cargo:* *Asistente de Servicios Generales - Medio Ambiente*

**2005 Centro de Investigaciones Minero Metalúrgicas – CIMM PERU S.A.**

*Empresa:* Laboratorio Químico Ambiental

*Cargo:* *Analista de Laboratorio Químico-Ambiental*

**2004 Minera Interandina de Consultores S.R.L. – MINEC**

*Empresa:* Empresa de Gestión minero ambiental

*Cargo:* *Consultor Ambiental Externo*

**2002 Laboratorios J. Ramón del Perú S.A.C.**

*Empresa:* Laboratorio Químico

*Cargo:* *Supervisor de Minerales y de Monitoreos Ambientales*

**1999 Asesores y consultores Mineros S.A. - ACOMISA**

*Empresa:* Empresa de Gestión Minero Ambiental

*Cargo:* *Consultor Ambiental Externo*

**1996 Empresa Minera Iscaycruz S.A.**

*Empresa:* Empresa Minera hoy llamada Empresa Minera Los Quenuales S.A.

*Cargo:* *Asistente de Laboratorio Químico Ambiental*



## Celso Iván GAMERO PACHECO

Nationality: Peruvian  
 Chemical Engineer Enabled  
 D.N.I: 20033229  
 Driver's license: P20033229 A-I  
 Marital status: married  
 Address: Av. Huarochirí 1086– Santa Anita-Lima  
 ☎: 995691416  
 ✉: [cigamero@yahoo.es](mailto:cigamero@yahoo.es)

### Professional Profile

- Chemical Engineer, collegiate and registered CIP N° 53121
- Engineer with 27 years of accumulated experience in: hydrometallurgical processes, chemical-metallurgical laboratory with extensive experience in instrumentation analysis (atomic absorption), profit plants, pyrometallurgical processes, ADR processes. Experience in Industrial Safety and Occupational Health, experience in Environmental Aspects.
- Manager of Environmental Projects in the areas of Mining, Sanitation, Agribusiness, Housing and Production implementing Safety Systems, Occupational Health and Environment.

Ability to plan, organize, coordinate, and troubleshoot. Easy to work as a team and interact at all levels. Proactive, responsible and professional ethics consolidated in fundamental human values. Also, with experience in Remediation Plans of the Environmental Components Air, Water and Soils. Experience in Treatment Plant Management; of drinking water, of industrial effluents and of domestic effluents.

### Academic training

1985-1992	Chemical Engineer UNCP - National University of Central Peru
1992	Bachelor Chemical Engineer
1995	Chemical engineering degree
2004- 2005	Master's degree in chemistry engineering UNI - National University of Engineering – Lima (graduate)
2008-2009	Specialization in Environmental Conservation and Environmental Impact Assessment UNALM - National Agrarian University La Molina
2015	Diploma in Project Management based on PMBOK 5ta. Editing the Project Management Institute PMI Instituto de Estudios Profesionales de Ingeniería CDLIMA-CIP

**2022** Implementation of the ISO Standard 45001-2018. Peruvian Institute of Safety and Health at Work.

Diploma in Occupational Safety and Health and Environment - SSOMA 22 – I  
Professional Experience

## Work experience

**2022-2023**

*Company:* **Construction company DANVER S.A.C.**

*Job title:* Coordinator SSOMA

**2021**

*Company:* **HLC Mining and Construction**

*Job title:* Coordinator SSOMA

**2020**

*Company:* **Mineral resource industry Laytaruma S.A.**

*Job title:* Supervisor of Desorption

**2017 – 2019**

*Company:* **Mineral resource industry Laytaruma S.A.**

*Job title:* Head of Safety, Occupational Health and Environment

**2016**

*Company:* **FOM PER S.A.C.** (Jan-Jun) Consultancy for the Energy, Mining and Hydrocarbons sectors

*Job title:* External Environmental Consultant

*Company:* **DQ Advice and consultancy** (May-Jun)

*Job title:* External Environmental Consultant

**2015 GRAMSA GOLD S.A.C.** (Jul-Dic)

*Company:* Consulting Firm in the Metallurgical Mining Sector

*Job title:* External Environmental Consultant

*Company:* **DQ Advice and consultancy** (Feb-Set)

*Job title:* External Environmental Consultant

**2014 SEDAPAL** (Jul-Jun)

*Company:* Water and Sewer Service Lima

*Job title:* Specialist in Wastewater Treatment Plants

**2012 DQ Environmental Advice and consultancy E.I.R.L. Lima**

*Company:* Environmental Management Consulting Company

*Job title:* External Environmental Consultant

**2013 FC Engineering and Environmental Services S.A.C.**

*Company:* Environmental Management Consulting Company

*Job title:* External Environmental Consultant

**2009 Viceversa Consulting S.A.**

*Company:* Consulting Company in Social Affairs, Environment, Corporate Communication, Risk Management, Crisis Management, Health and Safety.

*Job title:* External Consultant - Security, Occupational Health and Environment

**2012 OEFA - Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental**

*Company:* Public institution, specialized technique, attached to the Ministry of the Environment.

*Job title:* Environmental Assessment and Monitoring Agency

**2008 Grupo Gloria S.A.**

*Company:* Industrial conglomerate of dairy and food sectors, in cement, paper, agro-industry, transport and services

*Job title:* Assistant General Services – Environment

**2005 Center for Metallurgical Mining Research – CIMM PERU S.A.**

*Company:* Environmental Chemical Laboratory

*Job title:* Chemical-Environmental Laboratory Analyst

**2004 Interandean Mining Consultants S.R.L. – MINEC**

*Company:* Environmental Mining Management Company

*Job title:* External Environmental Consultant

**2002 Laboratories J. Ramón del Perú S.A.C.**

*Company:* Chemical Laboratory

*Job title:* Minerals and Environmental Monitoring Supervisor

**1999 Consultants and Consultants Miners S.A. - ACOMISA**

*Company:* Environmental Mining Management Company

*Job title:* External Environmental Consultant

**1996 Mining Company Iscaycruz S.A.**

*Company:* Mining Company Los Quenuales S.A.

*Job title:* Assistant Environmental Chemical Laboratory