

## **C8 SUELOS**

### **C8.1 INTRODUCCIÓN**

Esta sección del Estudio de Impacto Ambiental (EIA) del Proyecto Alto Chicama (Proyecto) de Minera Barrick Misquichilca S.A. (MBM), presenta información sobre la evaluación de los impactos en el recurso suelo como es requerida por el Ministerio de Energía y Minas (MEM) y por los Términos de Referencia (TdR), descritos en la Solicitud de Certificación Ambiental (MBM 2003a). La información presentada incluye lo siguiente:

- la descripción de las unidades de suelos identificadas en el Área de Estudio Local (AEL);
- la descripción de las capacidades de uso mayor de la tierra en el AEL;
- los métodos de evaluación de impactos y los resultados de esta evaluación para los aspectos claves del recurso suelo; y
- las medidas de mitigación y monitoreo para reducir los efectos del Proyecto en el recurso suelo.

En Golder (2003e) se proporcionan detalles de los estudios realizados para la línea base de los suelos.

Los aspectos potenciales relacionados a los suelos están vinculados a la pérdida del recurso suelo o a la pérdida de su capacidad de uso. Asimismo, los cambios en los suelos están también relacionados con otras disciplinas que afectan a la vegetación, al uso de la tierra, a la hidrología e hidrogeología. En la Sección D2 se describen los efectos de los suelos en la vegetación, en la Sección E3 se describen los efectos del cambio del uso de la tierra en la economía local y en las Secciones C6 y C9 se describen los efectos en la hidrogeología e hidrología, respectivamente.

En la presente sección se describen los efectos en los suelos relacionados con las actividades del Proyecto, tal como la construcción de las instalaciones.

### **C8.2 RESUMEN DE LA LINEA BASE**

#### **C8.2.1 Metodología**

##### *C8.2.1.1 Áreas de Estudio*

Para la línea base de los suelos se utilizó el Área de Estudio Local (AEL) ambiental y el Área de Estudio Regional (AER) ambiental (Sección C1.4).

#### *C8.2.1.2 Revisión de la Información Base*

Se revisaron los estudios anteriores relacionados a suelos (SGS 2001a y SVS 2002). Se utilizaron imágenes satelitales, fotografías aéreas y mapas topográficos para elaborar mapas preliminares de los suelos y determinar los puntos de muestreo.

#### *C8.2.1.3 Trabajo de Campo*

El estudio de línea base comprendió dos programas de trabajo de campo. El objetivo del primer programa fue el de describir los suelos del AEL, mientras que el segundo programa estuvo orientado a la colección de muestras de suelos para determinar el contenido natural de metales en las áreas cercanas a la ubicación propuesta para las principales instalaciones del Proyecto.

Se excavaron un total de 42 calicatas, de las cuales 32 se ubicaron en el AEL y 10 en el AER. Del total de calicatas, cinco se excavaron en el valle del Río Perejil y cinco en el valle del Río Chuyuhual.

Para cada calicata se hizo un registro del perfil del suelo, anotando los horizontes genéticos del suelo que encontraron. Se describió cada horizonte de acuerdo a las siguientes propiedades: color, moteado o no, estructura, cantidad de fragmentos gruesos, consistencia, presencia de raíces, drenaje, permeabilidad y napa freática. Se recolectó una muestra de cada horizonte que se encontró en cada calicata y fueron enviadas al laboratorio para su respectivo análisis.

El análisis de las muestras de suelos se realizó en el Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional Agraria en La Molina. La caracterización de los suelos incluyó: análisis del pH, conductividad eléctrica, carbonatos, materia orgánica, fósforo disponible, potasio disponible, capacidad de intercambio catiónico, intercambio de bases (calcio, magnesio, potasio y sodio), intercambio de acidez y textura.

Con el objeto de determinar el contenido de metales en los diferentes tipos de suelos afectados por las instalaciones del Proyecto, se seleccionaron 25 lugares de muestreo. Se tomaron dos muestras de suelos por lugar (una muestra de superficie y una muestra tomada debajo del estrato orgánico). Los ensayos se efectuaron en el Laboratorio del Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS), e incluyeron las concentraciones de los siguientes metales: arsénico, cadmio, cobre, cromo, mercurio, plomo, selenio y zinc.

#### *C8.2.1.4 Análisis de la Información y Elaboración de Mapas*

La etapa del trabajo de gabinete incluyó el análisis de la información existente para describir las condiciones de línea base en las áreas de estudio. Se realizó la interpretación de las observaciones de campo y los análisis de laboratorio siguiendo las guías del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (1993) y del National Survey Center (1998). Se elaboró un

mapa de suelos y un mapa de capacidad del uso de la tierra para el AEL en base a estas interpretaciones. Los suelos del AER fueron descritos de manera cualitativa con el objeto de proporcionar el contexto para los suelos del AEL.

Las unidades de suelos en el AEL fueron definidos en base a la clasificación natural del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (1998). La clasificación se basó en la información de los horizontes y estratos de suelos obtenidos de las calicatas, así como en los análisis de laboratorio. La delimitación del área de cada unidad de suelos se basó en la información de campo, resultados de los análisis de laboratorio, condiciones fisiográficas, características geológicas, clima, vegetación, rango altitudinal y rangos de la pendiente del terreno.

La descripción de las unidades de suelo se basó en los 11 parámetros que se indican a continuación: profundidad efectiva, color, estructura, aireación, consistencia, drenaje, formación superficial del suelo, formación interna del suelo, reacción, salinidad y niveles de fertilidad química.

Las unidades de suelos fueron descritas como asociaciones o consociaciones. Las consociaciones son unidades del mapa de suelos con un componente predominante (es decir, un suelo misceláneo o área que puede tener hasta el 15% de su área conformada por otros tipos de suelos). Las asociaciones son unidades de suelos que presentan dos o más componentes.

## **C8.2.2 Suelos del Área de Estudio Local**

### *C8.2.2.1 Unidades de Suelos*

Cada una de las unidades de suelos en el AEL presenta características internas y externas únicas y bien definidas. En el AEL se definieron 14 tipos de unidades de suelos, correspondientes a los siguientes órdenes de suelos en el sistema de clasificación del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (1998): Entisols, Inceptisols e Histosols (Tabla C8-1).

Los Entisols son suelos minerales jóvenes, de escaso desarrollo genético y se les encuentra en los horizontes de suelos A y C. Los Inceptisols son suelos de desarrollo genético incipiente y se les encuentra en los horizontes de suelos A, Bw y C. Los Histosols son suelos de origen orgánico y se les encuentra en los horizontes de suelos A y O.

En la Figura C8-1 se muestra la delimitación de las diferentes unidades de suelos encontradas en el AEL. En la Tabla C8-2 se muestra el área de cada unidad de suelo (asociaciones y consociaciones) identificada en el AEL.

En general, se puede decir que los suelos en el AEL son pobres en nutrientes, fuerte a extremadamente ácidos y presentan fragmentos gruesos en proporciones variables, tanto en la superficie como en la sub-superficie (Tabla C8-3). Estos suelos sólo pueden sustentar actividades agrícolas limitadas y otros usos de la tierra. En las zonas altas como el área del

Proyecto, los suelos solamente pueden sustentar vegetación para pastoreo del ganado, mientras que en los alrededores de El Sauco pueden sustentar cultivos anuales. El mayor porcentaje de uso agrícola en la tierra en el AEL se presenta en las áreas de El Sauco y La Victoria (Sección D2). Esto indica que la mayoría de suelos en el AEL no son muy adecuados para cultivos.

**Tabla C8-1 Clasificación Natural de los Suelos en el Área de Estudio Local**

Orden	Suborden	Gran Grupo	Subgrupo	Nombre
Entisols	Aquepts	Endoaquepts	Typic Endoaquepts	Lagunillas
	Orthents	Ustorthents	Aquic Ustorthents	Toro
			Lithic Ustorthents	Sauco Quesquenda Callacuyán Alto Chuyuhual Arenoso Vizcachas
			Typic Ustorthents	San Lorenzo Victoria Alto Chuyuhual Arcilloso
Inceptisols	Ustepts	Dystrustepts	Humic Dystrustepts Typic Dystrustepts	Pardo Los Ángeles Laguna Negra
Histosols	Sapristis	Haplosapristis	Typic Haplosapristis	Orgánico

El mejor suelo del AEL es la unidad de suelo Alto Chuyuhual Arenoso. Sin embargo, éste solamente comprende un 1,4% del AEL (Tabla C8-2) cerca de El Sauco (Figura C8-1). En las áreas ubicadas por encima de los 3 800 metros sobre el nivel del mar (msnm), el mejor suelo está conformado por la unidad de suelo Victoria. La distribución de este suelo es también sumamente limitada (1,3% del AEL) y se encuentra al oeste del Río Perejil (Figura C8-1). Los suelos que presentan las mayores limitaciones son las unidades Vizcachas (2,8%), Orgánico (0,1%), Alto Chuyuhual Arcilloso (0,6%) y el Área Miscelánea (24,4% en diferentes asociaciones).

En el informe de línea base (Golder 2003e) se hace una descripción detallada de las unidades de suelos. En el presente documento se describen solamente las unidades de suelos más comunes y aquellas que se encuentran ubicadas en el área del Proyecto.

La unidad más común es la unidad de suelo Quesquenda (Qu). Esta unidad fue mapeada en un 40,2% del AEL (Tabla C8-2) y se encuentra en elevaciones bajas a medias de las cuencas del Río Chuyuhual, Quebrada Caballo Moro y Río Perejil (Figura C8-1), así como en el área de las instalaciones del Proyecto. Consiste en un suelo moderadamente profundo con drenaje moderado a imperfecto. Esta unidad es extremadamente ácida, presenta muy pocos nutrientes y un contenido de materia orgánica variable (Tabla C8-3).

**Tabla C8-2 Unidades de Suelos en el Área de Estudio Local**

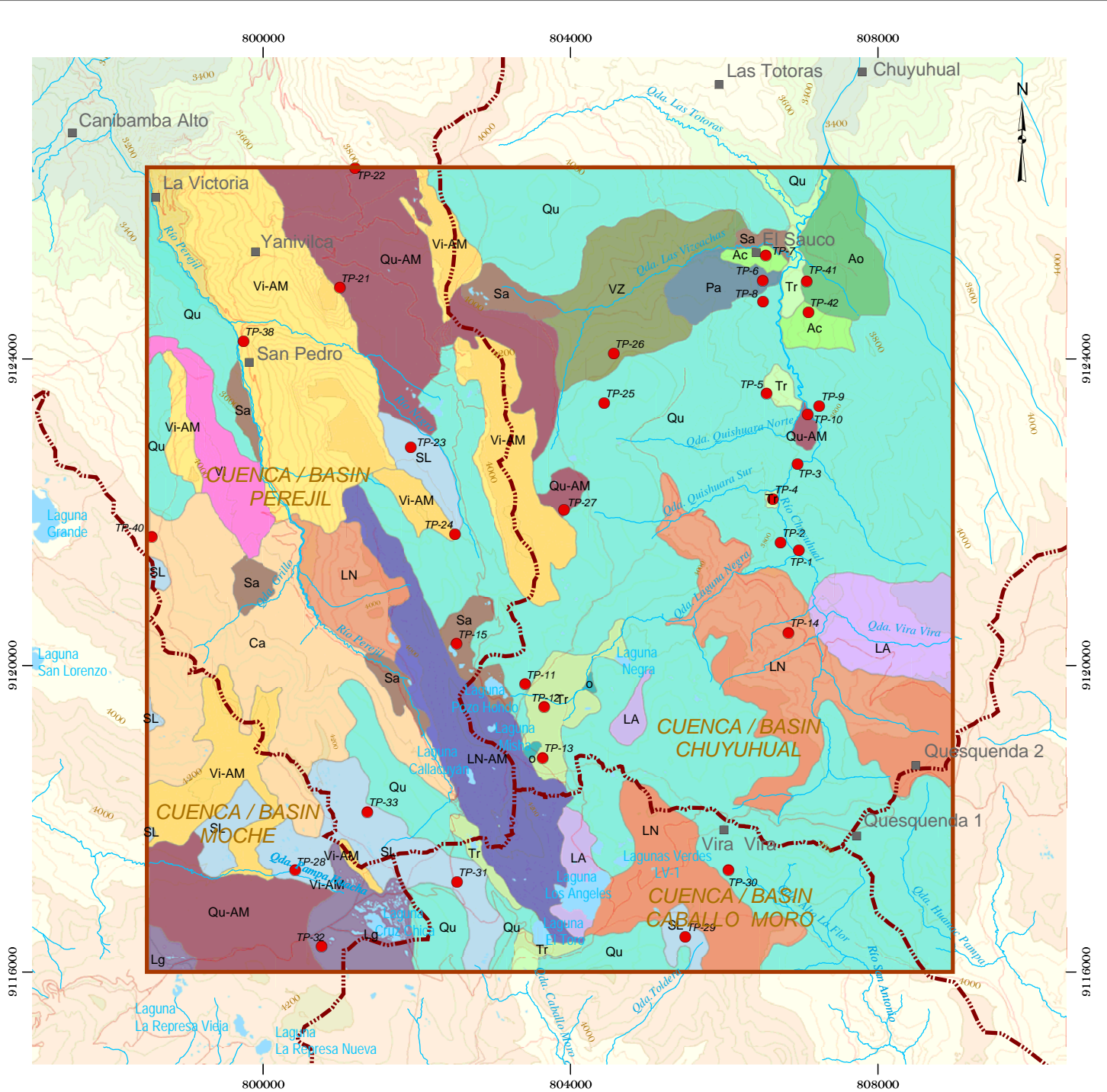
Unidad	Descripción	Área	
		ha	%
<b>Consociaciones</b>			
Suelo Lagunillas (Lg)	Typic Endoaquents	177	1,6
Suelo Toro (Tr)	Aquic Ustorthents	236	2,1
Suelo San Lorenzo (SL)	Typic Ustorthents	443	4,0
Suelo Los Angeles (LA)	Typic Dystrustepts	320	2,9
Suelo Sauco (Sa)	Lithic Ustorthents	203	1,8
Suelo Quesquenda (Qu)	Lithic Ustorthents	4 417	40,2
Suelo Laguna Negra (LN)	Typic Dystrustepts	1 010	9,2
Suelo Callacuyán (Ca)	Lithic Ustorthents	746	6,8
Suelo Victoria (Vi)	Typic Ustorthents	144	1,3
Suelo Alto Chuyuhual Arenoso (Ao)	Lithic Ustorthents	156	1,4
Suelo Alto Chuyuhual Arcilloso (Ac)	Typic Ustorthents	61	0,6
Suelo Pardo (Pa)	Humic Dystrustepts	82	0,8
Suelo Vizcachas (Vz)	Lithic Ustorthents	312	2,8
Suelo Orgánico (Or)	Typic Haplosaprists	6	0,1
<i>Subtotal</i>			75,6
<b>Asociaciones</b>			
Quesquenda – Área Miscelánea (Qu - AM)		859	7,8
Laguna Negra - Área Miscelánea (LN - AM)		444	4,0
Victoria – Área Miscelánea (Vi - AM)		1 382	12,6
<i>Subtotal</i>			24,4
<b>Total</b>		<b>10 998<sup>(a)</sup></b>	<b>100</b>

<sup>(a)</sup> Se excluyen las lagunas.

La segunda unidad de suelo más común está conformada por la asociación Victoria – Área Miscelánea, la cual fue mapeada en un 12,6% del AEL. Esta asociación conjuntamente con las asociaciones Quesquenda – Área Miscelánea (7,8%) y Laguna Negra – Área Miscelánea (4,0%), hacen que las asociaciones de áreas misceláneas constituyan el 24,4% del AEL (Tabla C8-2). Estas asociaciones se presentan en las laderas empinadas a lo largo de la divisoria continental, en las partes altas del lado este del Río Perejil y en la cuenca del Río Moche (Figura C8-1). Todas estas asociaciones presentan suelos extremadamente ácidos y bajos niveles de nutrientes (Tabla C8-3).

La siguiente unidad de suelo más común es la unidad Laguna Negra, la cual fue mapeada en un 9,2% del AEL (Tabla C8-2). Se presenta en las cuencas del Río Chuyuhual y de la Quebrada Caballo Moro. Los suelos en esta unidad son extremadamente ácidos, muy bajos en nutrientes, y presentan niveles medios a altos de materia orgánica (Tabla C8-3).

Todas las unidades de suelos y asociaciones anteriormente indicadas forman parte del área de las instalaciones del Proyecto. La unidad de suelo Toro se encuentra también dentro del área de las instalaciones del Proyecto. Esta unidad fue mapeada en un 2,1% del AEL y se encuentra



### LEYENDA / LEGEND

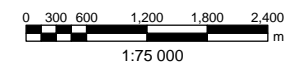
- ÁREA DE ESTUDIO LOCAL / LOCAL STUDY AREA**
- LAGUNAS / LAKES**
- POBLADOS / VILLAGES**
- LÍMITE DE CUENCAS / WATERSHED BOUNDARIES**
- CURVAS DE NIVEL (200 m) / CONTOURS (200 m)**
- CURVAS DE NIVEL (50 m) / CONTOURS (50 m)**
- RIOS / STREAMS**
- VÍAS / ROADS**
- CALICATAS / TEST PITS**

#### MAPA DE SUELOS / SOILS MAP

- ALTO CHUYUHUAL ARCILLOSO (Ac)**
- ALTO CHUYUHUAL ARENOSO (Ao)**
- CALLACUYÁN (Ca)**
- LOS ANGELES (La)**
- LAGUNA NEGRA (LN)**
- LAGUNILLAS (Lg)**
- ORGÁNICO (Or)**
- PARDO (Pa)**
- QUESQUENDA (Qu)**
- SAN LORENZO (SL)**
- SAUCO (Sa)**
- SUELO TORO (Tr)**
- VIZCACHAS (Vz)**
- VICTORIA (Vi)**
- VICTORIA - ÁREA MISCELÁNEA (Vi - AM)**
- LAGUNA NEGRA - ÁREA MISCELÁNEA (LN - AM)**
- QUESQUENDA-ÁREA MISCELÁNEA (Qu - AM)**

**REFERENCIA / REFERENCE**  
 Fecha del Mapa de Suelos: 2003  
 Date of Soils Map: 2003  
 Datum: SAD 56 Projection: UTM Zone 17



	FECHA / DATE	09 2003
	DISEÑO / DESIGN	JNR
PROYECTO No. / PROJECT No.	029-4225	SIG / GIS
ESCALA / SCALE	1:75 000	REVISADO / REVIEW
TÍTULO / TITLE	<b>MAPA DE SUELOS EN EL ÁREA DE ESTUDIO LOCAL</b>	
EIA ALTO CHICAMA	<b>SOILS MAP OF THE LOCAL STUDY AREA</b>	
FIGURA / FIGURE	<b>C8-1</b>	

entre la Laguna Pozo Hondo y Laguna Negra, así como cerca a El Sauco (Figura C8-1). Del mismo modo, los suelos en esta unidad son extremadamente ácidos, muy bajos en nutrientes, y presentan niveles medios a altos de materia orgánica (Tabla C8-3).

**Tabla C8-3 Principales Características de las Unidades de Suelos en el Área de Estudio Local**

Suelo	Profundidad (cm)	pH	Fertilidad Química	Materia Orgánica
Lagunillas (Lg)	40	fuerte a extremadamente ácido	baja	alta a media
Toro (Tr)	60-75	extremadamente ácido	muy baja	alta a media
San Lorenzo (SL)	50-60	extremadamente ácido	baja	alta a baja
Los Ángeles (LA)	80	extremadamente ácido	muy baja	alta a baja
Sauco (SA)	40-50	extremadamente ácido	muy baja	alta
Quesquenda (Qu)	50-60	extremadamente ácido	muy baja	alta a baja
Laguna Negra (LN)	80-100	extremadamente ácido	muy baja	alta a media
Callacuyán (Ca)	30	fuerte a sumamente ácido	muy baja	alta a baja
Victoria (Vi)	50	fuerte a extremadamente ácido	baja	alta a media
Alto Chuyuhual Arenoso (Ac)	30	fuertemente ácido	media	baja
Alto Chuyuhual Arcilloso (Ao)	50	ligera a sumamente ácido	ligeramente baja	alta a baja
Pardo (Pa)	40	extremadamente ácido	baja	alta a baja
Vizcacha (Vz)	20	extremadamente ácido	muy baja	media
Orgánico (Or)	40	extremadamente ácido	baja	muy alta

#### C8.2.2.2 *Análisis del Contenido de Metales en los Suelos*

El contenido de metales fue evaluado en los dos primeros estratos de las 25 calicatas excavadas en lugares específicos del AEL. Esta evaluación se utilizó para determinar los rangos de las concentraciones de metales de línea base en los suelos, que pueden ser utilizados para comparar las condiciones durante las etapas de operación y cierre del Proyecto. En la Figura C8-2 se muestran los puntos de muestreo de suelos en los cuales se realizaron análisis de contenido de metales.

Se hizo una evaluación de las concentraciones de metales utilizando, como referencia, los estándares de la calidad de suelos establecidos por el Consejo Canadiense de Ministros del Ambiente (CCME 2001), debido a que actualmente no existen estándares peruanos para la calidad de los suelos. La Tabla C8-4 muestra los resultados del análisis del contenido de metales en las muestras de suelos tomadas en el AEL.

**Tabla C8-4 Contenido de Metales en los Suelos del Área de Estudio Local**

Punto	Muestra	Profundidad (m)	As (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Cr (mg/kg)	Hg (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Se (mg/kg)	Tipo de Suelo
ME-01	M1	0,0 - 0,15	<b>26,52</b>	<0,05	29,50	8,75	15,00	0,47	26,75	0,48	Qu - AM
	M2	0,15 - 0,35	<b>21,85</b>	<0,05	36,13	9,25	33,75	2,50	42,75	1,08	
ME-02	M1	0,0 - 0,15	<b>16,41</b>	0,63	31,88	8,63	16,25	0,17	27,88	0,34	SL
	M2	0,15 - 0,35	<b>29,50</b>	0,75	39,13	6,13	32,50	0,09	32,63	0,28	
ME-03	M1	0,0 - 0,40	<b>20,12</b>	<b>1,50</b>	80,63	33,38	55,00	0,07	34,00	0,41	Ca
	M2	0,40 - 0,55	<b>42,08</b>	<b>2,25</b>	163,50	<b>79,13</b>	40,00	0,33	26,25	0,63	
ME-04	M1	0,0 - 0,30	<b>21,43</b>	<b>1,50</b>	59,50	16,13	37,50	0,15	27,13	0,59	Sa
	M2	0,30 - 0,45	6,25	<b>1,50</b>	97,38	21,25	<b>67,50</b>	0,05	33,00	0,23	
ME-05	M1	0,0 - 0,35	<b>19,10</b>	<b>2,38</b>	22,75	53,50	7,50	0,20	62,38	0,49	LA
	M2	0,35 - 0,45	<b>59,34</b>	1,25	69,50	14,63	2,50	0,61	<b>83,75</b>	0,81	
ME-06	M1	0,0 - 0,90	<b>35,33</b>	1,38	56,25	14,50	8,75	0,09	<b>98,13</b>	0,66	Qu
	M2	0,90 - 1,10	<b>46,36</b>	1,38	133,13	14,50	6,25	0,05	<b>145,75</b>	0,88	
ME-07	M1	0,0 - 0,40	<b>27,27</b>	<b>4,50</b>	<b>235,13</b>	12,63	7,50	0,12	<b>110,25</b>	2,95	Qu
	M2	0,40 - 0,50	<b>59,27</b>	<b>4,13</b>	<b>880,50</b>	13,50	7,50	0,07	<b>331,50</b>	1,00	
ME-08	M1	0,0 - 0,45	9,98	1,00	44,00	15,25	7,50	0,20	27,13	0,85	Qu
	M2	0,45 - 0,55	<b>13,73</b>	1,38	111,13	19,50	8,75	0,03	46,50	0,30	
ME-09	M1	0,0 - 0,20	<b>71,34</b>	<b>2,38</b>	71,63	<b>82,00</b>	6,25	0,23	<b>160,13</b>	3,30	Tr
	M2	0,20 - 0,70	<b>85,70</b>	<b>2,00</b>	92,50	48,25	7,50	0,40	<b>242,00</b>	3,49	
ME-10	M1	0,0 - 0,90	7,49	0,75	65,75	9,13	5,00	0,10	6,38	<0,008	LN
	M2	0,90 - 1,05	8,04	0,63	67,00	10,25	6,25	0,06	5,13	<0,008	
ME-11	M1	0,0 - 0,45	<b>23,67</b>	0,75	63,00	19,00	8,75	0,11	7,50	0,65	Qu
	M2	0,45 - 0,65	<b>40,05</b>	1,50	94,25	18,13	7,50	0,09	35,88	0,50	
ME-12	M1	0,0 - 0,05	<b>17,91</b>	0,75	47,00	16,75	10,00	0,10	17,50	1,01	Qu
	M2	0,05 - 0,25	<b>20,53</b>	<b>1,88</b>	73,88	19,88	5,00	0,09	22,25	0,19	
	M3	0,25 - 0,40	<b>38,80</b>	<0,05	45,14	10,50	3,61	0,15	51,48	1,86	
ME-13	M1	0,0 - 0,30	9,02	<b>1,88</b>	78,38	12,50	7,50	0,18	8,50	0,49	Qu
	M2	0,30 - 0,45	8,64	<b>2,00</b>	78,13	13,75	3,75	0,10	15,13	0,16	
ME-14	M1	0,0 - 0,40	9,00	<b>1,88</b>	29,50	15,88	17,50	0,05	12,50	0,28	Vz
	M2	0,40 - 0,70	<b>14,69</b>	<b>1,50</b>	30,25	15,38	12,50	0,09	2,00	0,53	
ME-15	M1	0,0 - 0,05	<b>39,18</b>	<b>1,63</b>	25,50	21,50	35,00	0,07	9,00	0,53	Vz
	M2	0,05 - 0,20	7,61	<b>2,13</b>	17,63	30,25	55,00	0,03	8,75	0,43	
ME-16	M1	0,0 - 0,15	<b>76,90</b>	0,88	13,13	8,25	28,75	1,36	26,50	0,94	Qu
	M2	0,15 - 0,30	<b>113,04</b>	<0,05	11,75	10,00	38,75	2,15	55,38	1,00	
ME-17	M1	0,0 - 0,10	<b>46,64</b>	1,00	11,75	10,25	5,00	0,30	26,88	0,19	Qu - AM
	M2	0,10 - 0,25	<b>39,89</b>	1,13	4,88	4,38	6,25	0,53	35,75	0,28	
ME-18	M1	0,0 - 0,25	<b>19,43</b>	<0,05	13,38	6,88	3,75	0,03	<b>149,13</b>	1,91	Qu
	M2	0,25 - 0,35	<b>36,56</b>	<0,05	13,38	5,38	3,75	0,05	<b>196,38</b>	4,18	
ME-19	M1	0,0 - 0,45	5,33	0,63	67,88	8,50	2,50	0,06	24,00	0,56	LN
	M2	0,45 - 0,55	4,44	0,88	81,13	12,75	<0,10	0,03	23,25	<0,008	
ME-20	M1	0,0 - 0,35	<b>15,92</b>	1,13	83,00	15,25	5,00	0,11	27,00	0,89	LA
	M2	0,35 - 0,40	<b>14,20</b>	0,88	97,25	10,63	1,25	0,08	21,88	0,30	
ME-21	M1	0,0 - 0,45	8,16	0,75	73,00	9,88	6,25	0,07	22,75	0,55	LN
	M2	0,45 - 0,55	<b>26,28</b>	1,00	75,38	14,13	3,75	0,05	41,88	0,64	
ME-22	M1	0,0 - 0,55	1,11	1,25	86,38	14,00	5,00	0,09	26,75	0,88	Qu
	M2	0,55 - 0,75	<b>14,99</b>	0,88	103,13	13,25	3,75	0,05	25,75	0,64	
ME-23	M1	0,0 - 0,50	<b>32,45</b>	<0,05	5,50	16,00	22,50	0,27	18,88	0,76	LN - AM
	M2	0,50 - 0,65	<b>129,59</b>	0,75	8,88	31,38	38,75	0,46	29,13	0,49	

Nota: Los valores en negrita son superiores a las normas canadienses para tierras agrícolas (CCME 2001).



**Tabla C8-4 Contenido de Metales en los Suelos del Área de Estudio Local (cont.)**

Punto	Muestra	Profundidad (m)	As (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Cr (mg/kg)	Hg (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Se (mg/kg)	Tipo de Suelo
ME-24	M1	0,0 - 0,35	<b>44,31</b>	1,38	18,50	21,88	2,50	0,11	<b>143,50</b>	1,23	LN – AM
	M2	0,35 - 0,50	<b>28,84</b>	1,38	15,38	16,25	1,25	0,05	<b>127,25</b>	2,69	
ME-25	M1	0,0 - 0,25	<b>44,53</b>	<0,05	17,88	8,63	<0,10	0,04	<b>74,63</b>	1,16	LA
	M2	0,25 - 0,40	<b>39,44</b>	0,75	22,25	12,38	<0,10	0,05	<b>82,50</b>	2,01	
<i>Promedio</i>			31,3	1,4	74,4	18,3	15,1	0,3	57,6	1,0	-
<i>Media</i>			23,7	1,4	59,5	14,1	7,5	0,1	27,9	0,6	-
<i>Máximo</i>			129,6	4,5	880,5	82,0	67,5	2,5	331,5	4,2	-
<i>Mínimo</i>			1,1	0,6	4,9	4,4	1,3	0,0	2,0	0,2	-
<i>Tierra Agrícola</i>			1,2	1,4	200	63	64	6,6	70	-	-

Nota: Los valores en negrita son superiores a las normas canadienses para tierras agrícolas (CCME 2001).

Los resultados muestran que la concentración natural de arsénico es superior a las normas canadienses, variando entre 1,1 y 129,6 mg/kg. Asimismo, algunos valores de cadmio y de plomo son superiores a las normas. Los valores de zinc, cobre y cromo se encuentran, salvo algunas excepciones, por debajo de las normas. Todos los valores de mercurio se encuentran por debajo de las normas.

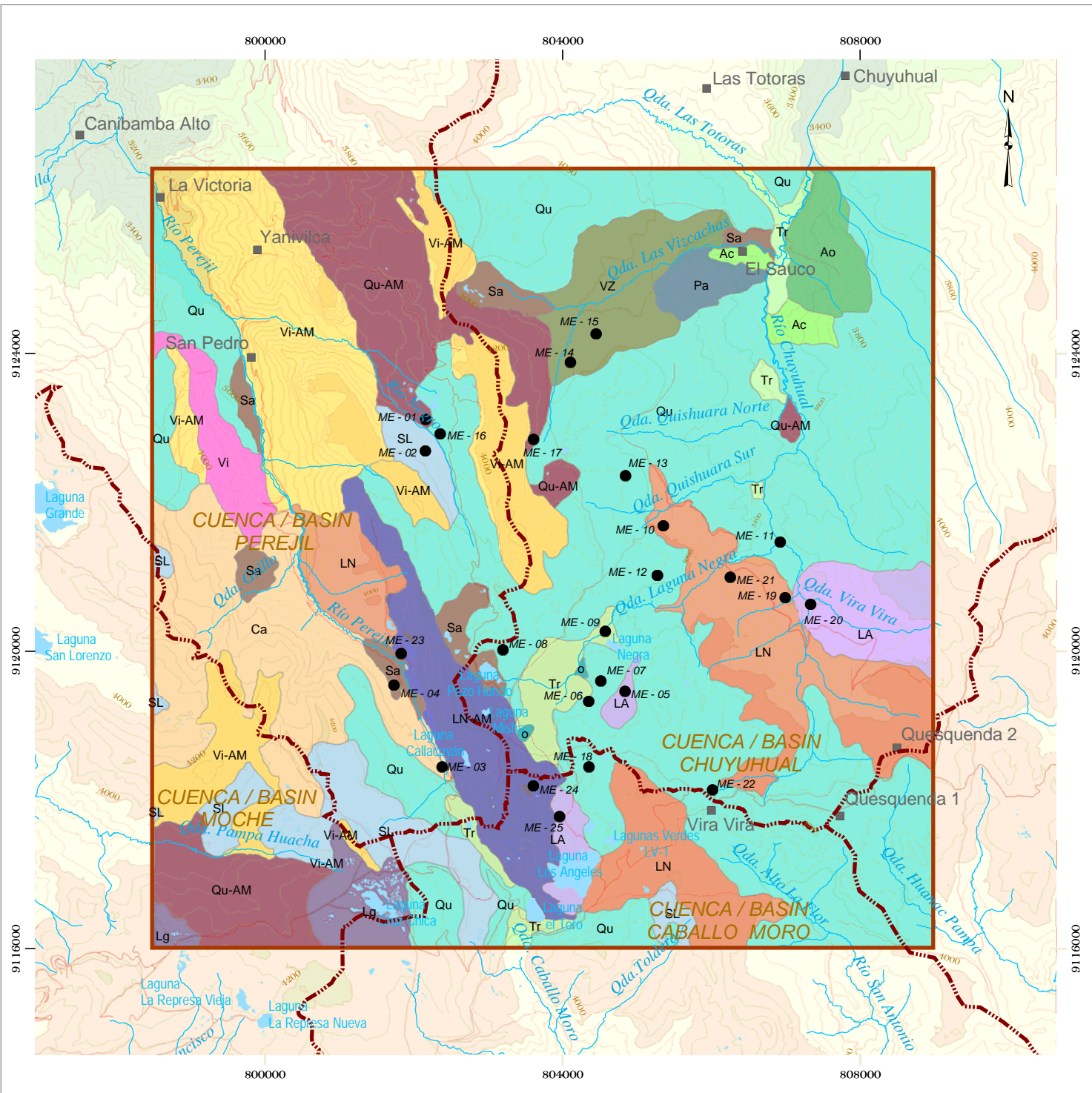
### C8.2.2.3 Capacidad de Uso Mayor de la Tierra

La capacidad de uso mayor de la tierra se define como el máximo potencial del suelo para sustentar diferentes usos de la tierra. La clasificación está basada en el Reglamento de Clasificación de Tierras aprobado mediante el Decreto Supremo No. 0062/75 de enero de 1975 y modificado por ONERN (1982).

El sistema de capacidad de uso mayor de la tierra tiene tres clasificaciones: Grupo, Clase y Subclase (Tabla C8-5). Los suelos se clasifican en grupos de uso mayor de la tierra de acuerdo a su capacidad natural de producción: cultivos intensivos o limpios (A), cultivos permanentes (C), pastos (P), producción forestal (F) y tierras de protección (X). Las tierras de protección<sup>1</sup> son aquellas que, debido a sus severas limitaciones, no permiten el desarrollo de actividades agrícolas, de ganadería o forestales. Las limitaciones de las tierras de protección están referidas a la ausencia o pobre calidad de los suelos superficiales, laderas empinadas y la presencia de roca. Las actividades mineras están permitidas en las tierras de protección. Las lagunas se encuentran incluidas en la categoría de protección.

<sup>1</sup> En este grupo están incluidos: picos, nevados, pantanos, playas, cauces y vegetación natural forestal, arbustiva o herbácea, que, en tanto no tenga un uso económico directo, deberá ser manejada para proteger las cuencas hidrográficas y la fauna silvestre, así como los valores económicos, científicos, de esparcimiento y otros valores que redunden en un beneficio colectivo o que sean de interés social. Reglamento de la clasificación de tierras aprobado por Decreto Supremo N°0062/72 de enero de 1975 y modificado por ONERN (1982).

G:\PROJECT\2002\029-4225\_ALTO\_CHICAMAGIS\MXD\_FINAL\VOLUMEN\_C08\_SOILS\3\FIG\_C8-2\_PUNTOS\_DE\_MUESTREO\_DE\_SUELOS\_PARA\_ANALISIS\_DE\_METALES.mxd



### LEYENDA / LEGEND

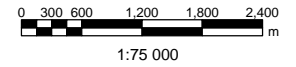
- ÁREA DE ESTUDIO LOCAL / LOCAL STUDY AREA
- LAGUNAS / LAKES
- POBLADOS / VILLAGES
- LÍMITE DE CUENCAS / WATERSHED BOUNDARIES
- CURVAS DE NIVEL (200 m) / CONTOURS (200 m)
- CURVAS DE NIVEL (50 m) / CONTOURS (50 m)
- RÍOS / STREAMS
- VÍAS / ROADS
- MUESTRA DE SUELOS / SOILS SAMPLE

### SUELOS / SOILS

- ALTO CHUYUHUAL ARCILLOSO (Ac)
- ALTO CHUYUHUAL ARENOSO (Ao)
- CALLACUYÁN (Ca)
- LOS ANGELES (LA)
- LAGUNA NEGRA (LN)
- LAGUNILLAS (Lg)
- ORGÁNICO (Or)
- PARDO (Pa)
- QUESQUENDA (Qu)
- SAN LORENZO (SL)
- SAUCO (Sa)
- SUELO TORO (Tr)
- VIZCACHAS (Vz)
- VICTORIA (Vi)
- VICTORIA - ÁREA MISCELÁNEA (Vi - AM)
- LAGUNA NEGRA - ÁREA MISCELÁNEA (LN - AM)
- QUESQUENDA-ÁREA MISCELÁNEA (Qu - AM)

### REFERENCIA / REFERENCE

Fecha del Mapa de Suelos: 2003  
Soils Map: 2003  
Datum: SAD 56 Projection: UTM Zone 17



		FECHA / DATE	09 2003	
		DISEÑO / DESIGN	JNR	
PROYECTO No. / PROJECT No.	029-4225	REVISADO / REVIEW	JTH	
ESCALA / SCALE	1:75 000	REV. / REV.	VF	
TÍTULO / TITLE	<b>PUNTOS DE MUESTREO DE SUELOS PARA ANÁLISIS DE METALES</b> <b>SOIL SAMPLING POINTS FOR METAL CONTENT ANALYSIS</b>		APROBADO / CHECK	JCH
EIA ALTO CHICAMA		FIGURA / FIGURE	<b>C8-2</b>	

**Tabla C8-5 Clasificación de la Capacidad de Uso Mayor de la Tierra**

Grupo de Uso Mayor de la Tierra	Clase	Subclase
	(Potencial Agrícola)	(Limitaciones o deficiencias)
tierras de cultivo limpio (A)	alta (A1)	no existen limitaciones
	media (A2)	
	baja (A3)	
tierras de cultivo permanente (C)	alta (C1)	Pueden presentar una o más limitaciones de: suelo (s) drenaje (w) erosión (e) clima (c) salinidad (l) inundaciones (i)
	media (C2)	
	baja (C3)	
tierras para pastos (P)	alta (P1)	
	media (P2)	
	baja (P3)	
tierras de producción forestal (F)	alta (F1)	
	media (F2)	
	baja (F3)	
tierras de protección <sup>(a)</sup> (X)	--	

<sup>(a)</sup> Las tierras de protección presentan limitaciones severas.

Los suelos se clasifican en clases en base a su potencial agrícola: alto (1), medio (2) o bajo (3). En cuanto a las subclases, las limitaciones que pueden restringir el uso de la tierra son: suelo (s), drenaje (w), clima (c), salinidad (l) e inundaciones (i).

La capacidad de uso mayor de las tierras en el AEL (Tabla C8-6; Figura C8-3) se clasificó utilizando la información existente sobre suelos (Figura C8-1), la información contenida en el Mapa Ecológico del Perú (ONERN, 1976) y los rangos de pendientes en el AEL.

**Tabla C8-6 Capacidad de Uso Mayor de la Tierra en el Área de Estudio Local**

Sub-clase <sup>(a)</sup>	Suelos Incluidos <sup>(b)</sup>	Área	
		ha	%
P3s	SL y Sa en taludes menores al 15%	292	2,6
P3se	SL y Sa en taludes mayores al 15%; Qu, LA, Ca, LN y Vi en taludes mayores al 50%; Pa	6 128	55,3
P3sw	Lg, Tr y Or	402	3,7
P3sew	Ac, margen izquierda (El Sauco)	19	0,2
<i>P total</i>		6 841	61,7
F2se	Ao	159	1,4
F3se	Ac, margen derecha (El Sauco)	17	0,2
F3sew	Tr, taludes altos (El Sauco)	43	0,4
<i>F total</i>		219	2,0
Xse	Qu, LA, Ca, LN y Vi en pendientes mayores al 50%	3 940	35,5
X	Lagunas	83	0,7
<i>X Total</i>		4 023	36,3
<b>Total</b>		<b>11 083<sup>(c)</sup></b>	<b>100</b>

<sup>(a)</sup> La Tabla C8-3 contiene los códigos para los suelos.

<sup>(b)</sup> La Sección C8.2.4.1. contiene los códigos para las subclases.

<sup>(c)</sup> Los valores totales difieren de los proporcionados en la Tabla C8-2 debido a la inclusión de las lagunas y al redondeo numérico.

## **C8.3 EVALUACIÓN DE IMPACTOS**

### **C8.3.1 Diagnóstico de Temas**

Los temas claves relacionados a los posibles impactos del Proyecto en los suelos fueron identificados, mediante la revisión de la información disponible (SGS 2001a y SVS 2002), así como a través de la consulta con los grupos de interés (Sección A5). Los temas claves relacionados a los suelos incluyen lo siguiente:

- pérdida física o alteración debido a la remoción, almacenamiento, reemplazo, compactación y erosión de los suelos, con posible cambio en la capacidad de uso de los suelos en el AEL;
- cambios en la capacidad de uso debido a la disposición de material rocoso y/o a la contaminación de los suelos en el AEL; y
- posible alteración de la calidad de los suelos debido a la infiltración de agua contaminada, lo cual podría producir cambios en la capacidad de uso de los suelos en el AER.

Los suelos pueden verse afectados por las actividades del proyecto durante las etapas de construcción, operación y cierre. El análisis de los posibles efectos en los suelos relacionados a otros componentes, incluye la hidrología e hidrogeología, tal como se muestra en la Figura C8-4.

Se desarrollaron dos preguntas claves para los suelos: una relacionada a los cambios en la calidad y capacidad de los suelos durante las etapas de construcción y operación (Pregunta Clave S-1) y la otra relacionada a la rehabilitación de los suelos después del cierre (Pregunta Clave S-2).

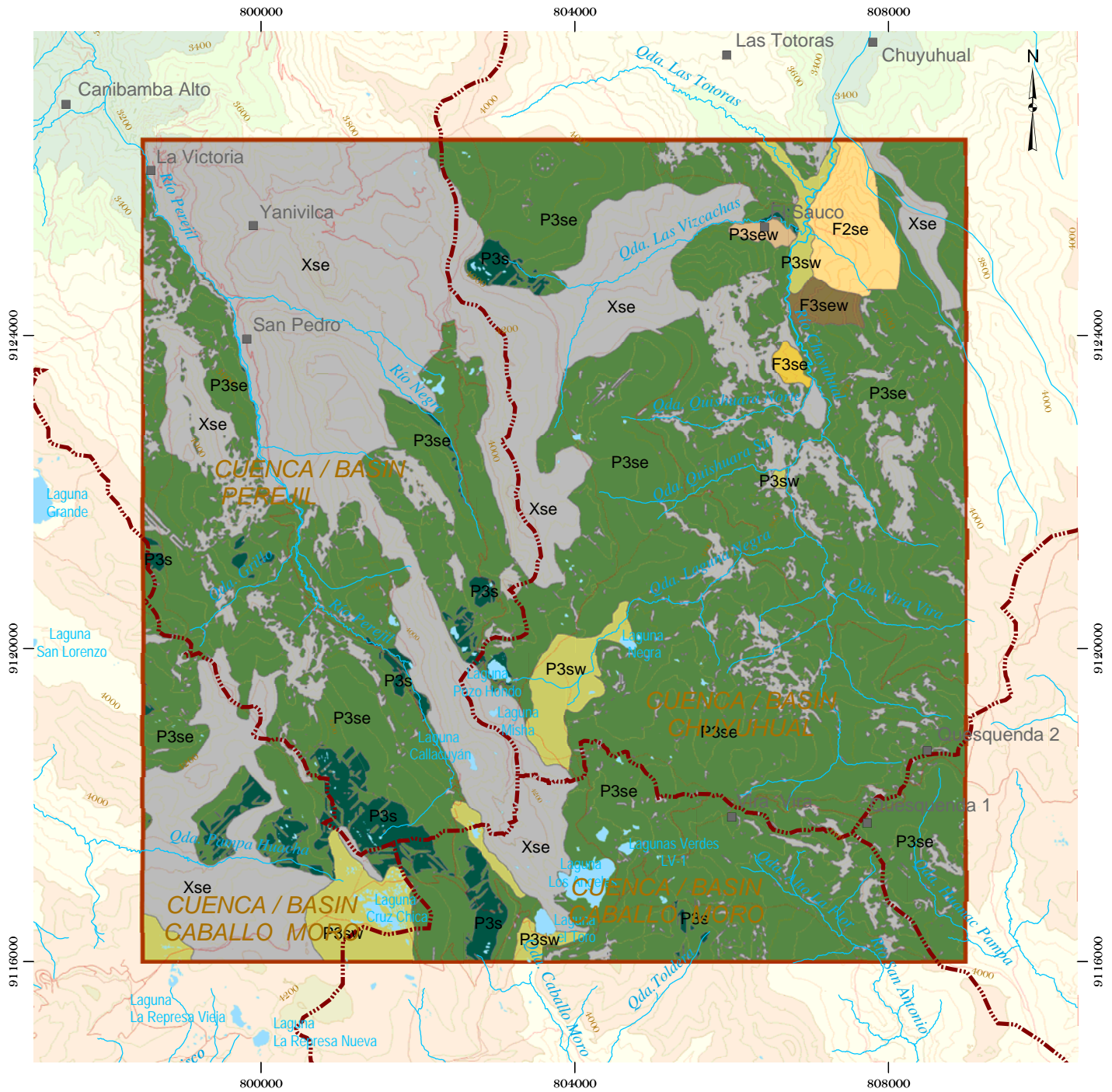
**Pregunta Clave S-1:** ¿Qué efecto tendrá el Proyecto Alto Chicama en la cantidad y capacidad de los suelos?

**Pregunta Clave S-2:** ¿Qué efecto tendrá el Proyecto Alto Chicama en los suelos después del cierre?

En efecto, las respuestas a la Pregunta Clave S-1 representan los impactos durante la operación, y, como tales, no constituyen efectos residuales reales. Los efectos residuales reales en los suelos se analizan en la Pregunta Clave S-2 debido a que esta pregunta incluye los efectos de la rehabilitación, que es la medida de mitigación más importante para limitar los impactos en los suelos.

Ambas preguntas claves tienen conexiones potenciales con la hidrología (mediante el incremento de la erosión y sedimentación), hidrogeología (mediante el incremento de la infiltración al agua subterránea), y uso de la tierra (mediante cambios en la capacidad de los suelos). Estas conexiones han sido evaluadas en las secciones pertinentes del EIA (hidrología – Sección C9; hidrogeología – Sección C6; y uso de la tierra – Sección E3).





### LEYENDA / LEGEND

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

#### MAPA DE CAPACIDAD DE USO MAYOR / MAJOR LAND USE CAPABILITY MAP

	P3s
	P3se
	P3sw
	Xse
	P3sew
	F2se
	F3se
	F3sew

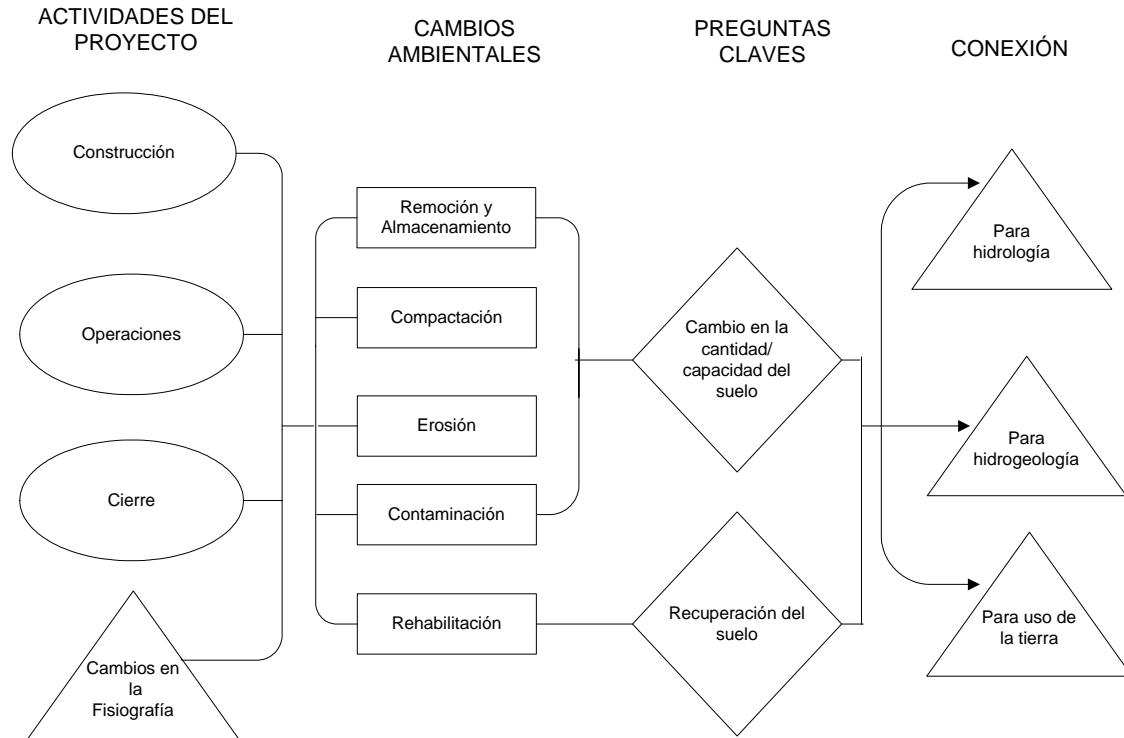
**REFERENCIA / REFERENCE**

Fecha del Mapa de Capacidad de Uso Mayor de tierras: 2003  
 Soil Major Use Capability Map: 2003  
 Datum: SAD 56 Projection: UTM Zone 17

1:75 000

		FECHA / DATE: 09 2003 DISEÑO / DESIGN: JNR SIG / GIS: JCMT
PROYECTO No. / PROJECT No.: 029-4225 ESCALA / SCALE: 1:75 000	REVISADO / REVIEW: JTH APROBADO / CHECK: JCH	
<b>TÍTULO / TITLE: MAPA DE CAPACIDAD DE USO MAYOR DE TIERRAS EN EL ÁREA DE ESTUDIO LOCAL / MAJOR LAND USE CAPABILITY MAP OF THE LOCAL STUDY AREA</b>		
EIA ALTO CHICAMA		FIGURA / FIGURE: <b>C8-3</b>

**Figura C8-4 Diagrama de Enlace para los Suelos**



### C8.3.2 Pregunta Clave S-1

**Pregunta Clave S-1:** ¿Qué efecto tendrá el Proyecto Alto Chicama en la cantidad y capacidad de los suelos?

#### C8.3.2.1 Evaluación del Enlace

Como se muestra en el diagrama de enlace (Figura C8-4), los suelos se verán afectados durante las etapas de construcción, operaciones y cierre del Proyecto. Esta sección analiza únicamente los enlaces durante las etapas de construcción y operaciones, mientras que en la Pregunta Clave S-2 se discutirá la evaluación de los impactos del cierre del Proyecto.

En el diagrama de enlace (Figura C8-4) se resumen las actividades que podrían afectar a los suelos durante las etapas de construcción y operación. El potencial del Proyecto de afectar a los suelos fue evaluado en función a enlaces potenciales con las siguientes actividades:

- remoción y almacenamiento del suelo vegetal;
- compactación;
- erosión; y
- contaminación.

## **Remoción y Almacenamiento del Suelo Superficial**

En el área de aquellas instalaciones en las cuales sea necesario remover el suelo vegetal antes de la construcción mediante el desbroce (por ejemplo, botaderos de desmonte, pila de mineral sulfuroso e instalaciones de la pila de lixiviación), se producirán cambios en los suelos. Este suelo será almacenado en pilas hasta que sea necesario para la rehabilitación. Este enlace ha sido considerado para la evaluación.

## **Compactación**

Los suelos también pueden ser compactados en aquellos lugares que no se efectue desbroce (por ejemplo, construcción de carreteras temporales, patios de depósito de los contratistas). Este enlace fue considerado como válido y, por lo tanto, fue evaluado.

## **Erosión**

La erosión es un problema en todo lugar donde las superficies del suelo sean expuestas durante las etapas de construcción y operaciones. Ésta constituye un problema especialmente en las áreas que están expuestas a altas precipitaciones, como es el caso de Alto Chicama. Este aspecto fue evaluado.

## **Contaminación**

La contaminación de los suelos debido a derrames constituye un problema para cualquier operación industrial de gran envergadura. Este aspecto fue evaluado.

### *C8.3.2.2 Métodos de Evaluación*

Con el fin de evaluar los efectos del Proyecto en los suelos, se utilizó la información sobre la capacidad de uso mayor de la tierra y la distribución de las instalaciones del Proyecto. El área de suelos a ser modificada fue determinada mediante la superposición de las instalaciones del Proyecto sobre el mapa de capacidad de uso mayor de la tierra. Se consideró también como área afectada un 5% adicional del área ocupada por las instalaciones. Se añadió esta área para asegurar el carácter conservador de la evaluación, así como para cubrir pequeños cambios que pudieran ocurrir durante la construcción.

Para los fines de la presente evaluación, a las unidades de suelos se les asignó un factor de capacidad de uso de acuerdo a su capacidad para sustentar especies vegetales. Se desarrolló una escala del uno al ocho, asignando el número uno a los suelos de menor capacidad y el número ocho a los suelos de mayor capacidad.

<b>Factor de Capacidad de Uso</b>	<b>Subclase de Suelo</b>
1	X
2	F3sew
3	F3se
4	F2se
5	P3sew
6	P3sw
7	P3se
8	P3s

Las cuatro subclases de suelos aptas para pastos (P3s, P3se, P3sw y P3sew) presentan la misma categoría agrícola de baja capacidad (sub-clase 3), pero tienen diferentes limitaciones, las cuales han sido consideradas en la evaluación de la clasificación. Así, la mejor sub-clase de suelos es P3s, debido a que su única limitación es la baja fertilidad. Por lo tanto, se le asignó ocho (8) como factor de capacidad de uso. A la sub-clase P3se se le asignó el factor siete (7), seguida de la sub-clase P3sw con el calificativo de seis (6), debido a que la limitación de drenaje (w) en esta última es más compleja y difícil de corregir que la limitación de erosión (e) en P3se. A la sub-clase P3sew se le asignó un factor de cinco (5) debido a que presenta tres limitaciones: baja fertilidad, erosión y drenaje.

Los factores cuatro (4), tres (3) y dos (2) corresponden a tierras aptas para especies forestales, con limitaciones por fertilidad del suelo (2), erosión (e) y drenaje (w) que las diferencia en cuanto a su capacidad.

La subclase Xse consiste en las tierras de protección con limitaciones debido a fertilidad del suelo (s) y erosión (e). Los suelos Xse son tierras pedregosas no aptas para sustentar vegetación debido a sus severas limitaciones y a la imposibilidad de obtener beneficios económicos de su uso. En las tierras de protección están permitidas las actividades mineras. Estas tierras presentan la capacidad más baja en el AEL, y por ello se les asignó el factor uno (1). A las áreas ocupadas por las lagunas se les considera como sub-clase X y también se les asignó el factor uno (1).

Para fines de la evaluación, los factores de capacidad de uso de los suelos fueron multiplicados por el área que ocupan, con el fin de obtener un índice de capacidad total para el AEL. Este índice de línea base luego fue comparado con el valor del índice de los suelos que se prevé serán afectados por las instalaciones del Proyecto.

### *C8.3.2.3 Criterios de Clasificación*

La evaluación de los impactos en los suelos utilizó los criterios de clasificación descritos en la Sección C1.3, los cuales se analizan a continuación.



La dirección del impacto puede ser positiva o negativa. El impacto es negativo cuando existe una pérdida real de los suelos o se produce una reducción en la calidad o capacidad del suelo. El impacto es positivo cuando aumenta la calidad o capacidad del suelo. Cuando no se produce ningún impacto en los suelos, se considera que la dirección es neutral.

La magnitud del impacto puede ser insignificante, baja, moderada o alta, dependiendo del área y de la capacidad del suelo afectado. La magnitud en esta sección se refiere al porcentaje del área uniforme de una unidad de suelo que será afectada.

Se considera que el impacto presenta una magnitud insignificante, cuando no existe ningún efecto capaz de ser medido (<1%) con respecto al índice de capacidad de uso de una unidad de suelo; baja, si el índice de la capacidad de uso afectada es <10%; moderada, si el cambio que se produce varía entre el 10% y el 20%; y alta, si el cambio es superior al 20%.

La extensión geográfica se clasifica como local, si el efecto se encuentra restringido al AEL, o regional, si el efecto se extiende más allá del AEL en las áreas de los valles Chuyuhual y Perejil.

La duración del impacto puede ser de corto plazo, si dura menos de 2 años; mediano plazo, si dura entre dos 2 y 15 años; y largo plazo, si dura más de 15 años.

El impacto puede ser reversible o irreversible, dependiendo si el efecto puede o no ser revertido mediante la rehabilitación.

La frecuencia no se aplica en la evaluación de impactos de los suelos, teniendo en cuenta que el impacto en los suelos se produce solamente una vez.

#### *C8.3.2.4 Mitigación*

La rehabilitación será la principal medida de mitigación que se aplicará a los impactos del Proyecto en los suelos (véase la Pregunta Clave S-2).

Las medidas que se establecieron para limitar los efectos en los suelos durante las etapas de construcción y operación del Proyecto incluyen prácticas de manejo responsable, las cuales se describen en la Sección B5 y en Golder (2003). Se tomarán medidas para limitar los efectos de:

- la recuperación y almacenamiento del suelo superficial;
- la erosión;
- la compactación; y
- la contaminación.

### **Mitigación para la Recuperación y Almacenamiento del Suelo Superficial**

- se tendrá especial cuidado en recuperar el suelo superficial proveniente de las áreas de las instalaciones y de las áreas de apilamiento de material, para su posterior uso durante la rehabilitación;
- las pilas del material serán revegetadas e incluirán barreras alrededor de su base con el fin de evitar la pérdida de los suelos que se encuentran en las pilas;
- las áreas del Proyecto serán rehabilitadas utilizando los suelos almacenados tan pronto como sea posible (es decir, una vez que las áreas no sean necesarias para las operaciones activas);
- de ser factible, se realizará la colocación directa de los suelos que acaban de ser recuperados, en lugar de almacenarlos por un período prolongado, con el fin de garantizar una máxima viabilidad de las semillas nativas y propágulas de raíces; y
- no se permitirá la quema de la vegetación en las áreas del Proyecto, debido que esto puede reducir la calidad del suelo.

La realización de operaciones adecuadas para la recuperación y almacenamiento de los suelos para su uso posterior en la rehabilitación, ayudará a garantizar que se mantenga la calidad del suelo durante el desbroce excesivo y el reemplazo. La mitigación para proporcionar una buena calidad de los suelos durante la recuperación del material para la rehabilitación, incluye lo siguiente:

- utilizar operadores con experiencia en el manejo de equipos durante las operaciones de recuperación del material para la rehabilitación;
- sostener reuniones en el área con el fin de informar a todo el personal sobre los objetivos del Proyecto antes de iniciar cualquier operación para recuperar el material para la rehabilitación;
- supervisar las operaciones para recuperar los suelos con personal que tenga experiencia en medio ambiente, a fin de garantizar el control de calidad; e
- identificar y documentar las profundidades del desbroce, para poder ayudar en la recuperación de los suelos.

La mitigación que se puede implementar para evitar la compactación y para mejorar la condición de las áreas compactadas incluye lo siguiente:

- realizar las operaciones de recuperación y reemplazo de suelos en la época de estiaje, con el fin de posibilitar la construcción en áreas húmedas, reduciendo así el potencial de compactación;
- minimizar el número de pasadas una vez que un área haya sido rehabilitada; y
- escariar profundamente el subsuelo compactado antes de realizar el reemplazo con material de rehabilitación.

## **Mitigación para la Erosión**

El riesgo de erosión hídrica y eólica es generalmente bajo cuando existe una cobertura vegetal intacta sobre el suelo en su forma natural. La exposición de suelo sin vegetación al viento, lluvia o escorrentía aumentará el riesgo de erosión hídrica y eólica.

Con el fin de evitar la erosión del suelo y la sedimentación potencial, se deberá minimizar la exposición del suelo y controlar la escorrentía superficial, especialmente durante la época de lluvias y en las áreas próximas a los cursos de agua.

Las medidas generales de mitigación que se indican a continuación, se pueden aplicar para evitar la erosión hídrica y eólica:

- sembrar de inmediato las áreas expuestas y pilas de suelo vegetal con especies autosostenidas para el control de la erosión;
- utilizar medidas temporales para el control de la erosión, tales como coberturas vegetales, colocación de cubiertas (mats), de redes o recubrimiento con paja entrelazada con el fin de controlar la erosión, antes de colocar una cobertura vegetal protectora;
- construir canales transversales o bermas temporales con el fin de desviar la escorrentía superficial, alejándola del suelo expuesto;
- construir carreteras y características en el paisaje de modo tal que no obstaculicen las vías naturales de drenaje, para que la escorrentía hacia las cunetas de las carreteras ingrese en los sistemas naturales de drenaje o a las áreas de contención especialmente perfiladas o niveladas para este fin; y
- asegurar que haya disponibilidad suficiente de suelo para la rehabilitación y que sea almacenado lejos de las áreas expuestas a la erosión potencial.

Las siguientes medidas de mitigación se pueden aplicar en las carreteras y en los corredores de las tuberías, para evitar la acumulación de sedimentos en los cursos de agua:

- prohibir que se operen equipos de construcción cerca de las riberas de los cursos de agua donde exista el riesgo de desprendimientos, riesgo de falla de los vehículos en los cruces o riesgo que el área de trabajo se inunde;
- excavar zanjas transversales para desviar la escorrentía, alejándola de los cursos de agua;
- construir bermas utilizando subsuelo, bolsas de arena, rocas, fardos de paja o de heno en los taludes y/o riberas cercanas, con el fin de desviar la escorrentía, alejándola del área de operaciones y dirigiéndola hacia terrenos con abundante vegetación; y
- colocar estratégicamente bolsas de arena con el fin de ayudar a estabilizar y para aumentar la altura a las riberas, para evitar inundaciones en las áreas que han sido recientemente desbrozadas.

## Mitigación para la Contaminación

Las medidas de mitigación general para evitar la contaminación de los suelos pueden incluir lo siguiente:

- que el equipo y los tanques de almacenamiento en las áreas de la planta, incluyan sistemas de contención en su diseño;
- identificar cualquier fuente potencial de fugas y tener operativos los sistemas de contención; y
- limpiar de inmediato todos los derrames y fugas.

### C8.3.2.5 Resultados

En la Tabla C8-7 se detallan las áreas totales y las capacidades de los diferentes tipos de suelos.

**Tabla C8-7 Cálculo del Índice de Capacidad de Uso de los Suelos en el Área de Estudio Local**

Sub-clase del Tipo de Suelo	Área de la Subclase (ha)	Factor de la Capacidad de Uso	Índice de Capacidad de Uso <sup>(a)</sup>
X(a)	83	1	83
Xse	3 940	1	3 940
F3sew	43	2	86
F3se	17	3	51
F2se	159	4	636
P3sew	19	5	95
P3sw	402	6	2 412
P3se	6 128	7	42 896
P3s	292	8	2 336
<b>Total</b>	<b>11 082<sup>(b)</sup></b>	<b>--</b>	<b>52 535</b>

<sup>(a)</sup> Índice de capacidad de uso = área de la subclase x factor de la capacidad de uso.

<sup>(b)</sup> Los valores totales difieren de los de la Tabla C8-2 debido a la inclusión de las lagunas así como debido al redondeo numérico.

Las instalaciones del Proyecto y su área de amortiguación ocupan un total de 756 ha (Figura C8-5). Las subclases de suelos dentro del área de las instalaciones del Proyecto incluyen P3se, P3sw, P3s, Xse y las lagunas. Con el fin de garantizar un análisis conservador, a esta área se le agregó un área de amortiguación del 5% (38 ha), distribuida proporcionalmente entre las subclases de suelos P3e, P3s, P3sw y Xse.

El Proyecto afectará a un total de 4 151 unidades del índice de capacidad, lo cual equivale al 7,9% del total disponible en el AEL (Tabla C8-8). El Proyecto afecta principalmente a las tierras de la subclase P3se, es decir, las tierras aptas para pastos de baja calidad agrícola, cuyo uso está limitado por el tipo de suelo y la erosión.

**Tabla C8-8 Índice de Capacidad de Uso Afectada por el Proyecto en el Área de Estudio Local**

Sub-clase de Suelo	Línea Base	Proyecto
	Índice de Capacidad de Uso Disponible en el AEL	Índice de Capacidad de Uso Perdido Debido al Proyecto
X(a)	83	11
Xse	3 940	208
F3sew	86	0
F3se	51	0
F2se	636	0
P3sew	95	0
P3sw	2 412	642
P3se	42 896	3 178
P3s	2 336	112
<b>Total</b>	<b>52 535</b>	<b>4 151</b>

*C8.3.2.6 Análisis de los Impactos Residuales*

**Impactos Residuales para la Pregunta Clave S-1: ¿Qué efecto tendrá el Proyecto Alto Chicama en la cantidad y capacidad de los suelos?**

<b>Dirección:</b>	negativa
<b>Magnitud:</b>	baja
<b>Extensión Geográfica:</b>	local
<b>Duración:</b>	mediano plazo
<b>Reversibilidad:</b>	reversible
<b>Consecuencia Ambiental:</b>	baja

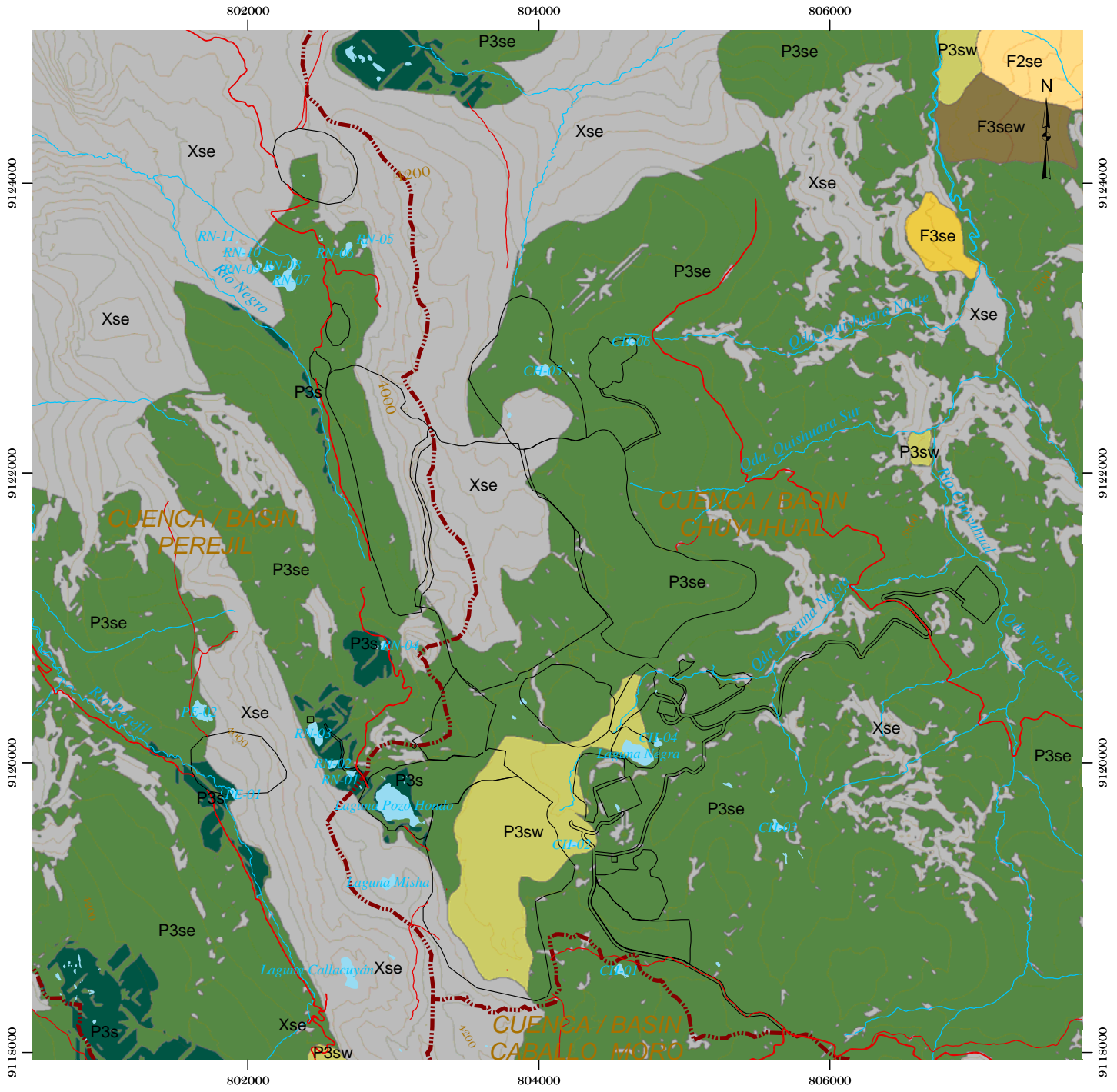
La dirección de los impactos residuales de la remoción de los suelos es negativa, debido a que el recurso suelo será removido y se alterará sus propiedades físicas o químicas.

Los resultados de la evaluación muestran que 7,9% del índice de capacidad de uso en el AEL se verá afectado; por lo tanto, la magnitud del impacto se considera baja.

La extensión geográfica del impacto en los suelos se limita al AEL, por lo tanto el impacto tiene una extensión local.

Los impactos en los suelos durarán desde el inicio de las actividades de construcción, hasta el fin de las actividades de rehabilitación progresiva o hasta el cierre del Proyecto. Las etapas de construcción y operación planificadas para el Proyecto durarán menos de 15 años; por lo que se considera que el impacto será de mediano plazo.

G:\PROJECT\2002\029-4225\_ALTO\_CHICAMA\GIS\MXD\_FINAL\VOLUMEN\_C08\_SOILS\FIG\_C8-5\_MAPA\_DE\_IMPACTOS SOBRE LOS SUELOS(CLAVE\_S-1).mxd



**LEYENDA / LEGEND**

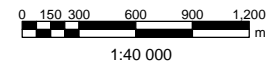
- INSTALACIONES / FACILITIES
- LAGUNAS / LAKES
- LÍMITE DE CUENCAS / WATERSHED BOUNDARIES
- CURVAS DE NIVEL (200 m) / CONTOURS (200 m)
- CURVAS DE NIVEL (50 m) / CONTOURS (50 m)
- RÍOS / STREAMS
- VÍAS / ROADS

**MAPA DE CAPACIDAD DE USO MAYOR / MAJOR LAND USE CAPABILITY MAP**

- P3s
- P3se
- P3sw
- Xse
- P3sew
- F2se
- F3se
- F3sew

**REFERENCIA / REFERENCE**

Fecha Mapa de Capacidad de Uso Mayor de Tierras: 2003  
 Soils Major Use Capability Map Data: 2003  
 Datum: SAD 56 Projection: UTM Zone 17



				FECHA / DATE	09 2003
PROYECTO No. / PROJECT No.		029-4225		DISEÑO / DESIGN	JNR
ESCALA / SCALE		1:40 000		SIG / GIS	JCMT
TÍTULO / TITLE		CAPACIDAD DE USO DE LA TIERRA AFECTADA POR LAS INSTALACIONES DEL PROYECTO / LAND USE CAPABILITY AFFECTED BY THE PROJECT LAYOUT			
EIA ALTO CHICAMA				REV. / REV.	VF
				APROBADO / CHECKED	JCH
				FIGURA / FIGURE	C8-5

En conclusión, la consecuencia ambiental es baja debido a que se pronostica que el impacto en los suelos será de magnitud baja, de una extensión geográfica local y tendrá una duración de mediano plazo.

#### *C8.3.2.7 Monitoreo*

Debido a que muchas operaciones mineras causan la exposición de grandes áreas de suelo, será necesario realizar un monitoreo de las condiciones del suelo e identificar las áreas con alto riesgo durante las operaciones, para iniciar los planes de contingencia.

El personal del Proyecto monitoreará la estabilidad de las pilas de suelo vegetal con el fin de garantizar la menor cantidad de erosión en el área (Sección B5). En caso se observe una erosión excesiva, o si la revegetación no esté dando los resultados esperados, se deberán tomar medidas adecuadas de mitigación con el fin de remediar la situación.

### **C8.3.3 Pregunta Clave S-2**

**Pregunta Clave S-2: ¿Qué efecto tendrá el Proyecto Alto Chicama en los suelos después del cierre?**

#### *C8.3.3.1 Evaluación de Enlaces*

Durante el cierre, la mayoría de las instalaciones serán rehabilitadas mediante la revegetación utilizando una cobertura de 30 cm de suelo superficial. Las instalaciones que serán rehabilitadas incluyen los botaderos de desmonte, la pila de mineral sulfuroso y las instalaciones de la pila de lixiviación, así como aquellas porciones del tajo abierto en donde el material de relleno esté expuesto. Otras áreas que serán rehabilitadas incluyen a las carreteras temporales, las edificaciones y el campamento.

Los aspectos relacionados después del cierre incluyen lo siguiente:

- ¿habrá suficiente suelo de reemplazo después del cierre?;
- ¿qué áreas no recibirán una cobertura de suelo?; y
- ¿qué capacidad tendrán los suelos después del cierre, con respecto a la línea base?

### **Cantidades de Suelo Disponibles para la Rehabilitación**

Con el fin de cumplir con lo planificado para la rehabilitación, se deberá recuperar una cantidad suficiente de suelo vegetal de las instalaciones del Proyecto, o obtenerse de las fuentes de préstamo. Este enlace se considera válido y será evaluado.

## **Áreas que Recibirán Suelo superficial**

Algunas partes del tajo abierto no recibirán suelo superficial después del cierre. Por lo tanto, este enlace se considera válido para la evaluación y se responderá en esta pregunta clave.

## **Capacidad de los Suelos después del cierre**

En algunas áreas la capacidad de los suelos después del cierre será diferente a la de la línea base. Algunas áreas experimentarán una disminución de su capacidad en tanto que otras áreas podrán experimentar un aumento. Por lo tanto, se consideró este enlace en la evaluación.

### *C8.3.3.2 Métodos de Evaluación*

Los métodos fueron similares a los utilizados para la Pregunta Clave S-1 (Sección C8.3.2.2). Se realizó una comparación entre la capacidad de uso de la tierra en la línea base y después del cierre.

Se asumió que al cierre las tierras rehabilitadas tendrán la misma capacidad que tenían antes de su alteración; en tanto, las tierras no rehabilitadas (porciones del tajo abierto) tendrán una capacidad Xse.

### *C8.3.3.3 Criterios de Clasificación*

Los criterios de clasificación para evaluar los impactos son similares a los descritos para la Pregunta Clave S-1 (Sección C8.3.2.3).

### *C8.3.3.4 Mitigación*

Las medidas de mitigación a ser implementadas en el Proyecto con relación a la Pregunta Clave S-2, se describen en Golder (2003I) y se resumen a continuación:

- El suelo superficial removido durante las etapas de construcción y operación se almacenará de acuerdo a prácticas responsables de manejo de suelos, a fin de que se conserven sus cualidades de capacidad de uso. Estos suelos se utilizarán en la rehabilitación.
- El suelo superficial acumulado en las pilas provendrá de las áreas de material de préstamo, de las áreas de los botaderos de desmonte, de las áreas de la pila de mineral sulfurado y de las áreas de la pila de lixiviación, así como de otras áreas que requieran la remoción del suelo superficial antes de la construcción.
- Se recuperará suficiente suelo superficial o se obtendrá de fuentes de préstamo con el fin de colocar 30 cm de suelo superficial en las superficies a ser rehabilitadas.
- Las actividades de rehabilitación incluirán la nivelación final del terreno para facilitar el drenaje y el control de la escorrentía superficial, la construcción de trampas para controlar la escorrentía cargada de sedimentos hacia las áreas de drenaje, y la revegetación.



- Se facilitará el proceso de revegetación configurando los taludes finales después del cierre, de modo tal que la pendiente no exceda los 2,5H:1V. Se excavarán zanjas perpendiculares al talud con el fin de controlar la erosión, hasta que se haya establecido una cobertura vegetal.

### C8.3.3.5 Resultados

#### Balance de Suelos

El balance de suelos para la rehabilitación (Tabla C8-9) indica que habrá suficiente suelo superficial disponible para rehabilitar el área de las principales instalaciones del Proyecto. La disponibilidad de suelo superficial y los requerimientos para las áreas de las instalaciones más pequeñas son secundarios con respecto a las instalaciones principales; por lo que habrá suficiente suelo superficial disponible para todas estas instalaciones. El balance de suelos se encuentra descrito con mayor detalle en el Apéndice III de Golder (2003I).

**Tabla C8-9 Balance de Suelos para la Rehabilitación de las Principales Instalaciones del Proyecto**

Instalación	Suelo superficial Necesaria (m <sup>3</sup> )	Suelo superficial Disponible (m <sup>3</sup> )
pila de lixiviación	357 700	938 000
botadero de desmonte este	302 200	316 000
botadero de desmonte oeste	228 500	107 000
pila de mineral sulfuroso	90 900	68 000
material de relleno en el tajo	139 100	0
área de préstamo alternativa	-(a)	133 000
área de préstamo de agregados	-	18 000
<b>Total</b>	<b>1 118 400</b>	<b>1 580 000</b>

<sup>(a)</sup> Se considera que los volúmenes son secundarios en comparación a las instalaciones principales.

#### Cambios en la Capacidad de los Suelos

La parte del tajo abierto que no estará cubierta por la laguna o por material de relleno después del cierre, no será rehabilitada con suelo superficial debido a que generalmente estará compuesta de roca y paredes empinadas que la harían difícil, si no imposible, de rehabilitar. Esta área se ha considerado como una subclase Xse después del cierre con factor de capacidad de uso de 1. El área que será rellenada se rehabilitará con una capa de suelo superficial 30 cm, pero debido a que se espera una napa freática alta para esta área, se estimó de manera conservadora que la capacidad de la tierra tendrá también un factor 1 para la capacidad de uso. De manera similar, al área ocupada por la laguna en el tajo se le asignó un factor de 1. Se asumió que las demás áreas ubicadas en las instalaciones del proyecto serían rehabilitadas a la misma capacidad que tenían antes de la alteración, debido a las medidas de mitigación descritas en la Sección C8.3.3.4.

El efecto neto después del cierre, será una reducción en la capacidad del suelo para aquellas porciones del tajo abierto que no serán rehabilitadas o que serán rehabilitadas con material de relleno o que formarán parte de la laguna. Actualmente, el área del tajo abierto tiene 95 ha de capacidad Xse (95 x 1 = 95 unidades del índice de capacidad de uso) y 55 ha de capacidad P3se (55 x 7 = 385 unidades), haciendo un total de 480 unidades. Se pronóstica que al cierre la capacidad del área del tajo abierto será de 150 x 1 ó 150 unidades. Esta pérdida de 330 unidades representa el 0,6% del AEL.

#### *C8.3.3.6 Análisis de los Impactos Residuales*

Esta sección analiza los impactos residuales creados luego del cierre del Proyecto. Este análisis se realizó tomando en cuenta la aplicación de las prácticas de rehabilitación.

#### **Impactos Residuales para la Pregunta Clave S-2: ¿Qué efecto tendrá el Proyecto Alto Chicama en los suelos después del cierre?**

<b>Dirección:</b>	negativa
<b>Magnitud:</b>	insignificante
<b>Extensión Geográfica:</b>	local
<b>Duración:</b>	largo plazo
<b>Reversibilidad:</b>	irreversible
<b>Consecuencia Ambiental:</b>	insignificante

La dirección de los impactos residuales es negativa, debido a que habrá una disminución en la capacidad de uso del suelo.

Se pronóstica que el índice de capacidad de uso total disminuirá en 0,6%; por lo tanto el impacto es de magnitud insignificante.

La extensión geográfica del impacto en los suelos se limita al AEL, por lo tanto el impacto es de extensión local.

El impacto en los suelos continúa luego del cierre del Proyecto, por lo que su duración es de largo plazo. Luego de haber concluido las actividades de rehabilitación, los impactos residuales son irreversibles. Esto se debe a que no es probable que estas áreas cambien significativamente luego de este periodo y a que algunas áreas permanecerán sin ser rehabilitadas (es decir, algunas partes del área del tajo abierto).

En conclusión, considerando que los impactos en los suelos después del cierre tienen una magnitud insignificante, una extensión geográfica local y una duración de largo plazo, la consecuencia ambiental se considera insignificante.

### C8.3.3.7 *Monitoreo*

Se diseñará un programa de monitoreo de rehabilitación con el fin de evaluar el éxito de las actividades de rehabilitación. En el Plan de Manejo Ambiental Plan (Golder 2003i) se proporcionan los detalles sobre el programa de monitoreo de los suelos.

## C8.4 CONCLUSIONES

La evaluación de los impactos del Proyecto en los suelos se basó en el análisis de dos preguntas claves.

La evaluación consideró las condiciones de línea base en lo que respecta a cantidad y calidad de los suelos en el AEL. Los suelos en la mayor parte del AEL son pobres en nutrientes y muy ácidos. Por lo tanto, la capacidad de uso de la tierra es también muy baja, en donde la mayoría de las tierras solamente se catalogan como aptas para pastos con bajo potencial. Se evaluaron los impactos teniendo en cuenta las medidas de mitigación a ser implementadas como parte del Proyecto (es decir, almacenamiento de suelos, prácticas y planes de rehabilitación).

El análisis de los impactos para la Pregunta Clave S-1, consideró que la pérdida máxima de suelos durante las operaciones representaría un 8% de la capacidad de uso de la tierra en el AEL. Sin embargo, esta evaluación del impacto es conservadora debido a que la rehabilitación progresiva, que se llevará a cabo como parte del planeamiento de la mina, no fue considerada en la evaluación. Se pronosticó que los impactos tendrían una consecuencia ambiental baja.

El análisis de los impactos para la Pregunta Clave S-2 considera la capacidad de uso de la tierra en el AEL del Proyecto luego del cierre de la mina. Este impacto se clasifica de acuerdo a la eficacia de las prácticas de rehabilitación y a la extensión geográfica de los tipos de tierra afectada en comparación con la disponibilidad del recurso afectado. El resultado de esta evaluación es un impacto de consecuencia ambiental insignificante.

La Tabla C8-10 muestra un resumen de los resultados de la evaluación.

**Tabla C8-10 Resultados de la Evaluación de Impactos**

Dirección	Magnitud	Extensión Geográfica	Duración	Reversibilidad	Frecuencia	Consecuencia Ambiental
Pregunta Clave S-1: ¿Qué efecto tendrá el Proyecto Alto Chicama en la cantidad y capacidad de los suelos?						
negativa	baja	local	mediano plazo	sí	no aplica	baja
Pregunta Clave S-2: ¿Qué efecto tendrá el Proyecto Alto Chicama en los suelos después del cierre?						
negativa	insignificante	local	largo plazo	no	no aplica	insignificante