

## **C2 FISIOGRAFÍA**

### **C2.1 INTRODUCCIÓN**

Esta sección del Estudio de Impacto Ambiental (EIA) del Proyecto Alto Chicama (Proyecto) presenta información sobre las características fisiográficas en el Área de Estudio Local (AEL) (Figura C2-1), así como la evaluación de impactos sobre la fisiografía. Como es requerido por el Ministerio de Energía y Minas (MEM), esta información y sus alcances se describen en los Términos de Referencia (TdR) (MBM 2003a). Esta evaluación incluye:

- una descripción fisiográfica general del área;
- un listado de las unidades fisiográficas identificadas;
- una descripción de los procesos erosivos actuales;
- el método de evaluación de impactos y sus resultados; y
- las medidas de mitigación propuestas para minimizar los impactos residuales.

Los temas potenciales de preocupación relacionados con la fisiografía incluyen la alteración del paisaje, debido a que la construcción de instalaciones como la instalación de la pila de lixiviación, el tajo abierto y los botaderos de desmonte tendrán una influencia en la fisiografía local. Estas instalaciones se convertirán en componentes permanentes del paisaje después de la rehabilitación y el cierre.

La fisiografía no es un recurso, razón por la cual los temas de interés se relacionan directamente con otras disciplinas. Los aspectos de la fisiografía relacionados con otras disciplinas serán analizados en los capítulos correspondientes. Así, en la Sección C8 se describen los efectos del cambio de las formas del terreno en la capacidad de uso del suelo. Los cambios en la fisiografía pueden también tener un efecto sobre la hidrología del área, ya que las áreas de captación pueden sufrir variaciones, modificándose los patrones de drenaje del área. Los aspectos relacionados a la Hidrogeología e Hidrología se describen en la Sección C6 y en la Sección C9, respectivamente. Dado que el cambio en la fisiografía presenta evidentes efectos visuales, los aspectos relacionados a la estética se describen en la Sección E4. Por último, un cambio en algunas de las unidades fisiográficas existentes puede alterar los sitios de importancia cultural, lo cual se describe en la Sección E5.

En este capítulo se tratará exclusivamente los cambios en las unidades fisiográficas que puedan aumentar los procesos erosivos en el área o cambios que aumenten el riesgo de deslizamientos.

## **C2.2 LÍNEA BASE**

### **C2.2.1 Metodología**

La metodología empleada para la realización de este estudio incluyó una fase de gabinete seguida de una fase de investigación de campo. La fase de gabinete tuvo como objetivo la preparación de un mapa fisiográfico preliminar y la definición del trabajo de campo.

Durante la fase de gabinete, se revisaron y evaluaron las siguientes fuentes:

- informe del INGEMET (Geología del Cuadrángulo de Cajabamba);
- fotos aéreas de 14 líneas de vuelo tomadas por Horizons South America SAC, en el año 2002 (área aproximada de 14 km x 10 km);
- imágenes satelitales Landsat 5 del año 1995; y
- cartas topográficas a escala 1:20 000 del Instituto Geológico del Perú.

Durante la fase de campo, se realizó un mapeo más detallado de las condiciones fisiográficas del AEL. Esta línea base comprende la descripción de las características superficiales del relieve, los orígenes de las formas actuales del relieve, así como la incidencia pasada, y la identificación de los eventos de procesos erosivos actuales y potenciales en el AEL.

### **C2.2.2 Generalidades**

Las formas del relieve tuvieron su origen en un período comprendido entre el Jurásico Superior (Formación Chicama) y el Cuaternario Reciente. A inicios de este período, el AEL constituyó parte de un fondo marino que recibió una voluminosa sedimentación mesozoica durante el Terciario Inferior, siendo posteriormente cubierta por formaciones de origen volcánico (Volcánico Calipuy). A fines del Cretáceo y principios del Terciario, se iniciaron los primeros movimientos tectónicos de la Orogenia Andina. Estos movimientos hicieron emerger los sedimentos marinos con un espesor de miles de metros que forman la actual Cordillera Occidental.

La sierra se hizo continental durante el período Terciario, mientras que la costa, ubicada al pie de la naciente Cordillera de los Andes, pasó por etapas de inundación y sedimentación marina. Paralelamente a este proceso, pero posterior al inicio de la Orogenia Andina, se intruyó un enorme cuerpo magmático de más de 1 000 km de largo con un ancho de varias decenas de kilómetros, sobre una franja de masa sedimentaria estructuralmente débil. Esta extensa masa intrusiva, dio lugar a la formación del llamado Batolito de la Costa, el cual separó los volúmenes sedimentarios y volcánicos mesozoicos en dos grandes bloques. El bloque más grande quedó hacia el este del batolito, constituyendo la base de la región de la sierra, y el más pequeño quedó pegado al litoral, formando una franja de islas marinas y colinas costeras.

Los eventos terciarios de la Orogenia Andina configuraron los aspectos esenciales del relieve de la sierra, el cual quedó como un piedemonte continental de la Cordillera Occidental. En períodos relativamente breves del Cuaternario, el mundo atravesó por varias fases glaciales, frías y húmedas, dos de las cuales afectaron las partes altas de los Andes, cubriéndose amplias extensiones con grandes masas de hielo.

Los períodos de glaciación moldearon directamente a la Cordillera de los Andes. La última glaciación mundial, conocida como período Würmiense o Winsconsin, tuvo una duración aproximada de 70 000 años, luego de unos 250 000 años de clima interglacial cálido. Esta última glaciación finalizó hace apenas 10 000 años (lapso muy corto en términos geológicos), por lo que son evidentes las huellas del modelado glaciario en muchas partes de la sierra.

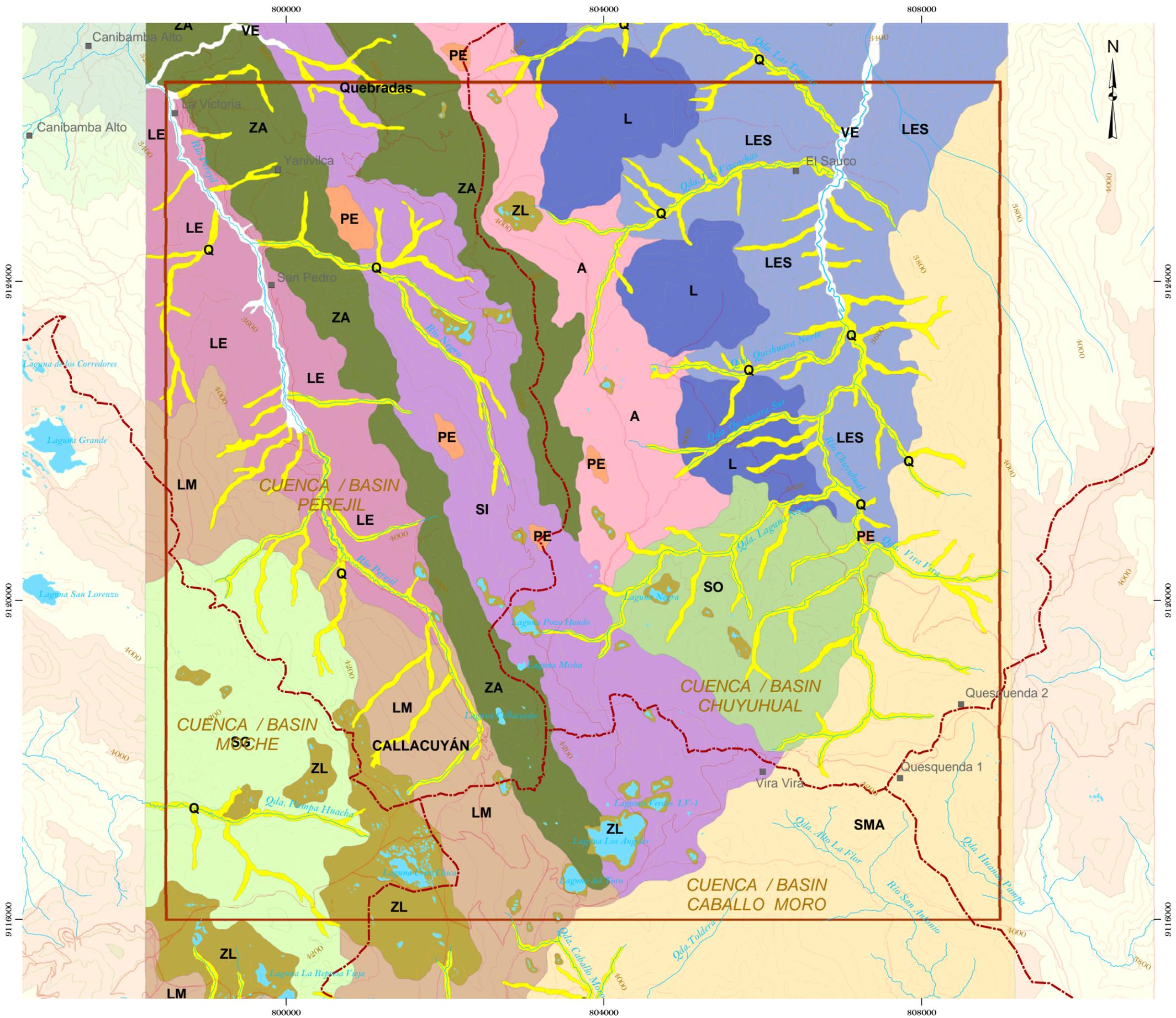
### C2.2.3 Unidades Fisiográficas

En el AEL se han identificado un total de catorce unidades fisiográficas, las cuales se muestran en la Figura C2-1. Las unidades se determinan por diferentes elementos con ciertas características físicas. En la Tabla C2-1 se presentan las áreas ocupadas por cada una de estas unidades en el AEL.

**Tabla C2-1 Unidades Fisiográficas en el Área de Estudio Local**

Unidad Fisiográfica	Símbolo	Área (km <sup>2</sup> )	Porcentaje (%)
Valle Encañonado	VE	0,8	0,8
Quebradas	Q	17,0	15,4
Zona Agreste	ZA	11,9	10,8
Superficie Moderadamente Agreste	SMA	11,9	10,8
Superficie Glaciar	SG	7,2	6,6
Superficie Intracordillerana	SI	13,2	11,9
Altiplanicie	A	6,5	5,9
Lomadas	L	6,3	5,7
Superficie Ondulada	SO	5,9	5,4
Laderas Empinadas	LE	5,2	4,7
Laderas Escarpadas	LES	10,7	9,7
Laderas Moderadas	LM	7,6	6,9
Zona Lacustrina	ZL	5,1	4,6
Puntones Empinados	PE	0,9	0,8
<b>Total</b>		<b>110,2</b>	<b>100,0</b>

G:\PROJECT\2002\029-4225-ALTO-CHICAMA\GIS\MXD\_FINAL\VOLUMEN\_C\02\_PHYSIOGRAPHIC\FIG\_C2-1\_MAPA\_FISIOGRAFICO\_DEL\_AREA\_DE\_ESTUDIO\_LOCAL.mxd



## LEYENDA / LEGEND

- ÁREA DE ESTUDIO LOCAL / LOCAL STUDY AREA**
- LAGUNAS / LAKES**
- POBLADOS / VILLAGES**
- LÍMITE DE CUENCAS / WATERSHED DIVIDE**
- CURVAS DE NIVEL (200 m) / CONTOURS (200 m)**
- CURVAS DE NIVEL (50 m) / CONTOURS (50 m)**
- RÍOS / STREAMS**
- VÍAS / ROADS**

### ALTITUDES (msnm) / ELEVATIONS (masl)

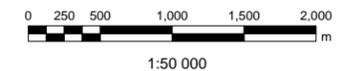
- 3000
- 3200
- 3400
- 3600
- 3800
- 4000
- 4200

### FISIOGRAFÍA / PHYSIOGRAPHY

- VE** VALLE ENCAÑONADO / CANYON - LIKE VALLEY
- Q** QUEBRADAS / CREEKS
- ZA** ZONA AGRESTE / AGRESTIC AREA
- SMA** SUPERFICIE MODERADAMENTE AGRESTE / MODERATELY AGRESTIC SURFACE
- SG** SUPERFICIES GLACIARES / GLACIAL SURFACES
- SI** SUPERFICIE INTRACORDILLERANA / INTRACORDILLERAN SURFACE
- A** ALTIPLANICIE / HIGH PLATEAU
- L** LOMADAS / HILL FORMATIONS
- SO** SUPERFICIE ONDULADA / UNDULATED SURFACE
- LE** LADERAS EMPINADAS / STEEP SLOPES
- LM** LADERAS MODERADAS / MODERATE SLOPES
- LES** LADERAS ESCARPADAS / SCARPED SLOPES
- ZL** ZONA LACUSTRINA / LACUSTRINE AREA
- PE** PUNTONES EMPINADOS / HIGH STEEP POINTS

### REFERENCIA / REFERENCE

Fecha del Mapa Base: Eaglemapping 2002 - Fecha Fisiografía: 2003  
 Map Base Date: Eaglemapping, 2002 - Physiographic Data: 2003  
 Datum: SAD 56 Projection: UTM Zone 17



		FECHA DATE	09 2003	
		DISEÑO DESIGN	FML	
PROYECTO No. PROJECT No. <b>029-4225</b>		SIG GIS	JCMT	
ESCALA SCALE <b>1:50 000</b>		REVISADO REVIEW	JTH	
		REV. REV. <b>VF</b>	APROBADO CHECK	JCH
<b>TÍTULO TITLE</b> MAPA FISIOGRAFICO DEL AREA DE ESTUDIO LOCAL PHYSIOGRAPHIC MAP OF THE LOCAL STUDY AREA				
EIA ALTO CHICAMA			FIGURA FIGURE <b>C2-1</b>	

### **Valle Encañonado (VE)**

Un valle encañonado (VE) es un valle cerrado con fuertes pendientes verticales. Existen dos sectores del AEL que pueden ser considerados como valles encañonados. El primer sector se encuentra en el curso inferior del Río Perejil, entre los 3 200 y 3 700 metros sobre el nivel del mar (msnm), el cual está emplazado a lo largo de una estructura geológica regional de dirección NO-SE. El segundo sector se ubica en el valle del Río Chuyuhual, con un valle encañonado que se encuentra entre la confluencia de las quebradas Las Vizcachas y Las Totoras.

### **Quebradas (Q)**

En el AEL se encuentra un grupo de quebradas (Q) en forma de una “U” ligeramente abierta, las cuales se van profundizando a una distancia moderada a partir de su origen. En estas zonas se forman terrenos suaves ondulados, donde no se encuentran terrenos cultivados. En el fondo del valle se observan gravas redondeadas, arenas y limos con proporciones bajas de arcillas, originadas a corta distancia de las quebradas. Estas quebradas presentan pendientes de 0% a 10%.

### **Zona Agreste (ZA)**

La zona agreste (ZA) incluye los relieves con más fallas en el área, casi siempre entallados en las areniscas cuarzosas de las Formaciones Chimú y Farrat. Estas rocas son muy competentes y hacen posible la presencia de fuertes pendientes. En conjunto se encuentran muy disectadas por barrancos y algunas lagunas. La pendiente predominante de estos terrenos fluctúa entre 25% y poco más de 50%, con algunos sectores agrestes de mayor pendiente. La altura de los relieves es generalmente superior a los 150 a 200 m. En algunos casos, encierra algunas lagunas con circo glaciar y con anfiteatros de substrato rocoso competente.

En el AEL, la zona agreste está limitada hacia el sudeste por las Laguna del Toro, Laguna Los Ángeles y Laguna Negra, mientras que hacia el norte tiene continuidad en ambos flancos del Río Negro.

### **Superficie Moderadamente Agreste (SMA)**

La superficie moderadamente agreste (SMA) se caracteriza por presentar cerros y lomadas suaves y onduladas a ligeramente agrestes, con pendientes moderadas a empinadas. Algunas quebradas escarpadas se desarrollan al este y al sudeste del AEL sobre un substrato generalmente de lavas volcánicas intemperizadas.

### **Superficies Glaciares (SG)**

Las superficies glaciares (SG) se desarrollan por encima de los 4 000 msnm y se caracterizan por presentar una topografía accidentada, parcialmente denudada o relativamente suave, ambas

en un intenso proceso de intemperización causado por los fenómenos actuales de erosión. Al suroeste del AEL, se observan pequeños promontorios aislados con diferencias de nivel de 100 m y de pendientes menores al 30%. Estas áreas presentan algunas depresiones y lagunas, morrenas fluvio-glaciares, superficies estriadas y valles en forma de “U”, que son vestigios de eventos de glaciación.

### **Superficie Intracordillerana (SI)**

La superficie intercordillerana (SI) está representada por las áreas comprendidas por una cadena de cerros entre dos promontorios alargados de dirección NO-SE. La superficie intercordillerana ocupa en gran parte las nacientes y el curso medio a superior del Río Negro, con pendientes comprendidas entre 5 a 25%.

### **Altiplanicie (A)**

La altiplanicie (A) está constituida por una superficie suave y ondulada que se ubica en la parte media oriental del AEL, entre las nacientes de las quebradas Quishuara Sur, Las Vizcachas y Las Totoras. El área es alargada con dirección NO-SE con pendientes menores al 20%.

### **Lomadas (L)**

Las lomadas (L) son formas de relieve ondulado que se desarrollan entre las altiplanicies y las laderas escarpadas. Éstas poseen pendientes marcadas que varían del 15 al 30%. La altura de las elevaciones topográficas no es mayor a los 100 m del nivel de las superficies circundantes. Las lomadas se ubican entre las nacientes de las quebradas Quishuara Sur, Quishuara Norte y Las Totoras.

### **Superficie Ondulada (SO)**

Las superficies onduladas (SO) se caracterizan por la presencia de accidentes topográficos menores. Las pendientes de estas superficies se encuentran entre 15 y 25% y se desarrollan algunas lagunas en estas áreas. Esta unidad se ubica en los alrededores de la naciente de la cuenca de la Quebrada Laguna Negra.

### **Laderas Empinadas (LE)**

Las laderas empinadas (LE) están conformadas por laderas relativamente agrestes y empinadas, las cuales se desarrollan sobre ambos márgenes del Río Perejil y se encuentran ubicadas en la porción central del Río. Éstas áreas poseen pendientes de hasta 60%.

### **Laderas Escarpadas (LES)**

Las laderas escarpadas (LES) están conformadas por formas ligeramente agrestes con pendientes menores a 55%. Las quebradas en esta unidad son agrestes con fuertes taludes y bastante activas. Esta unidad se observa en la cuenca central del Río Chuyuhual.

### **Laderas Moderadas (LM)**

Las laderas moderadas (LM) son áreas que pueden ser descritas como laderas de forma alargada con pendientes comprendidas entre 20 y 35%. Esta unidad se puede distinguir sobre las partes superiores de la margen izquierda del curso del Río Perejil, en la parte central.

### **Zona Lacustrina (ZL)**

La zona lacustrina (ZL) está comprendida por depresiones en forma de cubeta, donde se han desarrollado lagunas de formas y tamaños diversos. Se manifiesta por encima de los 4 000 msnm, generalmente en la divisoria de cuencas. Destacan en la ZL del AEL lagunas como Laguna del Toro, Laguna Los Ángeles, Laguna Cruz Chica, Laguna Callacuyán, Laguna Pozo Hondo y Laguna Negra.

### **Puntones Empinados (PE)**

Los puntones empinados (PE) resaltan en la superficie a manera de promontorios escarpados, agrestes y alineados en dirección NNO a SSO. La altura de los relieves es generalmente superior a los 300 m medidos desde la base a la cima de los puntones, que están formados por rocas intrusivas ipabisales. En esta zona resalta el cerro Shulcahuanga con una altitud de 4 300 msnm.

## **C2.2.4 Procesos Actuales de Erosión**

Los factores climáticos así como la evolución geológica configuraron un patrón fisiográfico sobre el cual se producen acciones de erosión propias de ambientes fríos. En términos generales, se puede decir que, salvo algunos sectores muy puntuales, la erosión actual en el AEL no es significativa.

Los procesos geomorfológicos de mayor importancia en el AEL son aquellos relacionados a las esporádicas escorrentías torrenciales. En segundo término tenemos las acciones de erosión en los bordes ribereños de los ríos de régimen permanente, principalmente en el curso del Río Perejil. Los fenómenos de erosión fluvial y erosión torrencial están ligados a procesos que ocurren en los cauces fluviales. La erosión fluvial puede ocurrir durante todo el año, mientras que la erosión torrencial se produce estacionalmente.

#### *C2.2.4.1 Erosión Fluvial*

La erosión fluvial se manifiesta tanto por la erosión de los cauces y de las riberas de un curso de agua, como por los desbordes, inundaciones y sedimentación en áreas fuera de los cauces. La erosión fluvial depende principalmente de la intensidad de las avenidas. Las avenidas dependen de la intensidad de las lluvias, la duración, las pendientes del terreno, la geología, la cobertura vegetal y el uso de la tierra.

La erosión fluvial es extrema si las precipitaciones intensas se producen cuando el suelo se encuentra en condiciones secas. Si se retrasa la época de lluvias, los terrenos se resecan y se puede reducir la cobertura vegetal protectora. Con la llegada de las primeras lluvias de gran magnitud, la escorrentía puede arrastrar altos niveles de materiales, produciéndose una severa erosión fluvial. En algunos casos el arrastre del flujo de sólidos es mayor en relación al flujo de agua. Si las lluvias aumentan gradualmente a medida que avanza la época de lluvias, la escorrentía disminuye su capacidad para arrastrar los materiales. Por lo tanto, las aguas descienden con menor carga sólida, y por consecuencia tienen menos capacidad de erosión en los ríos.

De acuerdo con el análisis hidrológico (Golder 2003f), existe una correlación entre la precipitación anual en el AEL y el Fenómeno del Niño. El Fenómeno del Niño puede afectar el AEL, especialmente cuando es intenso, sin embargo sería el curso inferior de la cuenca del Perejil el sector más afectado. Los parámetros de diseño de las instalaciones del Proyecto consideran los efectos del Fenómeno del Niño.

#### *C2.2.4.2 Erosión Antrópica (EA)*

La construcción de obras como carreteras, infraestructura vial, campamentos, canales de irrigación, diques y embalses puede considerarse como fuente de erosión. Las instalaciones que se pueden observar mayormente en el AEL son diversas trochas carrozables y plataformas de perforación utilizadas durante los trabajos de exploración. Actualmente, se ha discontinuado el uso de muchas de estas instalaciones, por lo que las áreas han sido rehabilitadas a fin de prevenir futuros procesos erosivos.

Por otro lado, el pastoreo excesivo puede ocasionar la remoción o el debilitamiento de la cobertura vegetal en algunas zonas, con el consecuente incremento de los procesos de erosión. La vegetación al ser removida expone el suelo directamente a la erosión.

#### *C2.2.4.3 Estabilidad Geomorfológica y Riesgo Físico*

El área en donde se ubicarán las instalaciones es geomorfológicamente estable, ya que las diferentes superficies fisiográficas estudiadas no presentan acciones importantes de erosión. En el AEL sólo los cursos de los ríos principales, así como las áreas aledañas a los cauces que reciben flujos torrenciales presentan niveles de inestabilidad geomorfológica acentuada.

## **C2.3 EVALUACIÓN DE IMPACTOS**

### **C2.3.1 Diagnóstico de Temas Claves**

Durante el proceso de elaboración de los Términos de Referencia (TdR), se identificó un tema clave relacionado con los posibles impactos del Proyecto sobre la fisiografía del área, el cual podría afectar el potencial de erosión y deslizamientos.

#### *C2.3.1.1 Métodos de Evaluación*

Durante la etapa de construcción del Proyecto, se construirán las carreteras internas de acceso, se prepararán los cimientos para las instalaciones principales, así como las pozas de sedimentos, y se desarrollarán áreas de préstamo y canteras. Se construirá también un reservorio de agua fresca mediante el represamiento de la Laguna Pozo Hondo. En esta etapa las modificaciones en la fisiografía serán menores, considerando la eventual modificación del terreno y del área total a ser afectada durante las operaciones de minado.

Durante la etapa de operaciones, la excavación del tajo abierto, la disposición del mineral en las instalaciones de la pila de lixiviación, la disposición de roca de desmonte en los botaderos este y oeste y la disposición de material en la pila de mineral sulfuroso, generarán un cambio en las formas del relieve local.

Luego del cierre de la mina, las instalaciones rehabilitadas (tajo abierto, botaderos de desmonte, pila de mineral sulfuroso e instalación de la pila de lixiviación) se convertirán en elementos permanentes de la fisiografía local.

La identificación de este tema clave conlleva a una pregunta clave para la fisiografía, según se analiza en la siguiente sección.

### **C2.3.2 Pregunta Clave F-1**

**Pregunta Clave F-1:** ¿Qué efecto tendrá el Proyecto Alto Chicama en la Fisiografía?

Las distintas actividades del Proyecto afectarán la fisiografía durante las etapas de construcción, operación y cierre. Las formas del terreno se modificarán durante la construcción de las instalaciones principales como el tajo abierto, las instalaciones de la pila de lixiviación, la pila de mineral sulfuroso, los botaderos de desmonte, pozas y las áreas de extracción del material de préstamo. Estas instalaciones pueden generar un impacto permanente sobre la fisiografía y podrían tener un efecto en los procesos de erosión o incrementar el riesgo de deslizamientos.

### *C2.3.2.1 Evaluación de Enlaces*

El diagrama de enlace (Figura C2-2) muestra que la fisiografía será afectada durante las etapas de construcción, operación y cierre de la mina. En general, toda actividad que implique movimiento de tierra (corte o relleno), generará una modificación del relieve en el AEL.

Dado que las formas del terreno inciden sobre la capacidad de uso de los suelos, así como sobre las condiciones de escurrimiento superficial e infiltración en una cuenca, cualquier efecto sobre la fisiografía incidirá directamente en los suelos, así como en la hidrología e hidrogeología. Estos efectos serán analizados en las Secciones C8 (Suelos), C9 (Agua Superficial) y C6 (Hidrogeología).

Así también los cambios en las formas del terreno podrían tener un efecto sobre la estética visual del paisaje, lo cual se analiza en la Sección E4 (Estética Visual). En la Sección E5 (Arqueología) se analizan los posibles efectos en algunos lugares de importancia cultural.

En el diagrama de enlace (Figura C2-2) también se aprecia la relación de la fisiografía con otras disciplinas. La evaluación de los efectos sobre la fisiografía se realizó cuantificando el área que se modificará con los componentes de carácter permanente del Proyecto, y lo que se rehabilitará como parte del cierre de la mina (es decir, tajo abierto, botaderos de desmonte, las instalaciones de la pila de lixiviación y pila de mineral sulfuroso). No se ha considerado una diferenciación cuantitativa para cada tipo de unidad fisiográfica.

### *C2.3.2.2 Criterios de Clasificación*

La evaluación se realizó utilizando los siguientes criterios de clasificación:

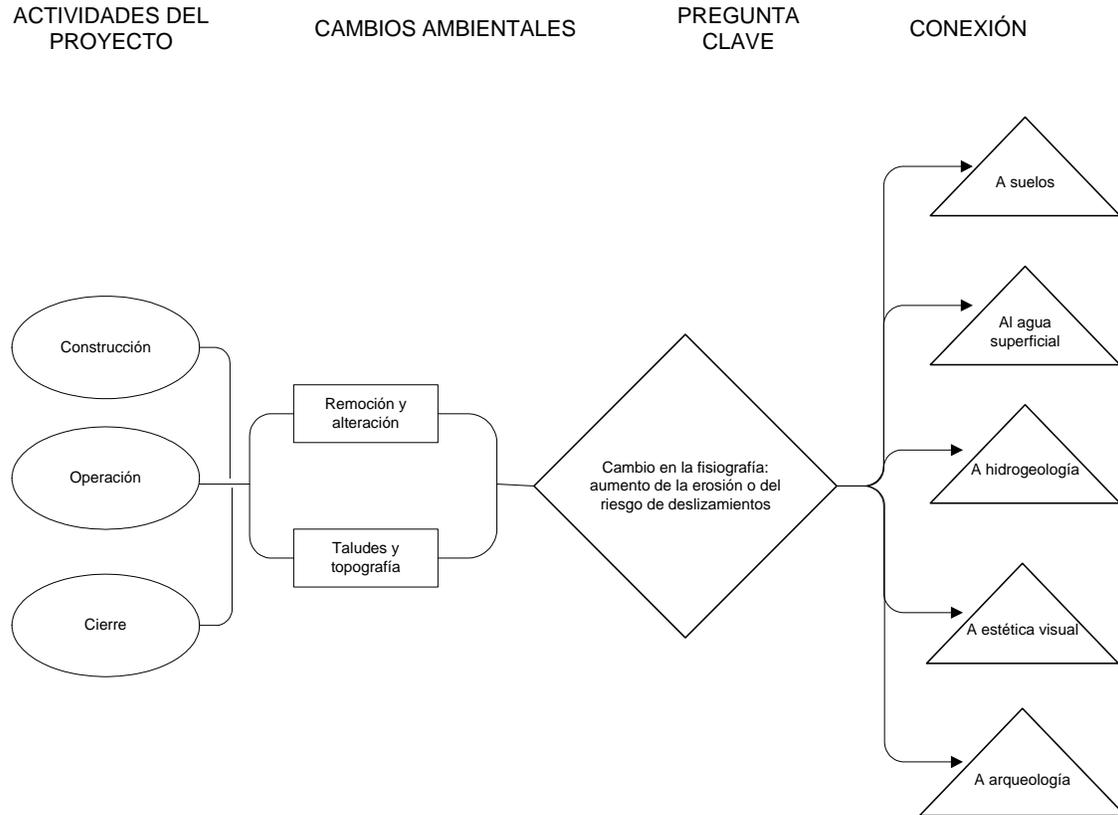
#### **Dirección**

La dirección del impacto puede ser positiva, negativa o neutral. El impacto es negativo si el cambio en las formas del terreno incrementa los procesos de erosión o inestabilidad de los taludes. El impacto será positivo si la modificación de las formas del terreno trae como consecuencia la estabilización de los taludes inestables o de zonas propensas a ser erosionadas. La dirección se considerará neutral para impactos insignificantes.

#### **Magnitud**

La magnitud del impacto puede ser insignificante, baja, moderada o alta, dependiendo de la extensión del área afectada.

**Figura C2-2 Diagrama de Enlace - Fisiografía**



Para propósitos de esta evaluación se considera que el impacto es de magnitud insignificante si el área afectada es menor al 1% del AEL; baja, si el cambio en el área se encuentra en el rango de 1 al 10%; moderada, si es entre 10 y 20%; y alta, si es mayor a 20%. Todos estos porcentajes están referidos al área total del AEL.

### Extensión Geográfica

La extensión geográfica fue clasificada como local, si el efecto fue restringido al AEL o regional si el efecto se extiende fuera del AEL, en el Área de Estudio Regional (AER).

### Duración

La duración del impacto puede ser de corto plazo, si es menor a dos años (etapa de construcción); mediano plazo, si se encuentra entre 2 y 15 años (etapa de operación a cierre) y largo plazo, si es más de 15 años (efectos se extienden hasta la etapa posterior al cierre).

## **Reversibilidad**

El impacto puede ser reversible o irreversible dependiendo de si es factible su remediación con las prácticas de rehabilitación y cierre.

## **Frecuencia**

Este criterio de clasificación no es aplicable a la evaluación de impactos sobre la fisiografía, pues los efectos sólo ocurren una vez.

### *C2.3.2.3 Medidas de Mitigación*

Las medidas de mitigación que serán implementadas para el Proyecto, tienen estrecha relación con el diseño de las instalaciones. El diseño de ingeniería considera medidas para prevenir los procesos de erosión, y también prevenir el aumento del riesgo de inestabilidad en los taludes naturales. Entre las medidas de mitigación planeadas están:

- El criterio de diseño para los taludes del tajo (35° a 45°) se basa en las propiedades geotécnicas específicas del área y es el adecuado para asegurar tanto la estabilidad de las paredes como la de las zonas aledañas. El agua subterránea que pudiera afectar la estabilidad del tajo se drenará durante las operaciones.
- Los botaderos de desmonte de roca así como la pila de mineral sulfuroso serán construidos en bancos mediante el vertimiento desde los camiones formando taludes con el ángulo de reposo del material. El material entre bancos consecutivos permitirá alcanzar un ángulo final en el talud de 2,5H: 1V.
- Un sistema de canales de colección se implementará al pie de los botaderos así como al pie de la pila de mineral sulfuroso. Estos sistemas evitarán las escorrentías con altas velocidades que resultan del aumento en las pendientes naturales del terreno, las que generan excesivos procesos erosivos aguas abajo.
- La disposición del mineral en la pila de lixiviación considera un talud de 2,5H: 1V para favorecer el cierre de la instalación. Luego del cierre, se drenará la instalación para mejorar la estabilidad local.
- El botadero de desmonte este y la pila de mineral sulfuroso serán cubiertos con una capa de material de baja permeabilidad y tierra vegetal, y serán revegetados para el control de la erosión.
- Se cubrirá el botadero de desmonte oeste con tierra vegetal y será revegetado para el control de la erosión.
- Los reservorios de agua, Laguna Pozo Hondo y Laguna Negra, drenarán hasta alcanzar sus niveles naturales y serán rehabilitados al cierre de la mina. Cualquier alternativa distinta al desmantelamiento de las estructuras será evaluada mediante criterios técnicos, económicos y ambientales durante el proceso final del cierre de la mina.

- Los caminos de acceso serán alineados de manera que limiten la perturbación de las formas existentes y que no comprometan la estabilidad de los taludes existentes.
- En el caso que los accesos generen inestabilidad de los taludes o una erosión excesiva, se implementarán medidas para controlan y estabilizar la situación.

#### C2.3.2.4 Resultados

Las áreas totales afectadas por cada una de las instalaciones que permanecerán luego del cierre de la mina se muestran en la Tabla C2-2. En el cálculo de las áreas se ha considerado no sólo el área de la instalación propiamente dicha, sino además un área adicional de amortiguamiento alrededor del perímetro de algunas de las instalaciones.

**Tabla C2-2 Unidades Fisiográficas Afectadas**

Instalación	Área Total (ha)	Unidad Fisiográfica (ha)								
		SI	ZA	A	PE	ZL	Q	SO	VE	L
tajo abierto	150	15	54	69	8	4	-	-(a)	-	-
instalación de la pila de lixiviación	120	112	-	-	-	1	7	-	-	-
botadero de desmonte este	99	-	-	97	-	-	1	1	-	-
botadero de desmonte oeste	69	49	18	-	-	-	2	-	-	-
pila de mineral sulfuroso	28	1	-	13	-	-	1	13	-	-
carreteras	19	6	-	1	-	-	2	9	-	1
<b>Total</b>	<b>485</b>	<b>183</b>	<b>72</b>	<b>180</b>	<b>8</b>	<b>5</b>	<b>13</b>	<b>23</b>	<b>-</b>	<b>1</b>

<sup>(a)</sup>- = No aplica.

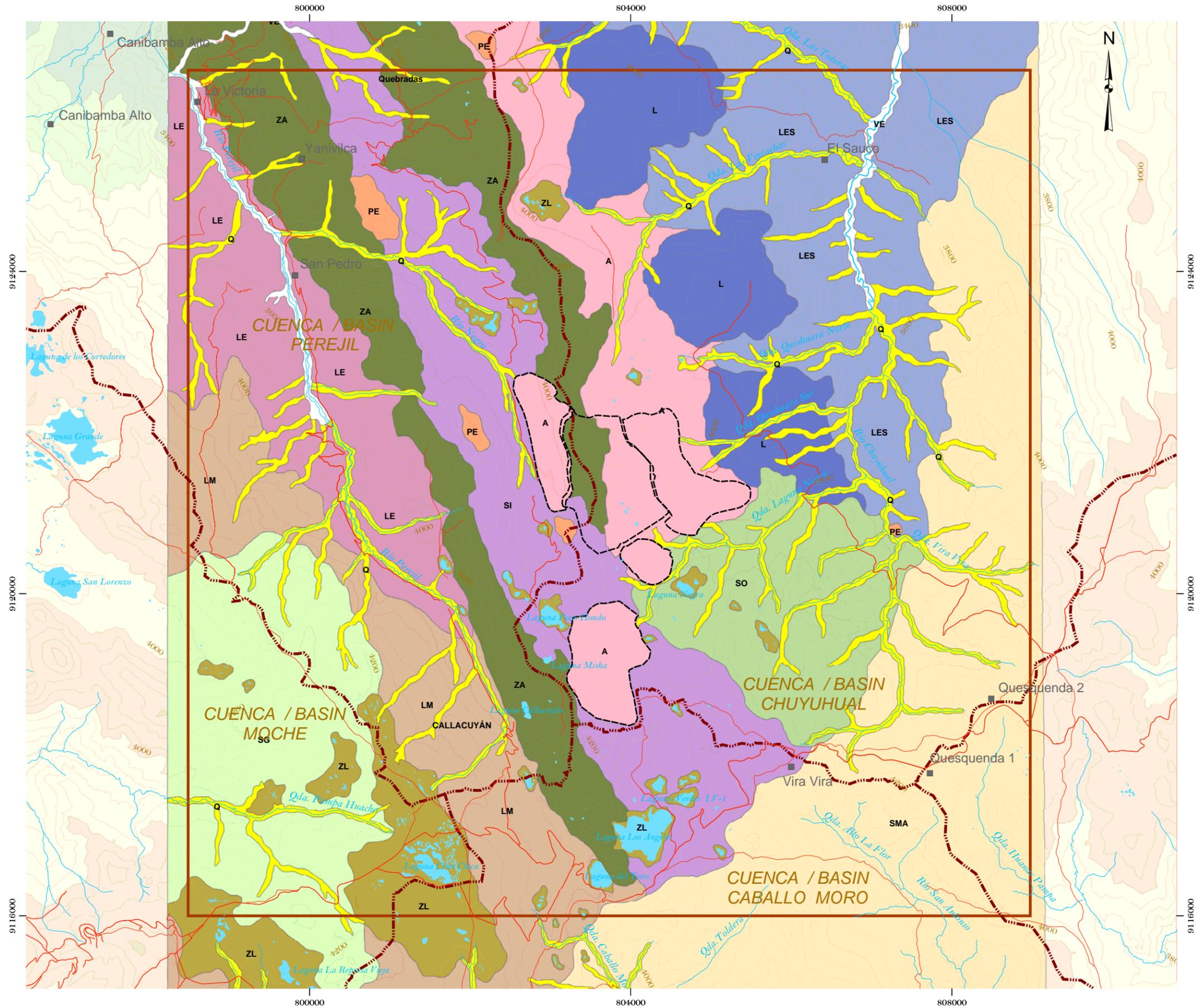
La Figura C2-3 muestra la nueva distribución de las unidades fisiográficas después del cierre.

#### C2.3.2.5 Análisis de Impactos Residuales

En esta sección se analizan los impactos residuales que se generarán luego del cierre de la mina. En el análisis de esta pregunta clave se enfocan los máximos impactos sobre las formas fisiográficas que permanecerán luego del cierre y que constituirán cambios permanentes en el relieve: el tajo abierto, la instalación de la pila de lixiviación, los botaderos de desmonte (este y oeste), y la pila de mineral sulfuroso.

La presencia del reservorio de agua no se considera como un impacto residual del Proyecto, debido a que el reservorio será desmantelado al cierre de la mina.

G:\PROJECT\2002\029-4225\_ALTO\_CHICAMA\GIS\MXD\_FINAL\VOLUMEN\_C\02\_PHYSIOGRAPHIC\FIG\_C2-3\_MAPA DE UNIDADES FISIográfICAS DESPUÉS DEL CIERRE.mxd

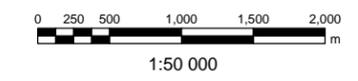


## LEYENDA / LEGEND

- ÁREA DE ESTUDIO LOCAL / LOCAL STUDY AREA**
  - LAGUNAS / LAKES**
  - POBLADOS / VILLAGES**
  - LÍMITE DE CUENCAS / WATERSHEDS**
  - CURVAS DE NIVEL (200 m) / CONTOURS (200 m)**
  - CURVAS DE NIVEL (50 m) / CONTOURS (50 m)**
  - RÍOS / STREAMS**
  - VÍAS / ROADS**
  - INSTALACIONES DE SIGNIFICANCIA FISIográfica / FACILITIES OF PHYSIOGRAPHIC SIGNIFICANCE**
- ALTITUDES (msnm) / ELEVATIONS (masl)**
- 3000
  - 3200
  - 3400
  - 3600
  - 3800
  - 4000
  - 4200
- FISIOGRAFÍA / PHYSIOGRAPHY**
- VE** VALLE ENCAÑONADO / CANYON - LIKE VALLEY
  - Q** QUEBRADAS / CREEKS
  - ZA** ZONA AGRESTE / AGRESTIC AREA
  - SMA** SUPERFICIE MODERADAMENTE AGRESTE / MODERATELY AGRESTIC SURFACE
  - SG** SUPERFICIES GLACIARES / GLACIAL SURFACES
  - SI** SUPERFICIE INTRACORDILLERANA / INTRACORDILLERAN SURFACE
  - A** ALTIPLANIC / HIGH PLATEAU
  - L** LOMADAS / HILL FORMATIONS
  - SO** SUPERFICIE ONDULADA / UNDULATED SURFACE
  - LE** LADERAS EMPINADAS / STEEP SLOPES
  - LM** LADERAS MODERADAS / MODERATE SLOPES
  - LES** LADERAS ESCARPADAS / SCARPED SLOPES
  - ZL** ZONA LACUSTRINA / LACUSTRINE AREA
  - PE** PUNTONES EMPINADOS / HIGH STEEP POINTS

**REFERENCIA / REFERENCE**

Fecha del Mapa Base: Eglemapping 2002 - Fecha Fisiografía: 2003  
 Map Base Date: Eglemapping, 2002 - Physiographic Data: 2003  
 Datum: SAD 56 Projection: UTM Zone 17



	FECHA / DATE	09 2003
	DISEÑO / DESIGN	FML
PROYECTO No. / PROJECT No.	029-4225	REVISADO / REVIEW
ESCALA / SCALE	1:50 000	APROBADO / CHECK
TÍTULO / TITLE	<b>MAPA DE UNIDADES FISIográfICAS DESPUÉS DEL CIERRE</b> <b>POST CLOSURE PHYSIOGRAPHY UNITS MAP</b>	
EIA ALTO CHICAMA	FIGURA / FIGURE	<b>C2-3</b>

**Impactos Residuales para la Pregunta Clave F-1: ¿Qué efecto tendrá el Proyecto Alto Chicama en la Fisiografía?**

<b>Dirección:</b>	negativa
<b>Magnitud:</b>	baja
<b>Extensión geográfica:</b>	local
<b>Duración:</b>	largo plazo
<b>Reversibilidad:</b>	irreversible
<b>Frecuencia:</b>	n/a
<b>Consecuencia ambiental:</b>	baja

La dirección de los impactos residuales es negativa pues la alteración de la fisiografía actual por la construcción, operación y cierre del Proyecto puede incrementar el riesgo de inestabilidad en los taludes o en los procesos de erosión aguas abajo, en áreas particulares. Sin embargo, se ha considerado estos riesgos potenciales durante la selección del área para la ubicación de las instalaciones, así como en la ingeniería del Proyecto.

El total del área modificada por el Proyecto luego del cierre de la mina será de 485 ha. Considerando que en el AEL se tiene un total de 11 004 ha, este total representa el 4% del AEL total, por lo que se considera baja la magnitud del impacto.

La extensión geográfica de los efectos sobre la fisiografía se limita al AEL, por lo que el impacto se considera de extensión local.

Por otro lado, las modificaciones sobre la fisiografía serán de largo plazo y de carácter irreversible, pues los cambios en el relieve local serán permanentes.

En conclusión, dado que el impacto es de magnitud baja, de extensión geográfica local y de una duración de largo plazo; se considera la consecuencia ambiental de naturaleza baja.

**C2.3.2.6 Monitoreo**

No se plantea ningún monitoreo relacionado a la fisiografía. Tal como se menciona en el texto, se realizará el monitoreo en las instalaciones construidas para verificar la estabilidad de los taludes y el funcionamiento adecuado de las medidas de control de la erosión.

## C2.4 CONCLUSIONES

Se ha realizado la evaluación de los impactos del Proyecto sobre la fisiografía en base al análisis de la Pregunta Clave planteada para el tema. La evaluación considera aquellas instalaciones del Proyecto que pudieran incrementar los procesos de erosión y la inestabilidad en los taludes naturales.

Los impactos han sido evaluados considerando las medidas de mitigación que se implementarán como parte del diseño del proyecto. La evaluación consideró los efectos residuales luego del cierre.

El análisis de los impactos para la Pregunta Clave F-1 considera las áreas del tajo abierto, la instalación de la pila de lixiviación, los botaderos de desmonte y la pila de mineral sulfuroso, así como aquellas instalaciones que serán incorporadas a la fisiografía local luego del cierre de la mina. No se ha considerado el reservorio de agua, pues éste será desmantelado luego del cierre. Los resultados de esta evaluación dieron como resultado un impacto de consecuencia ambiental baja, pero de duración de largo plazo en el AEL.

**Tabla C2-3 Clasificación del Impacto Residual en la Fisiografía**

Dirección	Magnitud	Extensión Geográfica	Duración	Reversibilidad	Frecuencia	Consecuencia Ambiental
<b>Pregunta Clave F-1: ¿Qué efecto tendrá el Proyecto Alto Chicama en la fisiografía?</b>						
negativa	baja	local	largo plazo	irreversible	n/a	baja

n/a = No aplica